



## *Schlussbericht*

Verbundprojekt Klimaanpassung: Erhöhung der Klimaresilienz in Zentralasien – Nachhaltige ländliche Entwicklung durch die Einführung innovativer Agrarversicherungsprodukte (KlimALEZ)

**Förderkennzeichen:** 01LZ1705

**Laufzeit:** 01.12.2017-30.11.2022

**Autoren:** Lena Kuhn, Ihtiyor Bobojonov, Sarvarbek Eltazarov, Begaiym Emileva, Günther Fil-  
ler, Theda Goedecke, Shovkat Khodjaev, Laura Moritz, Thomas Glauben



## Impressum

Schlussbericht: Verbundprojekt Klimaanpassung: Erhöhung der Klimaresilienz in Zentralasien – Nachhaltige ländliche Entwicklung durch die Einführung innovativer Agrarversicherungsprodukte (KlimALEZ)

**Herausgegeben von:** Projekt KlimALEZ

Dieser Bericht wurde im Rahmen der Berichterstattung zum BMBF-geförderten Forschungsprojekt KlimALEZ angefertigt.

Diese Veröffentlichung ist kostenfrei im Internet zugänglich unter <https://lmy.de/YFpLJMNL>

**Projektverantwortlicher:** Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Thomas Glauben  
[Glauben@iamo.de](mailto:Glauben@iamo.de)

**Projektkoordinatoren** Dr. Ihtiyor Bobojonov  
[Bobojonov@iamo.de](mailto:Bobojonov@iamo.de)

Dr. Lena Kuhn  
[kuhn@iamo.de](mailto:kuhn@iamo.de)

© 2023

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO)  
Theodor-Lieser-Str. 2  
06120 Halle (Saale)  
Tel.: +49 (345) 2029-0  
e-mail: [iamo@iamo.de](mailto:iamo@iamo.de)  
<http://www.iamo.de>

Abbildung Cover: Dr. Ihtiyor Bobojonov beim Start einer Drohne für die Sammlung von Fernerkundungsdaten © Lena Kuhn, 2020

## Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	5
1. Kurzdarstellung.....	6
1.1. Aufgabenstellung.....	6
1.2. Ablauf des Vorhabens .....	6
1.3. Wesentliche Ergebnisse.....	7
2. Eingehende Darstellung .....	8
2.1. Entwicklung eines indexbasierten Agrarversicherungsprogramms .....	9
2.1.1. Analyse der Erfolgsfaktoren von Indexversicherungspiloten.....	9
2.1.2. Begleitforschung zur Entwicklung von Indexversicherungen.....	13
2.1.3. Verbesserung der Datengrundlage .....	15
2.1.4. Praktische Entwicklung und Preissetzung .....	18
2.2. Einführung der entwickelten Produkte in einem Pilotprojekt .....	22
2.3. Einfluss von Indexversicherung auf sozioökonomische und unternehmerische Indikatoren	23
2.4. Skalierung .....	25
2.5. Dissemination.....	25
3. Zahlenmäßiger Nachweis und Verwendung der finanziellen Mittel.....	29
4. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	30
5. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	31
5.1. Mobile Apps und Transferkonzepte zur Erhöhung der Transparenz .....	31
5.2. Innovative Methoden zur Senkung des Basisrisikos .....	32
5.3. Künstliche Intelligenz und Desktop-Anwendungen zur Verbesserung der Datengrundlage	34
6. Fortschritt bei anderen Stellen während der Projektbearbeitungszeit .....	35
Literaturangaben.....	37
Anhang: Ausgewählte Projektaktivitäten im zeitlichen Ablauf .....	39

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Überblick Projektkonsortium .....	8
Abbildung 2: Veränderungen Durchschnittstemperaturen (a) und jährlichem Niederschlag (b) Mongolei, 1906-2015 (5-Jahresdurchschnitt) .....	9
Abbildung 3: Datenbank Indexversicherungsprogramme .....	11
Abbildung 4: Individuelle Versicherungsaufnahme abhängig von jener der Vergleichsgruppe .....	13
Abbildung 5: Geografische Verteilung von Wetterstationen in Getreideanbauregionen Zentralasiens und der Mongolei.....	16
Abbildung 6: Benutzeroberfläche SATWEX.....	17
Abbildung 7: Benutzeroberfläche VEWEX.....	17
Abbildung 8: Durchschnittliche Klassifizierungs-, Quantifizierungs- und Übereinstimmungsgenauigkeit des monatlichen Niederschlags.....	19
Abbildung 9: Vergleich der Auflösung verschiedener Datenquellen .....	21
Abbildung 10: Marketing-Video der Versicherungspartner in der Mongolei .....	23
Abbildung 11: Abdeckung des Piloten 2020, in % der Weizenfläche auf Provinzebene.....	23
Abbildung 12: Durchschnittliche Investitionsentscheidung bedingt auf Versicherungsstatus.....	24
Abbildung 13: Seminare und Austausch mit politischen Stakeholdern .....	26
Abbildung 14: Abruf von Vegetationsdaten in der App FarmPulse .....	27
Abbildung 15: Desktop-Application KlimALEZ Toolbox.....	28
Abbildung 16: Youtube-Kanal des Projektes .....	29
Abbildung 17: Digital Informationsplattform KlimALEZ Homepage.....	29
Abbildung 18: Interaktive Beratungsseminare.....	32
Abbildung 19: Genauigkeit Ernteschätzung mittels ANN auf Landkreis-Ebene .....	33
Abbildung 20: Downscaling von Niederschlags-, Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsdaten .....	34

## **Abkürzungsverzeichnis**

CHIRPS	Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station Data
CSM	Crop Surface Model
DMKNL	Deutsch-Mongolisches Kooperationsprojekt Nachhaltige Landwirtschaft
EVI	Enhanced Vegetation Index
EVT	Extreme Value Theory
GCI	Green Chlorophyll Index
GCVI	Green Chlorophyll Vegetation Index
GEE	Google Earth Engine
GLDAS	Global Land Data Assimilation System
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation
HR	Hannover Rück
HUB	Humboldt-Universität zu Berlin
IAMO	Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien
LAI	Leaf Area Index
NDVI	Normalized Differentiated Vegetation Index
PSM	Propensity Score Matchings
SCCCI	Simplified Canopy Chlorophyll Content Index
UAV	Unmanned Aerial Vehicles
UNDP	United Nations Development Programme

## **1. Kurzdarstellung**

### **1.1. Aufgabenstellung**

Das übergeordnete Ziel des Projektes KlimALEZ war, die Widerstandsfähigkeit des zentralasiatischen Agrarsektors gegenüber Klimarisiken durch Innovationen in den Agrarversicherungsmärkten zu erhöhen. Der Klimawandel gefährdet Agrarproduktion und Lebensgrundlage der ländlichen Bevölkerung in der Region. Ein wichtiges Werkzeug zum Klimarisikomanagement sind Agrarversicherungen. Im Schadensfall erfolgende Auszahlungen sichern nicht nur die Lebensgrundlage der Produzenten, sondern geben auch Anreize für Investitionen in eine moderne und effiziente Produktion. Agrarversicherungen sind hierbei komplementär zu Klimaanpassungen und anderen Risikomanagementwerkzeugen zu sehen, da Auszahlungen nur einen Teil der erlittenen Verluste kompensieren. Während traditionelle Versicherungsprodukte Auszahlungen von der Einschätzung von Agronomen abhängig machen, ziehen indexbasierten Versicherungen zur Bewertung regionale Ernte-, Wetter- oder Vegetationsindizes heran. Zum Projektbeginn waren Agrarversicherungsmärkte in der Region noch wenig entwickelt. Kasachstan und Usbekistan hatte zum Zeitpunkt des Startes des Projektes nur konventionelle, wenig effektive Versicherungsmärkte. Die Mongolei verfügte über ein gut funktionierendes Programm zur Indexversicherung im Bereich der Viehzucht, nicht jedoch für den Ackerbau. In Kirgistan gab es keinerlei Agrarversicherungsmärkte. In Kooperation mit regionalen Versicherungsunternehmen und einem deutschen Rückversicherer sollte das Projekt daher ein indexbasiertes Agrarversicherungsprogramm für verschiedene zentralasiatische Länder entwickeln, in einem kleinen Pilotprojekt einführen, und dessen Einfluss auf sozioökonomische Entwicklung und strategische Unternehmensentscheidungen messen.

### **1.2. Ablauf des Vorhabens**

Für die Planung und Vorbereitung des Vorhabens wurden noch vor Projektstart mehrere Reisen in die Region unternommen. Als erste offizielle Aktivität des Projektes fand im Dezember ein Kick-off Meeting an der Humboldt-Universität mit den deutschen Projektpartnern statt. Nach der Einstellung von Projektpersonal fand im April 2018 der erste vollständige Projektworkshop mit allen beteiligten Partnern statt, darunter auch mehreren zentralasiatischen Projektpartnern.

Inhaltlicher Ausgangspunkt des Projektes war die vergleichende Analyse von Herausforderungen und Erfolgen von indexbasierten Versicherungspiloten weltweit. Nach einer umfassenden Literaturrecherche erfolgt die Erstellung einer Datenbank zu existierenden Projekten. Um öffentliche verfügbare Daten zu ergänzen, wurden Interviews mit Experten und Projektleitern verschiedener Fallstudien geführt. Im Ergebnis konnten wir Informationen zu 110 Versicherungspiloten oder -programmen in 47 Ländern sammeln. Diese Informationen dienen der Feinabstimmung der Projektimplementierung und besseren Vorbereitung der flächendeckenden Anwendung von Aktivitäten.

Das zweite Arbeitspaket besteht aus der Untersuchung der Eignung verschiedener Indizes für verschiedene Regionen Zentralasiens. Ein besonderes Augenmerk galt hierbei der Auswahl geeigneter Indizes zur Reduzierung des Basisrisiko, die Wahrscheinlichkeit bezeichnet, dass ein Schaden entsteht, aber keine Entschädigung seitens der Versicherung erfolgt (Elabed et al., 2013). Eine weitere Herausforderung war die Preissetzung der Versicherungsprodukte unter Berücksichtigung des Dürrerisikos und der Wirtschaftlichkeit, da keine Subventionierung des Piloten zur Verfügung stand. Weitere Adoptionsfaktoren wurden durch ökonomische Entscheidungsexperimente erhoben und ausgewertet. Diese Arbeiten fanden ab dem Frühjahr 2018 statt; ein erstes Produkt war im Sommer 2018 fertig entwickelt. Anpassungen und Weiterentwicklungen erfolgten in den Folgejahren. Ab Sommer 2018 folgten konkrete Arbeiten zur Pilotierung des entwickelten Produktes. Im Sommer 2018 und Frühjahr 2019 fanden sogenannte Versicherungsspiele in Kirgistan und Usbekistan statt, um grundlegendes Interesse und

Innovationsdeterminanten zu prüfen. Im Jahr 2019 folgte eine erste kleine Pilotierung in Usbekistan, gefolgt von einer größeren Pilotierung in der Mongolei im Jahr 2020. In Kirgistan, Usbekistan und der Mongolei fanden darüber hinaus in den Jahren 2020/2021 größere Betriebsdatensammlungen zu Klimarisiken, Klimarisikomanagement, Nachfrage nach Agrarversicherung und Klimawandelwahrnehmung von Landwirten statt. Zum Ziel einer weiteren Verfeinerung der Vegetationsindizes fanden Mitte 2020 und 2021 mehrere Sammlungen von hochauflösenden Drohnenbildern statt.

Die Arbeiten des dritten Arbeitspaketes, die Erforschung des Einflusses der Versicherungen, begannen mit hypothetischen Experimenten im Jahr 2019 unter usbekischen Landwirten. Im Folgenden standen mit der größeren Pilotierung im Jahr 2020 in der Mongolei und den folgenden Betriebsdatensammlungen im Jahr 2021 erstmals Betriebsdaten zur Verfügung, anhand derer der faktische Einfluss der Versicherungen auf betriebliche Parameter überprüft werden konnten.

Parallel zu den inhaltlichen Arbeiten erfolgten umfangreiche Disseminationsaktivitäten. Dies umfasste bilaterale Gespräche mit Entscheidungsträgern wie dem Vizeagrarminister Usbekistan oder dem Vorstand der staatlichen Versicherung Agrosugurta, Kapazitätsbildungsmaßnahmen mit Mitarbeitern der Versicherungen und Ministerien in der Mongolei, Usbekistan und Kasachstan, größere Stakeholderworkshops, sowie die Vorstellung von Projektergebnissen auf wissenschaftlichen Konferenzen. Ein weiterer Schwerpunkt war die Erstellung von digitalem Disseminationsmaterial und Outputs, darunter Tutorial-Videos, eine Android-App und drei Desktop-Anwendungen für politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger, sowie Mitschnitte von Workshops und Seminaren.

### **1.3. Wesentliche Ergebnisse**

Insgesamt konnte das Projekt erfolgreich die Entwicklung moderner Versicherungsmärkte in der Region vorantreiben. Zum Berichtszeitpunkt gab es in Kasachstan ein erfolgreiches, staatlich unterstütztes System indexbasierter Agrarversicherungen, an dem der Projektpartner Hannover Rück beteiligt ist. In Usbekistan mündeten die Projektanstrengungen in einem Gesetz zur Einführung indexbasierter Agrarversicherungsmärkte. Zum Berichtszeitpunkt stand das IAMO in Kontakt mit verschiedenen Stakeholdern zwecks der Skalierung einer kreditgekoppelten Indexversicherung. In der Mongolei bewog der erfolgreiche Projektpilot im Jahr 2020 ebenfalls eine Überarbeitung des Gesetzes zur indexbasierten Agrarversicherung. Gegenwärtig steht das IAMO in Zusammenarbeit mit dem „Deutsch-Mongolischen Kooperationsprojekt Nachhaltige Landwirtschaft“ (DMKNL) in Kontakt mit den Entscheidungsträgern, um nach Abschluss der administrativen Prozesse den Piloten zu verstetigen.

Zu Projektbeginn beinhaltete der Großteil der Indexversicherungen weltweit Wetterindizes, d.h. Niederschlags- und/oder Temperaturindizes basierend auf Daten von Wetterstationen oder Satelliten, oder Vegetationsindizes basierend auf Satellitendaten. Die besondere Verbesserung unseres Pilotproduktes war die Einführung von sogenannten *Cropland Masks* zur Verringerung des Basisrisikos. Indexwerte werden hier nur für die Fläche berechnet, die tatsächlich mit Getreide bepflanzt wird. Bestehende Indizes bilden oft regionale Durchschnittswerte, welche auch bebaute Fläche oder anderes Kulturland beinhaltet und so die Genauigkeit des Indizes entscheidend trübt. Wissenschaftlich lieferte das Projekt Impulse zur Auswahl verschiedener Vegetationsindizes (Eltazarov et al., 2021), der künstlichen Erhöhung der Auflösung von zur Verfügung stehenden Satellitendaten (Eltazarov et al., 2023a) oder der Analyse der Wirkung verschiedener Indizes auf das Risikominimierungspotenzial (Eltazarov et al., 2023b). Im Bereich der Innovationsadoption war unsere Forschung die erste bekannte Studie, die sich zugleich mit ex-ante und ex-post Evaluierung befasste (Moritz et al., 2023c). Weiterhin leisteten wir mit der Weiterentwicklung von sogenannten *Framed Field Experiments* einen methodischen Beitrag zum Stand der Forschung (Moritz et al., 2023a).

## 2. Eingehende Darstellung

Das Projektkonsortium bestand aus drei deutschen Projektpartnern, dem Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB), und der Hannover Rück (HR), sowie einer größeren Anzahl lokaler Kooperationspartner (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Überblick Projektkonsortium

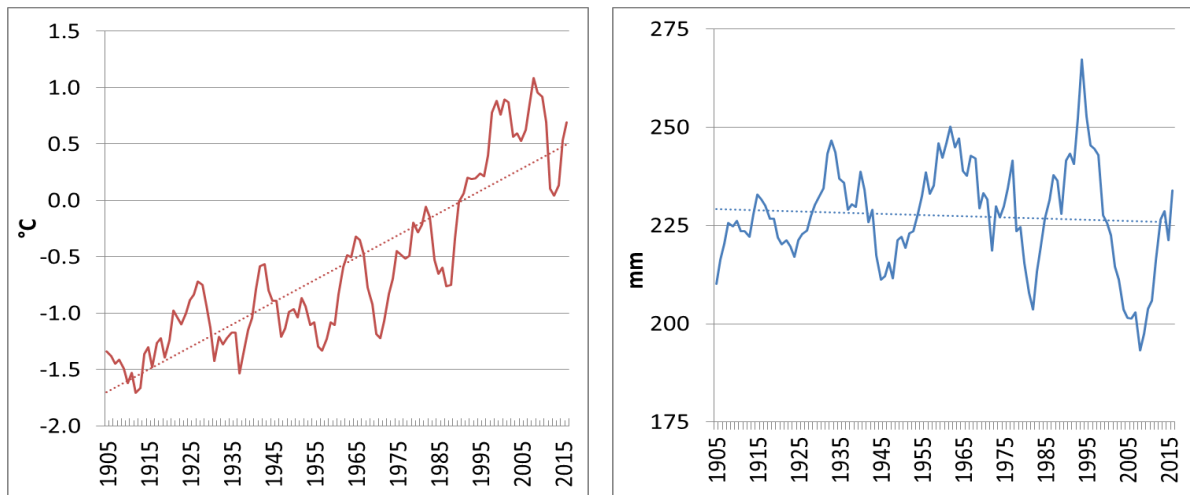
Das übergeordnete Ziel des Projektes KlimALEZ war, die Widerstandsfähigkeit des zentralasiatischen Agrarsektors gegenüber Klimarisiken durch Innovationen in den Agrarversicherungsmärkten zu erhöhen. Der Klimawandel gefährdet Agrarproduktion und Lebensgrundlage der ländlichen Bevölkerung in der Region. Ein wichtiges Werkzeug zum Klimarisikomanagement sind Agrarversicherungen. Im Schadensfall erfolgende Auszahlungen sichern nicht nur die Lebensgrundlage der Produzenten, sondern geben auch Anreize für Investitionen in eine moderne und effiziente Produktion. Agrarversicherungen sind hierbei komplementär zu Klimaanpassungen und anderen Risikomanagementwerkzeugen zu sehen, da Auszahlungen nur einen Teil der erlittenen Verluste kompensieren. Während traditionelle Versicherungsprodukte Auszahlungen von der Einschätzung von Agronomen abhängig machen, ziehen indexbasierte Versicherungen zur Bewertung regionale Ernte-, Wetter- oder Vegetationsindizes heran.

Als Zielländer des Projektes wurde die Region Zentralasien ausgewählt, deren Agrarproduzenten in den letzten zwei Dekaden zunehmend Wetterrisiken ausgesetzt sind. Beispielsweise in der Mongolei sind Produzenten mit stark ansteigenden Durchschnittstemperaturen ( $>2^{\circ}\text{C}$  seit 1905) sowie einem Sinken der durchschnittlichen jährlichen Regenfälle bei steigender jährlicher Variabilität konfrontiert (siehe Abbildung 2). Der Klimawandel stellt, auch aufgrund der hohen Abhängigkeit von landwirtschaftlichen Einkommen in vielen Landesteilen, daher eine hohe Gefahr nicht nur für die regionale Ernährungssicherheit sondern auch für ländliche Einkommen dar.

Zur Erreichung dieses übergeordneten Zieles hatte sich das Projekt drei Arbeitsziele gesteckt, a) die Entwicklung eines indexbasierten Agrarversicherungsprogrammes, b) die Einführung besagten Programmes im Rahmen eines kleinen Piloten in einem oder mehreren der Zielländer und c) die Messung des Einflusses von Indexversicherung auf sozioökonomische und betriebliche Parameter.

Nachfolgend werden die Aktivitäten der Partner im Detail aufgezeigt. Hierbei wird zunächst auf die drei Hauptziele des ursprünglichen Projektantrags eingegangen, gefolgt von den zwei Nebenzielen, der Skalierung der kleineren Pilotierungen sowie den Maßnahmen zur Dissemination der Projektergebnisse.





a) Temperatur (in °C)

b) Niederschlag (in mm)

**Abbildung 2: Veränderungen Durchschnittstemperaturen (a) und jährlichem Niederschlag (b) Mongolei, 1906-2015 (5-Jahresdurchschnitt)**

Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus Weltbank (2019)

## 2.1. Entwicklung eines indexbasierten Agrarversicherungsprogramms

An den Aktivitäten dieses Hauptziels waren alle drei deutschen Projektpartner beteiligt. Die Arbeiten bauten auf bestehenden Forschungsaktivitäten der Projektpartner auf, beispielsweise im Bereich klimatischer Risiken für die Landwirtschaft (Odening et al., 2008) sowie Ansätzen zur Lösung des Basisrisiko (Ritter et al., 2014), der Systemrisiken (Xu et al., 2010) und Herausforderungen bei der Implementierung von Indexversicherungen (Odening & Shen, 2014). Weitere bereits bestehende Arbeiten befassten sich mit der grundsätzlichen Machbarkeit der Nutzung von Fernerkundungsdaten (Bobojonov et al., 2014) sowie einer Untersuchung der vorherrschenden politischen Bedingungen in Versicherungsmärkten der GUS-Länder (Bobojonov & Goetz, 2015).

Die Rollenverteilung im Rahmen der Arbeitsplanung war wie folgt: Der Projektkoordinator IAMO entwickelte gemeinsam mit der HR praktische Indexlösungen für den Zielmarkt, während der Projektpartner HR die Preisgestaltung übernahm. Der Projektpartner HUB unterstützte, ebenso wie das Projektteam am IAMO, durch wissenschaftliche Begleitforschung. Parallel zur Implementierung des Pilotprojekts wurde an den methodischen Grundlagen gearbeitet, um die Ergebnisse und Erfahrungen auch zukünftig in Versicherungsprodukten und -projekten anzuwenden.

### 2.1.1. Analyse der Erfolgsfaktoren von Indexversicherungspiloten

Zu Beginn der Arbeiten stand eine detaillierte Analyse bestehender Versicherungspiloten. Im Folgenden stellten wir eine Datenbank aller bekannten Umsetzungsaktivitäten im Bereich indexbasierter Versicherungsprogramme zusammen. Diese Datenerhebung erfolgte mit einer umfassenden Literatur- und Internetrecherche. Konkret durchsuchten wir die Online-Datenbanken *Science Direct* und *EconLit* nach den Schlüsselwörtern „Index“, „Klima“ und „Versicherung“ (in der erweiterten Suche mit „AND“ verknüpft). Im zweiten Schritt wurde das Schlüsselwort „Klima“ durch „Wetter“ und „Indexversicherung“ ersetzt. Um die Ergebnisse einzugrenzen, wurden die Begriffe „Indexversicherung“, „Nach-

frage“ und „Verteilung“ hinzugefügt. Weitere Informationen zu aktuellen Indexversicherungsprojekten wurden auf der Homepage der *Global Index Insurance Facility* recherchiert. Darüber hinaus wurde die Literaturrecherche durch den bilateralen und multilateralen Austausch mit einer Vielzahl von Stakeholdern im Rahmen der Aktivitäten des Forschungsprojekts KlimALEZ ergänzt. Die systemische Literaturrecherche wurde durch eine weitere Literaturrecherche anhand der Bibliographie ausgewählter Fallstudien ergänzt.

Darüber hinaus ergänzen Interviews mit Experten, die am Pilotierungsprozess des jeweiligen Versicherungsprodukts beteiligt waren, die Analyse der Fallstudien. Insbesondere versuchten wir, die Verantwortlichen des pilotierten Versicherungsprodukts zu kontaktieren, die den umfassendsten Einblick in die Projektprozesse hatte. Es kamen zwei unterschiedliche Interviewmethoden zum Einsatz: das schriftliche Experteninterview mit einem selbst ausgefüllten Fragebogen und das mündliche Telefoninterview per Skype. Das Experteninterview wurde als Online-Umfrage an die Interviewpartner verschickt. Neben der Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen konnten die Interviewpartner weitere Angaben zu ihren Forschungsaktivitäten im Indexversicherungsbereich machen.

Im Ergebnis konnten wir Informationen zu 110 Versicherungspiloten oder -programmen in 47 Ländern sammeln. Diese Informationen dienten der Feinabstimmung der Projektimplementierung und besseren Vorbereitung der flächendeckenden Anwendung von Aktivitäten. Als eine wichtige Herausforderung im Rahmen bestehender Projekte erwies sich das geringe Know-how der zu versichernden Produzenten und das daraus folgende geringe Vertrauen, inklusive einer geringen Akzeptanz von Versicherungen. Weitere neuralgische Punkte waren geringe Erfolgsaussichten von Piloten, welche sich rein auf meteorologische Stationen stützten. Piloten mit starker Prämiensubventionierung oder hoher Prämienförderung durch Projektmittel waren oft wenig nachhaltig, da nach einem Wegfall der Subventionierung und Anstieg der Prämien die Nachfrage radikal abfiel. Eine hohe Erfolgsquote hatten Projekte mit Kopplung an Kreditlinien, subventionierte Inputpreise oder andere Vorteile, welche als zusätzlicher Anreiz diente. Fast alle Projekte berichteten von hohem Disseminations- und Schulungsbedarf sowohl unter der Zielgruppe der Landwirte als auch unter den beteiligten lokalen Stakeholdern.

Diese Informationen dienten der Feinabstimmung der Projektimplementierung und besseren Vorbereitung der flächendeckenden Anwendung von Aktivitäten (siehe Abbildung 3). Die Datenbank steht Interessierten im Downloadbereich der Projektseite zum Abruf bereit: <https://www.klimalez.org/sources/>

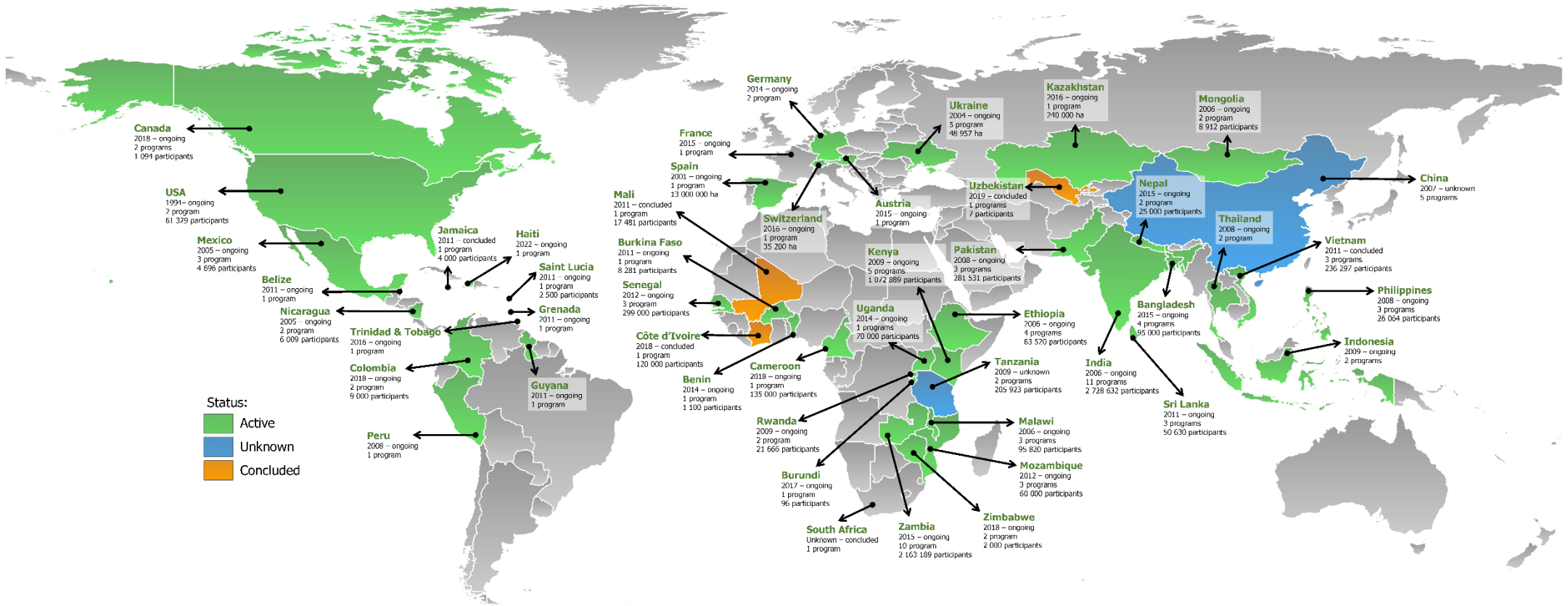
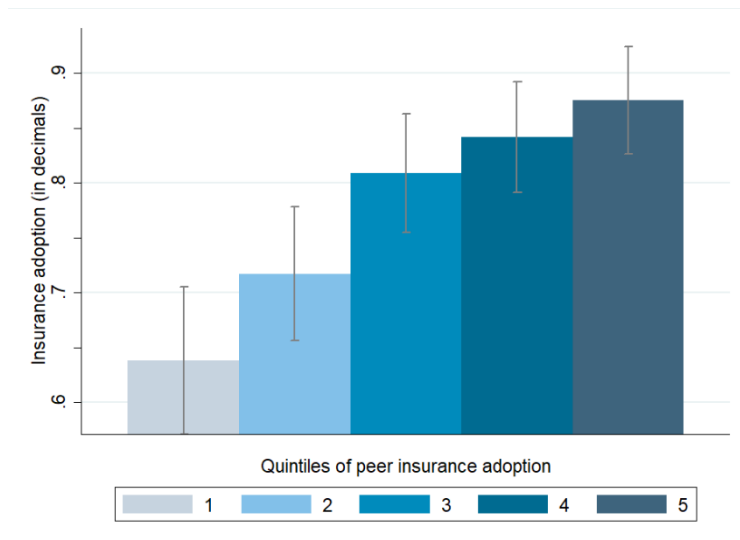


Abbildung 3: Datenbank Indexversicherungsprogramme

Quelle: Eigene Darstellung

Zur Überprüfung der bislang nur qualitativen Auswertung der Datenbank führten wir als nächsten Schritt quantitative Analysen von Adoptionsfaktoren im Rahmen von Versicherungsexperimenten (sogenannte *framed field experiments*) durch. Diese spezielle Art von Untersuchung ermöglicht die Untersuchung von Entscheidungsverhalten von Untersuchungsgruppen im Rahmen eines künstlichen Entscheidungsexperimentes unter möglichst realistischen Rahmenbedingungen. Aus dieser Idee heraus entstanden zwei Studien: eine mit 144 Landwirten in Kirgistan und eine andere mit 199 Landwirten in Usbekistan. Die kirgisische Studie erforschte, welchen Einfluss das Versicherungsverhalten der Peergruppe (andere Landwirte) auf die individuelle Nachfrage nach drei marktfähigen und nicht subventionierten Ernte-Index-Versicherungsoptionen hatte. Außerdem wurde der persönliche Einfluss von Vertrauen und Verständnis auf die Versicherungsnachfrage untersucht. Ökonometrische Berechnungen zeigen statistisch signifikante und ökonomisch relevante Nachahmungseffekte, d.h. das Individuum imitiert das Gruppenverhalten in der Adoption von innovativer Indexversicherung (siehe Abbildung 4). Diese Nachahmungseffekte sinken mit zunehmender individueller Versicherungserfahrung und mit dem Erhalt einer Versicherungsauszahlungen als Folge einer Dürre. Die Nachahmung der Vergleichsgruppe (sogenannte *peers*) verstärkt sich jedoch mit zunehmender Größe der Peergruppe, einem eigenen Versicherungsvertrauen und einem praktischen Versicherungsverständnis. Ceteris paribus erhöht eigenes Versicherungsvertrauen die Versicherungsnachfrage und Versicherungsverständnis gewinnt nur in der dynamischen Perspektive an Relevanz.

Diese Studie unterstreicht die Bedeutung von gemeinschaftsbasierten Beratungsleistungen, in denen Landwirte voneinander lernen können, und individuellem Vertrauen für die Akzeptanz von innovativen landwirtschaftlichen Technologien in der ersten Disseminationsphase (Moritz et al., 2023a). Eine ähnliche Untersuchung in Usbekistan unterstreicht die Validität unserer Ergebnisse aus der ersten Studie über die nationalen Grenzen der Stichprobe hinaus. Im direkten Vergleich von unterschiedlichen großen- und distanzspezifischen Definitionen der Vergleichsgruppe ergänzt diese Studie, dass ein Gefühl von sozialer Akzeptanz dominanter für individuelle Entscheidung scheint als die detaillierte Betrachtung des Verhaltens der Vergleichsgruppe. Eine kritische, aber oberflächlichere Peermasse ist erforderlich, um glaubwürdige Innovationsstrategien zu etablieren. Darüber hinaus können eine Kreditaufnahme, höheres Versicherungsvertrauen und praktisches Versicherungsverständnis die Adoption von Indexversicherungen erhöhen. Diese Ergebnisse implizieren, dass gemeinschaftsbasierte Beratungsmaßnahmen in größeren Gruppen und kreditgebundene Produkte die Verbreitung von Innovationen steigern und die ländliche Klimaresilienz verbessern können (Moritz et al., 2023c). Beide Studien haben eine klare Botschaft: Ökonomische und sozialen Faktoren sind wichtige Determinanten in der Indexversicherungsentscheidung. Es ist zu erwarten, dass ihr Zusammenspiel die vielerorts beobachteten Adoptionsbarrieren in der praktischen Implementierung überwinden kann. Konkret bedeutet dies für zukünftige Pilotprojekte, dass die Adoption innovativer Risikomanagement-Lösungen durch die Beobachtbarkeit von Innovationsentscheidungen, beispielsweise über soziale Medien, deutlich gestärkt werden kann.



**Abbildung 4: Individuelle Versicherungsaufnahme abhängig von jener der Vergleichsgruppe**

Quelle: Eigene Daten.

### 2.1.2. Begleitforschung zur Entwicklung von Indexversicherungen

Der Projektpartner HUB unterstütze das KlimALEZ Projekt durch wissenschaftliche Begleitforschung. Parallel zur Implementierung des Pilotprojekts wurde an den methodischen Grundlagen gearbeitet, um diese zukünftig in Versicherungsprodukten und -projekten anzuwenden. Vor allem zu den folgenden Themenkomplexen konnte der Projektpartner wissenschaftliche Ergebnisse beitragen:

#### Berücksichtigung extremer Wetterereignisse bei der Modellierung von Indexversicherungen

Wetterrisiken durch seltene, aber extreme Wetterereignisse nehmen durch den Klimawandel voraussichtlich zukünftig in ihrer Intensität und Häufigkeit zu und stellen somit u.a. für Landwirte, Versicherer sowie Rückversicherer eine wachsende Herausforderung dar. Sie treten zwar nur selten auf, führen aber oft zu hohen Schäden und dementsprechend hohen Versicherungsansprüchen. Bei der Modellierung von Wetterereignissen werden die Werte, die in einer Verteilung am häufigsten auftreten, möglichst genau geschätzt. Dies geschieht aber oft zum Nachteil der korrekten Abbildung von extremen Wetterereignissen, die sich an den Rändern von Verteilungen befinden. Diese Werte sind für das möglichst präzise Design von Indexversicherungen zentral, hier setzt die Extremwerttheorie an. Durch die Anwendung dieser Methodik können sowohl sehr hohe historische Werte als auch weitaus extremere Werte, welche historisch nie aufgetreten sind, modelliert werden. Da nicht nur die Häufigkeit, sondern auch die Intensität extremer Wetterereignisse durch den Klimawandel voraussichtlich steigt, ist es umso wichtiger, diese potenziellen zukünftigen Werte abzubilden. Die genannte Methodik wurde genutzt, um für zwei relevante Wetterindizes die Verteilungsränder zu modellieren. Zum einen wurde ein *Dry-Degree-Day* Index berechnet. Hier werden Trockenperioden als die Summe aller aufeinanderfolgenden Tage, an denen kein Regen gefallen ist, definiert. Zum anderen wurde ein Starkregenindex ausgewertet. Hierbei werden extreme tägliche Regenmengen abgebildet. Diese Indizes wurden gewählt, weil erwartet wird, dass beide Wetterereignisse (Trockenperioden und Starkregen) in Zukunft extremer und häufiger auftreten und zu erheblichen Ernteschäden führen. Auch das Basisrisiko stellt immer noch eine große Hürde für das präzise Indexdesign dar. Hier soll die Einbeziehung von räumlichen und zeitlichen Parametern in die Extremwertverteilungen das Basisrisiko verringern. Die Ergeb-

nisse bieten einen Mehrwert sowohl für die Wissenschaftsgemeinschaft als auch für die Versicherungswirtschaft, da die Fragestellung der Vorhersage extremer Wetterereignisse mittels Extremwettertheorie im Kontext von Indexversicherungen bisher eine Forschungslücke darstellt. Insofern hat dieses Projekt einen fundierten Beitrag zur Weiterentwicklung indexbasierter Versicherungen geleistet.

### **Verringerung des Basisrisikos durch die genauere Schätzung von Wetter und Ertragsdaten.**

Neben der besseren Verfügbarkeit von Wetter- sowie Ertragsdaten und der präziseren Berücksichtigung phänologischer Phasen ist die Verbesserung des Indexdesigns ein Weg, das Basisrisiko zu verringern. Um diese nicht-lineare Wetter-Ertrags-Beziehung zu modellieren, kann auf verschiedene Methoden zurückgegriffen werden. Seit längerem werden dafür klassische Regressionsmethoden verwendet. So werden beispielsweise in Vedenov and Barnett (2004) multiple Regressionen oder ‚Quantil Regressionen‘ wie in Conradt et al. (2015) genutzt. Diese klassisch statistischen Modelle weisen jedoch Schwächen in der Modellierung von nicht-linearen Zusammenhängen auf. Methoden des maschinellen Lernens mit ihrem datengetriebenen und nicht-linearen Ansatz sollen besser in der Lage sein, komplexere Beziehungen zu modellieren. Insbesondere neuronale Netze können aufgrund ihrer Vielzahl von trainierbaren Parametern komplexe Beziehungen wie die Wetter-Ertrags-Beziehung abbilden.

Im Rahmen dieses Projekts wurde dieser Ansatz aufgenommen. Zur Verfügung stand dazu ein umfangreicher Ertragsdatensatz, der Daten von 1.000 landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland über einen Zeitraum von 16 Jahren umfasst. Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, welche Art von Daten, welches Aggregationslevel der Wetterdaten und welche regionale Aufteilung für das Anwenden von maschinellem Lernen vorteilhaft ist. Dazu wurden drei Hypothesen aufgestellt: Erstens ermöglicht maschinelles Lernen aufgrund seiner Flexibilität eine bessere Anpassung an die Ertragsdaten als traditionelle Regressionsmodelle. Zweitens weisen disaggregierte Wetterdaten einen höheren Informationsgehalt auf als aggregierte Wettervariablen, sodass auf Basis derer bessere Ergebnisse erzielt werden können. Drittens können regionale Modelle zu besseren Ergebnissen führen. Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurde ein klassisches Regressionsmodell mit einem neuronalen Netz verglichen. Das in der Arbeit verwendete neuronale Netz ist in der Lage, sowohl mit täglichen Wetterdaten als auch mit monatlichen Durchschnitten die Wetter-Ertrags-Beziehung zu modellieren. Aufgrund der Architektur des Netzes kann das neuronale Netz ebenfalls nicht-lineare Beziehungen abbilden, welche sich aus den jeweiligen Datensätzen erschließen (Sharma et al., 2017).

Eine Herausforderung in dieser Arbeit war, neben der technischen Implementierung des neuronalen Netzes und des Trainierens mehrerer hundert unterschiedlicher Konfigurationen, die Messung des Basisrisikos. In Anlehnung an Teh and Woolnough (2019) und Benami et al. (2021) wird diese Abweichung in das *Downside*-Basisrisiko, d. h. eine Situation, in der ein Ertragsausfall realisiert wird ( $\Delta y_{it} < 0$ ), aber ein positiver Wert vorhergesagt wird ( $\widehat{\Delta y}_{it} > 0$ ), und das *Upside*-Basisrisiko, bei dem ein negativer Wert vorhergesagt wird ( $\widehat{\Delta y}_{it} < 0$ ), aber ein positiver Wert beobachtet wird ( $\Delta y_{it} > 0$ ), zerlegt. Das Basisrisiko nach unten erhöht das Verlustrisiko, während das Basisrisiko nach oben die Prämienkosten erhöht. Das Auftreten und der Umfang des Basisrisikos nach oben und unten werden ermittelt. Ergänzend zum *Root Mean Square Error* und zum *Normalized Root Mean Square Error* werden beide Kategorien des Basisrisikos (Aufwärts- und Abwärtsbasisrisiko) als zusätzliche Metriken für den Vergleich von Modellen verwendet und die Anteile falsch klassifizierter Beobachtungen als Realisierungen des entsprechenden Basisrisikos bewertet. Durch die Untersuchung verschiedener Möglichkeiten zur Nutzung und Aggregation der Wetterdaten wird auf das Produktions- oder Designrisiko fokussiert. Diese Evaluierungsmöglichkeiten erlauben es, sowohl in der Höhe das Basisrisiko zu beurteilen als auch

zu analysieren, ob das Modell die Ertragsabweichungen richtig klassifiziert. Beide Messzahlen sind in Kombination geeignet, um die Güte der Modelle zu beurteilen.

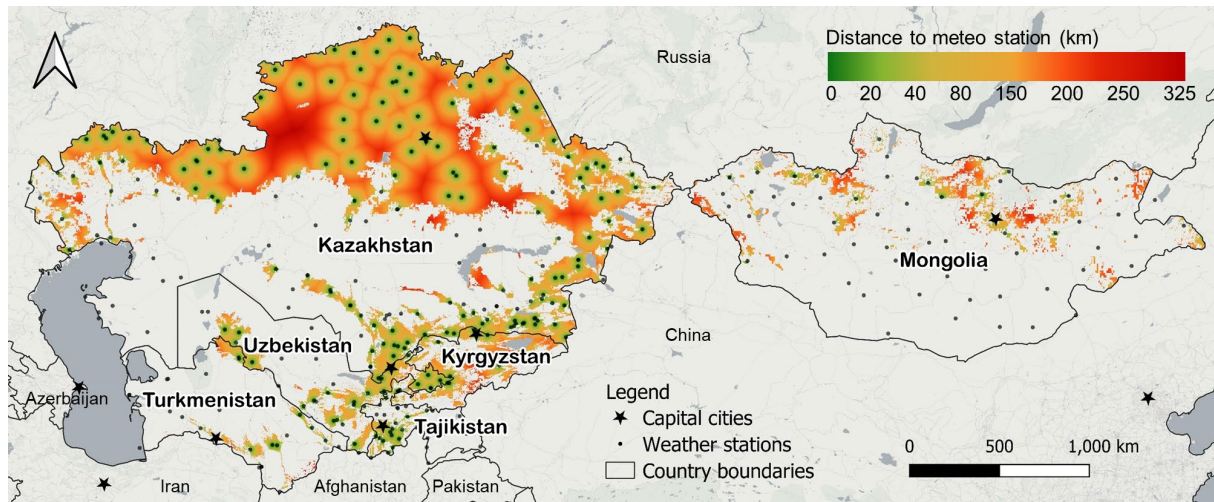
Ein weiterer wesentlicher Punkt bei der Implementierung und Anwendung von neuronalen Netzen ist das *Hyperparameter Tuning*. Hyperparameter können als Voreinstellungen bzw. Konfigurationen des Modells verstanden werden. Die Leistung eines neuronalen Netzes hängt maßgeblich von diesen Einstellungen ab. Diese können beispielsweise die Schrittgröße im Trainingsprozess (*learning rate*) oder aber die Anzahl der parallel durch das Netz verarbeiteten Beobachtungen (*batch size*) darstellen. Um ein regelmäßiges und reproduzierbares Vorgehen bei der Auswahl der Hyperparameter zu gewährleisten, wurde in dieser Studie die sogenannte *Grid Search* verwendet, bei der in einem vordefinierten Suchraum bestimmte Konfigurationen miteinander evaluiert werden. Basierend auf der besten *out-of-sample* Performance (d.h. Genauigkeit der Schätzung außerhalb der ursprünglichen Stichprobe) auf dem Validierungs-Datensatz wurde sich dann für eine Konfiguration entschieden. Die abschließende Performance und der Vergleich zwischen den Modellen wurde dann im Test-Datensatz vorgenommen. Diese Teilung der Datensätze ist auch als *cross-validation* bekannt. Sie dient dazu, die Überanpassung des gewählten Modells auf den Trainingsdatensatz (*overfitting*) zu vermeiden. Da neuronale Netze dazu tendieren, sich sehr stark an die Trainingsdaten anzupassen, erreicht man unter Umständen eine sehr hohe Schätzgenauigkeit innerhalb der Stichprobe mit der das Modell trainiert wurde, aber abseits dieses Datensatzes eine deutlich schlechtere Performance.

Die erste Hypothese konnte im Rahmen der Arbeit bestätigt werden. Das neuronale Netz auf der Basis täglicher Daten übertrifft in allen Regionen Deutschlands die Ergebnisse des Ausgangsmodells. Ein neuronales Netz mit monatlichen Daten führt dagegen zu einem höheren *root mean square error* (RMSE) und somit zu einer schlechteren Abbildungsgüte. Dies bestätigt ebenfalls die zweite Hypothese: Mit Hilfe disaggregierter Wetterdaten lässt sich eine bessere Performance der Modelle erreichen, sowohl gegenüber dem neuronalen Netz mit monatlichen Daten als auch dem klassischen Regressionsmodell. Die dritte Hypothese lässt sich nur zum Teil bestätigen. In einigen Regionen führt das Nutzen regionaler Modelle zu einer Verbesserung der Ergebnisse. In anderen Regionen hingegen kommt es zu einer deutlichen Verschlechterung der Ergebnisse. Bei einem genaueren Blick auf die spezifischen Regionen lässt sich erkennen, dass die Regionen, in denen es zu einer Verschlechterung der Ergebnisse kam, nur über eine geringe Anzahl von Daten verfügen. Es lässt sich somit schlussfolgern, dass der Datenverfügbarkeit beim Nutzen regionalisierter Modelle eine besondere Bedeutung zukommt. Dies ist insbesondere auch interessant vor dem Hintergrund der Fragestellung und Motivation dieses Projekts. Abschließend lässt sich festhalten, dass trotz einer Verbesserung der Ergebnisse im Vergleich zum klassischen Regressionsmodell immer noch beachtliche Fehlerraten bestehen. Daher ist es ratsam, in weiterer Forschung die Anwendung von Methoden maschinellen Lernens auf den Versicherungsfall weiter zu spezifizieren und in der Netzwerkarchitektur zu berücksichtigen. Ausführliche Ergebnisse finden sich in Schmidt et al. (2022).

### **2.1.3. Verbesserung der Datengrundlage**

Die Datengrundlage ist an vielen Orten der Pilotregion begrenzt, ein Defizit das, wie oben gezeigt, erhebliche Auswirkungen auf die Genauigkeit von Ernteschätzungen hat. Die Akquirierung historischer Wetterdaten sind daher eine oberste Priorität für wirksame Versicherungen. Zu Beginn des Projektes wurden zunächst verfügbare Daten von meteorologischen Stationen gesammelt und in eine gemeinsame Datenbank überführt. Eine erste Analyse der verfügbaren Daten ergab jedoch, dass bodenbasierte Wetterstationen in der Untersuchungsregion zu dünn verteilt waren, um Daten mit ausreichen-

der Präzision fürs Versicherungsdesign zu liefern (siehe Abbildung 5). Ein Großteil der Getreideanbauregionen waren zu weit (>20km) von Wetterstationen entfernt, als dass Ernteschätzungen basierend auf rein bodenbasierten Daten mit akzeptabler Genauigkeit möglich werden. Noch niedriger ist die akzeptable Entfernung für Regionen mit einer hohen räumlichen Variabilität von Wetterereignissen, beispielsweise in bergigen Gegenden.



**Abbildung 5: Geografische Verteilung von Wetterstationen in Getreideanbauregionen Zentralasiens und der Mongolei.**

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Daten aus Teluguntla et al. (2015) and NCEI (2019).

Satelliten liefern grundsätzlich Daten von hinreichender geografischer und zeitlicher Auflösung, stehen jedoch in der Regel nur als Rohdaten zur Verfügung. Aufbereitete Daten hingegen sind in der Regel kostenpflichtig oder werden nur mit gewisser zeitlicher Verzögerung bereitgestellt, was in der Praxis zu wenig nachhaltigen, teuren Produktlösungen führen würde. Auch wenn Datenkosten im Rahmen von Forschungs- oder Entwicklungsprojekten durch Projektmittel abgefangen werden, stellen hohe Produktkosten nach Ablauf von Projektförderungen auch im internationalen Vergleich (siehe Datenbank) ein häufiges Hindernis anschließender Kommerzialisierung und Skalierung dar. Als praktische Lösung für dieses Datenproblem entwickelte das IAMO Team zwei Desktop-Anwendungen, die auch externen Nutzern zur Verfügung stehen:

Die frei zugängliche Plattform SATWEX wurde für eine automatische punktuelle tägliche Datenerfassung unter Verwendung der JavaScript-API von *Google Earth Engine* (GEE) entwickelt. GEE ist eine Open-Source-Plattform für die Analyse von Satellitenbildern und Geodatensätzen auf planetarischer Ebene, die darauf abzielt, die Qualität und Zeiteffizienz räumlicher Analysen für Nutzer aus Forschung, Wirtschaft und Verwaltung zu erhöhen und die für die akademische und wissenschaftliche Nutzung kostenlos ist. Derzeit ermöglicht SATWEX die Extraktion von täglichen satellitengestützten Temperaturdaten aus dem *Global Land Data Assimilation System* (GLDAS) und von Niederschlagsdaten aus dem *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) und dem *Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS). Der Nutzer wählt einen Zeitraum und den gewünschten Ort aus, indem er entweder die Koordinaten manuell eingibt oder das gewünschte Gebiet auf der Karte anklickt. SATWEX erzeugt die täglichen GSMaP-Niederschlagsdaten aus den ursprünglichen stündlichen Daten,



die täglichen GLDAS-Höchsttemperaturen (Tmax) und -Tiefsttemperaturen (Tmin) aus den ursprünglichen dreistündlichen Daten und die CHIRPS-Daten ursprünglich im Tagesmaßstab. Für eine detaillierte Beschreibung der Funktionen von SATWEX verweisen wir auf Eltazarov et al. (2021).

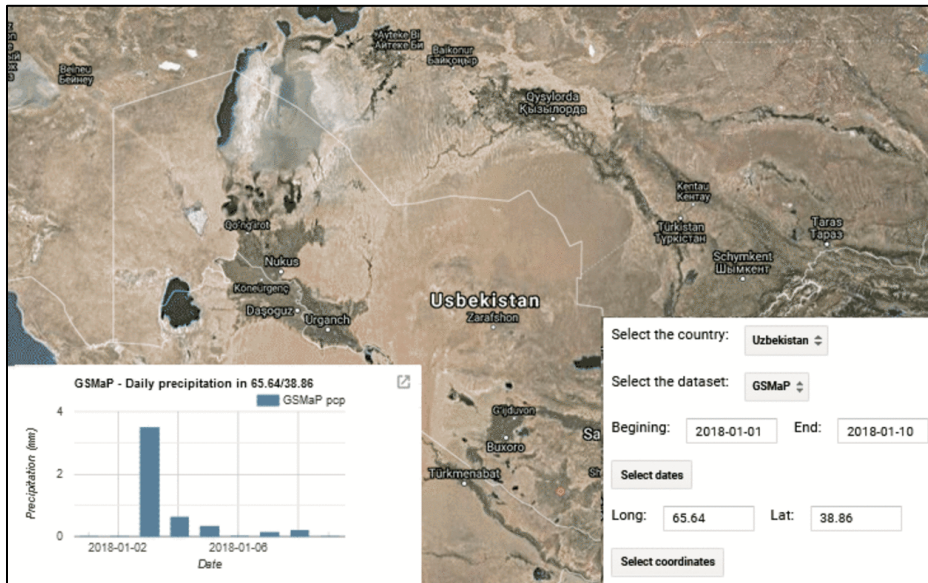


Abbildung 6: Benutzeroberfläche SATWEX

Die Plattform VEWEX erlaubt die Auswahl, die Verarbeitung und den Download von Satellitendaten auf Bezirksebene (d.h. in aggregiertem Format, wie sie wesentlich häufiger für Versicherungslösungen eingesetzt werden). Auch diese Plattform wurde für Forschende und Stakeholder aus Wirtschaft und Politik entwickelt, um Wetter- und Vegetationsdaten ohne Kenntnisse über die Erfassung und Verarbeitung von Fernerkundungsdaten zugänglich zu machen. Nutzende wählen das Gebiet von Interesse für die Satellitendatenextraktion. Zusätzlich zum Abruf von aggregierten Daten auf Ebene administrativer Regionen besteht hier auch die Möglichkeit, Satellitendaten nur für Ackerflächen zu extrahieren und andere Landnutzungs-/Bedeckungsarten im jeweiligen Bezirk auszuschließen. Diese Funktion ist eine technische Neuerung, welche präzisere Ernteschätzung und damit Indizes auch in Regionen mit gemischter Bodennutzung ermöglicht.

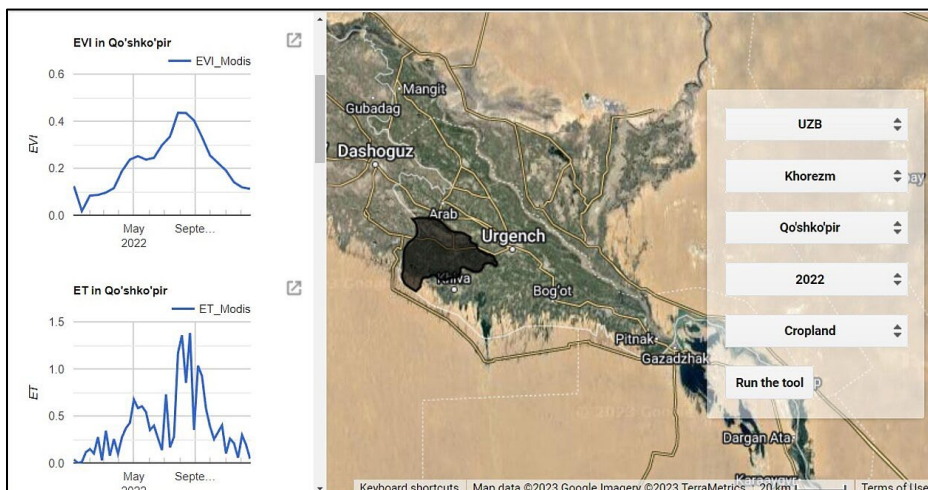


Abbildung 7: Benutzeroberfläche VEWEX

#### 2.1.4. Praktische Entwicklung und Preissetzung

Aufbauend auf der oben genannten Grundlagen- und Begleitforschung entwickelte der Projektkoordinator IAMO gemeinsam mit dem Projektpartner HR mehrere marktreife Indexlösungen für die Pilotierung in der Zielregion.

Von Februar bis März 2018 fand zunächst eine kleinere Vorstudie in den drei Projektländern statt, die von lokalen Projektpartnern durchgeführt wurde. Inhalte dieser Vorstudie waren unter anderem die Nachfrage nach und grundlegende Zahlungsbereitschaft für Versicherungsprodukte. Jedoch stellte sich schnell heraus, dass für eine realistische Einschätzung von Nachfrage und deren Determinanten realistische Produktbeispiele notwendig waren. Für die Durchführung der folgenden Versicherungsexperimente entwickelte HR ein Indexprodukt, setzte den Preis fest und stellte die benötigten Produktbeschreibungen bereit.

Auf Basis der gemachten Erfahrungen während des Experiments wurde seit Ende des Jahres 2018 in Zusammenarbeit mit dem IAMO und dem lokalen Erstversicherer *Jubilee Kyrgyzstan Insurance Company* ein neues Index-Produkt für die Pilotregionen in der Provinz Chui (Kirgistan) entwickelt, wofür die Preissetzung in Zusammenarbeit mit der HR erfolgte. Es handelte sich hierbei um ein Trockenheitsprodukt, das die Versicherungsnehmer gegen unzureichende Niederschlagsmengen in der gesamten Vegetationsperiode versichert. Die Vegetationsperiode wurde hierbei definiert für den Zeitraum vom 1. April 2019 bis zum 31. August 2019. Eine unzureichende Niederschlagsmenge wurde definiert als jegliche Niederschlagsmenge unter 70% des langfristigen Mittels in der Vegetationsperiode für die jeweilige Region. Entsprechend wird eine Auszahlung aus dem Versicherungsprodukt generiert sobald die 70% des langfristigen Mittels unterschritten werden.

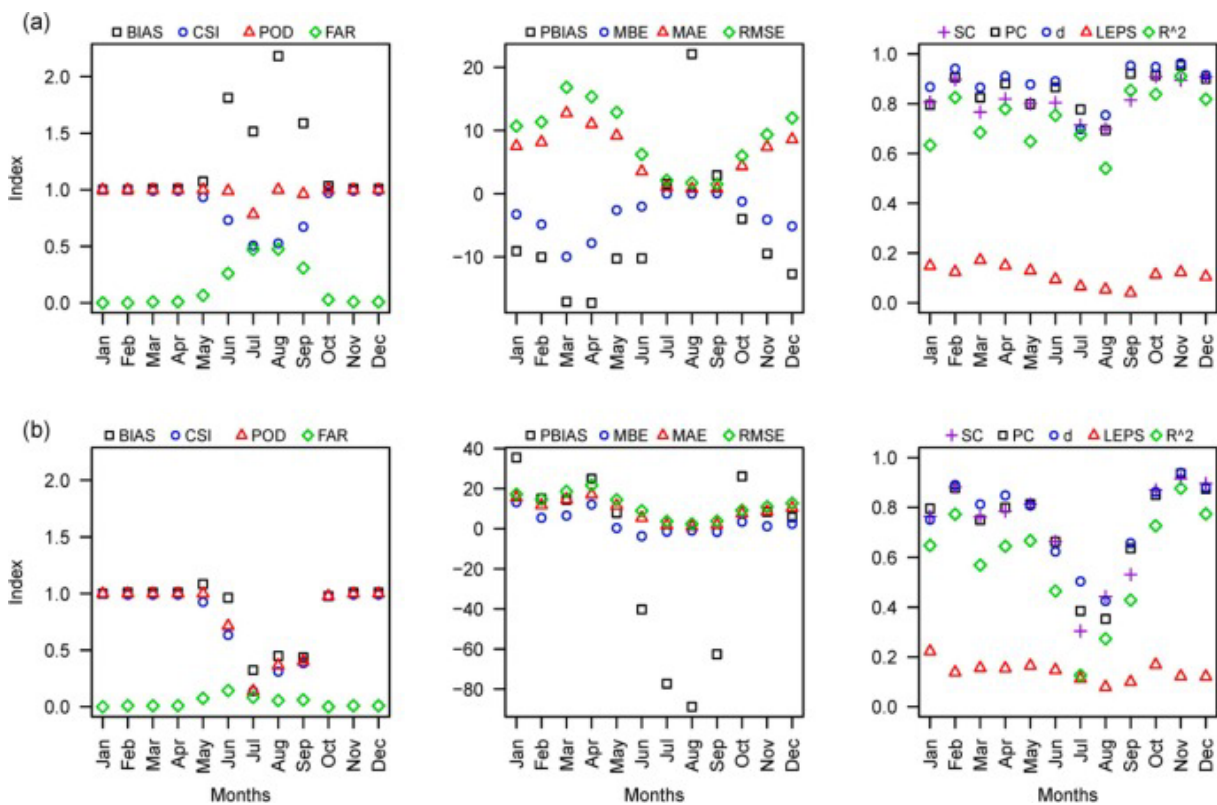
Im Projektjahr 2019 wurde, basierend auf den hier gemachten Erfahrungen, ein weiteres Produkt für den Markt Usbekistan entwickelt. Erneut handelte es sich hierbei um ein Trockenheitsprodukt, das die Versicherungsnehmer gegen unzureichende Niederschlagssummen in der Vegetationsperiode versichert. Nach der Austestung verschiedener zur Verfügung stehender Indizes verständigten sich HR und das IAMO Team gemeinschaftlich auf einen kumulierten Niederschlagsindex. Die Wahl auf diesen Index erfolgt auch, um das Produkt transparent und verständlich für die Endkunden zu gestalten, da aus unserer Datenbankrecherche Verständnisprobleme als wichtigstes Implementierungshemmnis bekannt waren. Der kumulierte Niederschlagsindex bezieht sich auf einen kritischen Zeitraum in der Vegetationsperiode, welcher definiert wurde vom 1. April 2019 bis zum 31. Mai 2019. Eine unzureichende Niederschlagsmenge war hier definiert als jegliche Niederschlagsmenge unter 70% des langfristigen Mittels im kritischen Zeitraum für die jeweilige Region. Die Vegetationsperioden dieser und aller anderer Indizes wurde definiert basierend auf Experteninterviews und der Analyse von langfristigen Betriebsdaten in der Region. Entsprechend des Produktdesigns wird eine Auszahlung aus dem Versicherungsprodukt generiert, sobald die 70% des langfristigen Mittels unterschritten werden.

Zur Verwendung bei der Generierung der Indizes nutzten wir, wie oben dargelegt, nur frei zugängliche Wetterdaten wie Niederschlagswerte basierend auf Fernerkundung (CHIRPS; GSMAP) oder Vegetationsindizes wie den *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sowie aggregierte Ertragsdaten, die durch das IAMO aus freizugänglichen Quellen aufgearbeitet und zur Entwicklung von Indizes zur Verfügung gestellt wurden. Des Weiteren wurden zu Beginn des Projektes noch (fürs Projekt kostenneutral) Systemzugänge der HR über eine unabhängige Plattform eines kostenpflichtigen Anbieters verwendet.

Im dritten Projektjahr entwickelte das Projektteam, basierend auf den zuvor gemachten Erfahrungen, ein Indexprodukt für die Mongolei. Während reine Trockenheitsprodukte den Vorteil von Transparenz

und leichter Verständlichkeit für die Anwender haben, stellten sie sich doch im Rahmen unserer Untersuchung als nicht geeignet zur Minimierung des Basisrisikos heraus (siehe auch Abschnitt 2.1.2). Insbesondere drei Arbeiten des Projektes KlimALEZ, welche bereits in wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, führten zu einer erheblichen Verbesserung des Produkts:

Die erste wichtigste Aufgabe war die Bewertung verschiedener Satellitenprodukte für die Ertragschätzung. Eltazarov et al. (2021) leisten einen Beitrag, indem sie systematisch die Genauigkeit einiger weltweit verfügbarer Satellitendaten (GSMPaP, CHIRPS, GLDAS) im Vergleich zu bodennahen Wetterinformationen für 14 verschiedene Indikatoren im Fall Usbekistans analysiert. Die Analyse zeigte, dass diese Quellen die notwendigen Daten für einen zugänglichen und angemessenen Klimadienst liefern können. Allerdings besteht je nach Quelle der Satellitendaten ein erhebliches Risiko der Über- oder Unterschätzung, insbesondere bei den Niederschlagsdaten unter den Bedingungen Zentralasiens. Unter den getesteten Datensätzen zeigte GSMPaP eine relativ bessere Leistung als CHIRPS bei der Niederschlagschätzung zur Erkennung von Dürren und Überschwemmungen. Weiterhin stellte die Studie fest, dass zur Verringerung von Schätzfehlern und damit der Eignung von Satellitenwetterprodukten für Indexversicherungen, zeitliche Aggregationen (z. B. monatlich, saisonal) in Betracht gezogen werden müssen. Global verfügbare Klimadaten könnten für die Einführung von Indexversicherungsprodukten in Zentralasien dienen; allerdings ist eine sorgfältige Auswahl von Quelle und Index erforderlich (Eltazarov et al., 2021).



**Abbildung 8: Durchschnittliche Klassifizierungs-, Quantifizierungs- und Übereinstimmungsgenauigkeit des monatlichen Niederschlags**

Vergleich von (a) GSMPaP und b) CHIRPS mit Wetterstationen

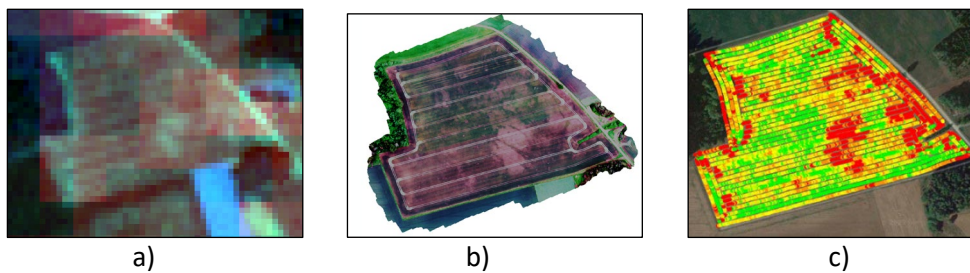
Quelle: Eltazarov et al. (2021)

Eine weitere Innovation war die Einführung von *Cropland Masks* zur Verringerung des Basisrisikos (siehe auch oben). In dieser Studie werden mögliche Genauigkeitsgewinne durch eine Landnutzungs-klassifizierung analysiert, die es ermöglichen, Indizes speziell für Ackerland und Weizenland zu entwickeln. Die Gültigkeit dieses Ansatzes wird anhand konventioneller satellitengestützter Produkte getestet, darunter der NDVI und die Landoberflächentemperatur (LST), sowie Indizes, die in der Ernteversicherungsbranche noch nicht weit verbreitet sind, wie der *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Green Chlorophyll Index* (GCI) und *Leaf Area Index* (LAI). Die Studie umfasst 2060 Ertragsbeobachtungen aus 152 Bezirken in Zentralasien und der Mongolei mit bewässerten, gemischten und regengespeisten Weizenanbausystemen. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten dieser Indizes geeignet sind, Weizenertragsschwankungen in Regen- und Mischkulturen zu erkennen, auch wenn sie in bewässerten Kulturen nicht eindeutig sind. Die Klassifizierung der Landnutzung und die Entwicklung von Indizes auf der Grundlage von Acker- und Weizenflächen verbessert die Beziehung zwischen den Indizes und den Weizenerträgen in Regen- und Mischkulturen deutlich. Vor allem der LAI und der GCI übertreffen andere bekannte Indizes. Insgesamt könnten frei verfügbare Satellitendaten eine gute Quelle für die Einführung von Indexversicherungsprodukten in Zentralasien und der Mongolei sein. Dennoch ist eine sorgfältige Bewertung und Auswahl des Indexes und der Landnutzungs-klassifizierung unerlässlich (Eltazarov et al., 2023b).

Ein dritter praktischer Beitrag war die Entwicklung von Möglichkeiten der nachträglichen Erhöhung der Auflösung von zur Verfügung stehenden Satellitendaten. Offen zugängliche Klimaprojekte sind eine gute potenzielle Datenquelle für die Gestaltung und den Betrieb von Indexversicherungen in Regionen mit begrenzten Datenmengen. Für Indexversicherungen sind jedoch Klimadaten mit langen historischen Aufzeichnungen, globaler geografischer Abdeckung und gleichzeitig feiner räumlicher Auflösung erforderlich, was insbesondere bei frei zugänglichen Daten fast unmöglich zu erfüllen ist. In Eltazarov et al. (2023a) berechneten wir gerasterte Klimadaten (Niederschlag, Temperatur und Bodenfeuchte) in grober räumlicher Auflösung mit global verfügbaren langfristigen historischen Aufzeichnungen auf eine feinere räumliche Auflösung unter Zuhilfenahme satellitengestützter Daten und Algorithmen des maschinellen Lernens. Anschließend untersuchten wir die Wirkung von Indexversicherungsverträgen auf der Grundlage von heruntergerechneten Klimadaten zur Absicherung von Frühjahrswiezen-erträgen. Für diese Studie wurden Daten zu Sommerweizenerträgen auf Kreisebene zwischen 1982 und 2018 aus insgesamt 56 Kreisen in Kasachstan und der Mongolei verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass in der Mehrzahl der Fälle (70%) die Hedging-Effektivität von Indexversicherungen steigt, wenn Klimadaten mit einem maschinellen Lernansatz räumlich herunterskaliert werden. Diese Verbesserungen sind statistisch signifikant ( $p \leq 0,05$ ). Bei anderen Klimadaten wurden weitere Verbesserungen der Hedging-Effektivität beobachtet, wenn das Versicherungsdesign auf herunterskalierten Temperatur- und Niederschlagsdaten beruhte. Insgesamt unterstreicht diese Studie die Vorteile der Herunterskalierung von Klimadaten für die Gestaltung und den Betrieb von Versicherungen (Eltazarov et al., 2023a).

Viertens wurde zusätzlich die Genauigkeit von Vegetationsindizes mit teilflächenspezifischen Erntedaten und Drohnendaten verglichen: Die Verbesserung der Genauigkeit der Ernteertragsermittlung während der Vegetationsperiode spielt eine wichtige Rolle für die nationale Ernährungssicherheit, die Landbewirtschaftung und die Einrichtung von Frühwarnsystemen. Unbemannte Luftfahrzeuge (UAV) werden aufgrund ihrer hochauflösenden Daten (Abbildung 9) und ihrer Flexibilität häufig zur Ertrags-schätzung auf der Grundlage physikalischer oder spektraler Informationen über die Pflanzen in der Landwirtschaft sowie zur Überwachung des Gesundheitszustands der Pflanzen sowohl auf großen als auch auf kleinen Flächen eingesetzt. Ziel von Khodjaev et al. (2023b) war, die Effektivität von Weizen-

ertragsschätzungen zu bewerten, die auf der Integration von Vegetationsindizes (VI) und Pflanzenhöhenmerkmalen (CH) beruhen. Die VIs werden auf der Grundlage von Multispektralbildern berechnet, die aus den UAV-basierten Bildern für die ausgewählten Untersuchungsgebiete gewonnen wurden. Die Merkmale der Weizenpflanzenhöhe wurden aus dem UAV-basierten Pflanzenoberflächenmodell (CSM) für unser Gebiet extrahiert. Die Eignung von verschiedenen Indizes wie dem NDVI, dem NDRE, Clred-edge, dem *Simplified Canopy Chlorophyll Content Index* (SCCCI), dem *Green Chlorophyll Vegetation Index* (GCVI) und dem *Enhanced Vegetation Index* (EVI) auf der Grundlage von multispektralen UAV-Bildern wurden getestet. Die Genauigkeit der Schätzungen wird analysiert, indem die geschätzten Erträge mit den tatsächlichen Erträgen verglichen werden. Untersuchungsgegenstand waren Felder im südlichen Teil Deutschlands (aufgrund der Reisebeschränkungen im Jahr 2020 und Einfuhrbeschränkungen konnten die Messungen nicht in unserer eigentlichen Untersuchungsregion vorgenommen werden). Es wurde ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Kombination von CHs-Variablen und dem NDRE-Index festgestellt ( $R^2=0,72$ , adj  $R^2=0,71$ , RMSE=0,58 für CHs und für den NDRE-Index). Für die Analyse wurden lineare Regressions- und Quantilsregressionsmodelle verwendet. Laut unserer Analyse führte die Integration des NDRE-Indexwerts und des Weizenhöhenparameters zu einer Erhöhung der Genauigkeit der Vorhersage des Weizenenertrags um bis zu 10-15+ %, verglichen mit der gesonderten Verwendung der einzelnen Indizes (Khodjaev et al., 2023b).



**Abbildung 9: Vergleich der Auflösung verschiedener Datenquellen**

a) Satellitenbilder, b) Drohnenbilder, c) teilflächenspezifische Ernteerfassung (crop cut)

Quelle: Eigene Darstellung

Ein letzter wissenschaftlicher Beitrag zielte auf die perspektivische Untersuchung der Eignung von indexbasierten Agrarversicherungen für andere lokale Kulturen wie Baumwolle ab. Präzise satellitengestützte Ertragsschätzungen sind für wichtige Nahrungspflanzen wie Mais und Weizen bereits etabliert. Für viele Nutzpflanzen wie Baumwolle wurde die Genauigkeit der satellitengestützten Ertragsschätzung jedoch noch nicht wissenschaftlich getestet, was vor allem an der geringen Korrelation zwischen Biomasse und Ertrag liegt. In Khodjaev et al. (2023a) wurde die Eignung mehrerer Vegetationsindizes auf der Grundlage von Sentinel-2-Bildern zur Schätzung der Erträge auf Betriebsebene für eine dieser Nutzpflanzen, Baumwolle, untersucht. Wir schätzten verschiedene Vegetationsindizes in Verbindung mit der Phänologie der Baumwollernte für das ausgewählte Studiengebiet und verglichen sie mit Panneldaten auf Betriebsebene ( $n=232$ ) für die Jahre 2016-2018, die wir von einer Statistikbehörde in Usbekistan erhalten hatten. Insgesamt testen wir die Eignung des NDVI, des *Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2* (MSAVI2), des *Red-Edge Chlorophyll Index* (Clred-edge) und des *Normalized Difference Red-Edge Index* (NDRE). Von diesen Indizes zeigt der NDRE-Index die höchste Übereinstimmung mit den tatsächlichen Baumwollertragsdaten. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine präzise Er-

tragsschätzung auch für Kulturen mit geringer Biomasse-Ertrags-Korrelation möglich ist und unterstützen den NDRE-Index als leistungsfähige Metrik für die Bestimmung der Baumwollerträge von bewässerten Anbausystemen wie in Usbekistan (Khodjaev et al., 2023a).

## **2.2. Einführung der entwickelten Produkte in einem Pilotprojekt**

Im Jahr 2019 wurde erstmals ein vom Team KlimALEZ entwickeltes Produkt auf dem Markt in Usbekistan eingeführt. Aufgrund der Erkenntnis, dass viele Projekte durch eine verfrühte Skalierung Vertrauen bei versicherten Landwirten verspielen, war zunächst ein umfänglich sehr begrenzter Pilot geplant. HR spielte eine wichtige Rolle bei der Kooperation mit dem lokalen Erstversicherer. Auch kommerzielle Gespräche über Vertragsbedingungen zwischen den lokalen Erstversichern und der HR fanden im Vorfeld der Pilotierung statt. Wie oben beschrieben, handelte es sich beim ersten Produkt um einen Dürreversicherung basierend auf einem Niederschlagsindex. Erprobt wurde zunächst die faktische Nachfrage, die Transparenz und Verständlichkeit des Produktes für die versicherten Betriebe, aber auch die Rolle des IAMO als Settlement Agent. In dieser Funktion stellte IAMO anhand der dem Index zugrundeliegenden Satellitendaten den Schadensfall der versicherten Betriebe fest und bestimmte zugleich auch die Höhe der Schadenszahlungen. Diese Beziehung wurde mit Unterstützung der HR vertraglich festgehalten und das IAMO führte seine Rolle entsprechend aus. In dieser ersten Pilotierung sammelten wir mehrere Einsichten: Erstens äußerten vielen Landwirte den Wunsch, sich nicht nur gegen mangelnden Niederschlag, sondern auch gegen andere Auslöser von Ernteaufschlägen zu versichern, insbesondere hohe Temperaturen und austrocknende Winde. Diese Rückmeldungen wurden in das Design des zweiten Indexproduktes einbezogen. Weiterhin wurde beschlossen, zukünftige Produkte mit einer Kopplung an Kredite anzubieten, um Landwirten weitere Anreize für das ansonsten nicht subventionierte Produkte anbieten zu können. Diese Entscheidung wurde maßgeblich auch aus den Erfahrungen der in der Datenbank aufgeführten Projekte getroffen, aber auch auf Anregung unserer regionalen Kooperationspartner, an die vermehrt derartige Anfragen herangetragen worden waren.

Im Jahr 2021 zählten sich die langjährigen Disseminationsaktivitäten in der Mongolei aus. Nach verschiedenen bilateralen Gesprächen, Workshopbeiträgen und Schulungen lokaler Stakeholder entschied sich das Landwirtschaftsministerium der Mongolei dafür, ein geplantes Agrarkreditprogramm an die Bedingung von Agrarversicherungen zu knüpfen. Hierfür wurde der Produktvorschlag des Projektes KlimALEZ ausgewählt. Als lokaler Partner diente die Mongolian Re. In Zusammenarbeit mit diesem Rückversicherer wurden Videomaterialien in mongolischer Sprache entwickelt (siehe Abbildung 10), die detailliert über Nutzen und Funktion der Indexversicherung informieren. Diese Videomaterialien wurden in mehreren nationalen Fernsehkanälen präsentiert. Für die Pilotierung wurde der oben beschriebene Vegetationsindex eingesetzt. 387 Betriebe mit insgesamt 225,000 Hektar Land kauften die innovative Indexversicherung. Die regionale Abdeckung von Landwirten mit Versicherungsschutz aus dem Pilotprojekt ist in Abbildung 11 grafisch dargestellt. Neben der Entwicklung des Indexes und der Unterstützung der Mongolian Re in der technischen Planung der Pilotierung fungierte das IAMO auch als Abwicklungsstelle (*settlement agent*). In dieser Rolle setzte das IAMO anhand der Satellitendaten innerhalb der kritischen Bewertungsperiode die Auszahlungen fest, welche an versicherte Landwirte zu zahlen waren.



Abbildung 10: Marketing-Video der Versicherungspartner in der Mongolei

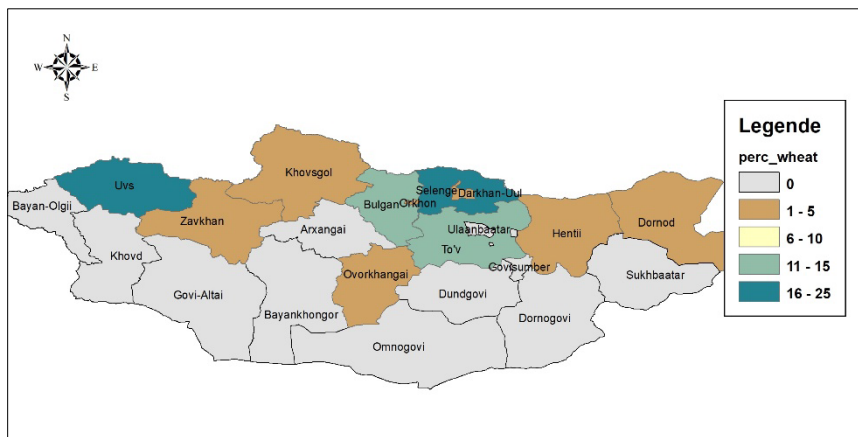


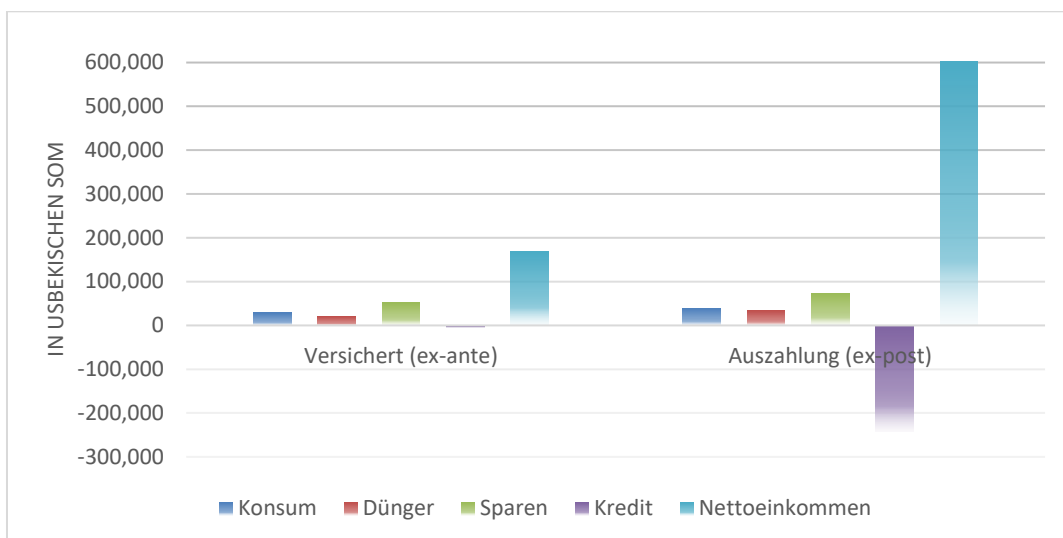
Abbildung 11: Abdeckung des Piloten 2020, in % der Weizenfläche auf Provinzebene

### 2.3. Einfluss von Indexversicherung auf sozioökonomische und unternehmerische Indikatoren

Der Einfluss der Indexversicherung auf sozioökonomische Entwicklung und strategische Unternehmensentscheidungen wurde auf sowohl hypothetischer Basis als auch in der praktischen Implementierung gemessen.

Zunächst wurde im Jahr 2019 eine Analyse zum Einfluss hypothetischer Versicherungskäufe auf sozioökonomische und betriebliche Zielparameter mit 199 usbekischen Landwirten durchgeführt. Hierfür wurde von der lokalen Versicherung eine marktfähige und nicht-subventionierte Indexversicherungsoption entwickelt, deren Wirksamkeit für Landwirte in einem *framed field experiment* untersucht wurde, die parallel zur ersten realen Marktimplementierung durchgeführt wurde. Diese Untersuchungen hatten nicht nur hohe praktische Relevanz, sondern leisteten mit ihrer Methodik und Erkenntnissen auch einen hohen wissenschaftlichen Beitrag. Während die Forschung bereits gute Erkenntnisse über die generellen Auswirkungen von Agrarversicherungen gewonnen hat, fehlt es oft an einer klaren Unterscheidung zwischen ex-ante Effekten (reiner Effekt der Versicherung noch vor dem Schadensfall) und ex-post Effekten (nach der Auszahlung). Um die Auswirkungen und den Nutzen von Agrarversicherung in vollem Umfang verstehen zu können, müssen der Auswirkungen auf die verschiedenen Produktionsstufen untersucht werden. Anhand das *framed field experiments* analysierte diese Studie

die Auswirkungen auf die Wohlfahrt in der unbewässerten Landwirtschaft (riskanter aber profitabler Düngereinsatz, Konsum und Nettoeinkommen) als auch dessen finanzielle Resilienz (Kreditaufnahme). Die Studienergebnisse deuten darauf hin, dass die indexbasierte Ernteversicherung ex-ante und ex-post Wohlfahrtsgewinne impliziert und die Klimaresilienz nach einer Dürre damit deutlich stärkt. Der reine Versicherungsstatus und der damit einhergehende Schutz für mögliche Dürreschäden gingen einher mit höheren Investitionen in Konsum, Dünger und Sparen. Nach einer versicherten Dürre konnte die Versicherungsauszahlung die Konsuminvestitionen und das Sparvolumen von Landwirten steigern, die Kreditaufnahme reduzieren und somit das Nettoeinkommen erhöhen. Diese Effekte sind am stärksten in der Periode, die direkt auf die Dürre folgt. Allerdings sind positive Implikationen bis zu drei Perioden später noch sichtbar. Eine Versicherungsauszahlung hat somit einen Einfluss auf die betriebliche Ausrichtung kurz- bis mittelfristig. Auf der praktischen Seite tragen unsere Ergebnisse zweierlei zur Bewertung der Wirksamkeit von Ernte-Index-Versicherungen und ihre positiven Auswirkungen auf die ländliche Wohlfahrt bei: Erstens können positive Effekte durch den Versicherungsschutz direkt entstehen, andererseits auch indirekt durch eine Narrative, die die Adoption der Ernte-Indexversicherung stimuliert. In Zeiten des Klimawandels müssen Landwirte ein für sie geeignetes Risikomanagement-Portfolio wählen, für welches Indexversicherung ein wichtiges Element darstellt (Moritz et al., 2023b). Es bleibt klar, dass ein hohes Basisrisiko die positiven Effekte von Versicherung und damit die Bereitschaft der Adoption reduziert, ein Effekt der in unserer hypothetischen Studie aufgrund der praktischen Limitationen des experimentellen Designs nicht berücksichtigt werden konnte. Umso wichtiger ist die wissenschaftsbasierte Weiterentwicklung neuer Versicherungslösungen zur Reduzierung des Basisrisikos, wie sie in unseren technischen Forschungsbeiträgen (siehe Abschnitt 2.1) durchgeführt wurde.



**Abbildung 12: Durchschnittliche Investitionsentscheidung bedingt auf Versicherungsstatus**

Quelle: Eigene Daten, 2020.



Basierend auf der erfolgreichen Pilotierung in der Mongolei konnte auch der Einfluss der praktischen Adoption von Ernteversicherung auf unternehmerische Entscheidungen im Jahr 2020 in der darauffolgenden Saison (2021) erhoben werden. Unter der Stichprobe befanden sich 94 nichtversicherte Betriebe sowie 232 der versicherten Betriebe. Da aufgrund der Kopplung der Versicherung auf ein allgemein zugängliches subventioniertes Kreditprogramm keine Randomisierung der Treatment-Gruppen möglich war, wurde für Kausalitätsuntersuchungen stattdessen ökonometrische Methoden des *Propensity Score Matchings* (PSM) herangezogen. In den bisherigen Untersuchungen konnten keine direkten Effekte auf Produktivität oder Ressourceneinsatz gemessen werden, was sicherlich der Kurzfristigkeit des Programmes geschuldet ist. Da aufgrund der COVID-19 Krise keine zweite Implementierungswelle durchgeführt werden konnte, konnten daher auch keine Lerneffekte einsetzen (Bobojonov & Kuhn, 2023). Ein wichtiges Ergebnis der vorangegangenen, qualitativen Untersuchung war, dass ein Lerneffekt erst nach mehreren Rundenwiederholungen eintritt. Ein wichtiger Effekt, der unmittelbar zutage trat, war jedoch die Nutzung von Agrarfläche: Offensichtlich bedingte der durch Versicherung ermöglichte Zugang zu Krediten eine Ausweitung der Agrarproduktion auf zusätzlichen Flächen. Dieses Ergebnis flankiert daher Ergebnisse aus früheren Untersuchungen, die die Bedeutung von Motiven des Risikomanagements auf Kreditnachfrage illustrierten (Kuhn & Bobojonov, 2023).

#### **2.4. Skalierung**

Im Zentrum der Bonusarbeitspakete standen insbesondere die Skalierung der praktischen Projektergebnisse durch a) die Ausweitung auf bewässerte Landwirtschaft, b) die Unterstützung nationaler Disseminationsaktivitäten sowie c) die überregionale Skalierung.

Im Rahmen der Ausweitung eines indexbasierten Dürreindizes auf bewässerte Landwirtschaft wurde im Folgenden die Eignung von Ernteschätzung für Baumwollproduktion wissenschaftlich untersucht. Eine Herausforderung ist hier, dass Erträge weniger von lokalen Regenfällen abhängen, sondern vielmehr von der Verfügbarkeit von Oberflächen- oder Grundwasser zur künstlichen Bewässerung. Die einzig mögliche Annäherung sind daher Vegetationsindizes, welche ebenfalls eng mit Erntergebnissen korrelieren. Eine klassische bewässerte Kultur in der Region ist Baumwolle, für die die Genauigkeit der satellitengestützten Ertragsschätzung jedoch noch nicht wissenschaftlich getestet wurde. Eine Kernherausforderung ist die geringe Korrelation zwischen Biomasse und Ertrag, welche die Entwicklung eines Indexproduktes erschwert. In wissenschaftlichen Arbeiten wurde die Eignung mehrerer Vegetationsindizes auf der Grundlage von Sentinel-2-Bildern zur Schätzung der Erträge auf Betriebsebene für eine dieser Nutzpflanzen, Baumwolle, untersucht. Die Ergebnisse dieser Studien deuten darauf hin, dass eine präzise Ertragsschätzung auch für Kulturen mit geringer Biomasse-Ertrags-Korrelation möglich ist (Khodjaev et al., 2023a). Basierend auf diesen und anderen Forschungen wurde im Folgenden Indizes für die bewässerte Landwirtschaft entwickelt, welche zur Reduzierung von Moral Hazard, insbesondere die Reduzierung von Bewässerung durch versicherte Landwirte, Versicherungsauszahlungen nicht von betriebspezifischer Vegetationsentwicklung sondern von regionalen Durchschnittsniveaus abhängig macht.

#### **2.5. Dissemination**

Zum Zweck der regionalen und überregionalen Skalierung wurden die Ergebnisse der oben genannten Aktivitäten in verschiedene Disseminationsaktivitäten an mögliche Stakeholder herangetragen. Klassische Disseminationsformate umfassten bilaterale Gespräche mit Entscheidungsträgern wie dem Vizeagrarminister Usbekistan oder dem Vorstand der staatlichen Versicherung Agrosugurta, Kapazitätsbildungsmaßnahmen mit Mitarbeitern der Versicherungen und Ministerien in der Mongolei, Usbekistan

und Kasachstan, die Organisation oder Teilnahme an größeren Stakeholderworkshops und die Vorstellung des Projekts auf der COP24 - UN Klimakonferenz im Jahr 2018 (siehe Abbildung 13).

Weitere Aktivitäten beinhalten die Publikation von Berichten und eines Policy Briefs zum Thema (Kuhn et al., 2018). Hervorzuheben sind weiterhin zahlreiche Teilnahmen auf wissenschaftlichen Konferenzen, beispielsweise die Jahreskonferenzen des Entwicklungsökonomischen Ausschusses – Verein für Socialpolitik im Jahr 2023, der *Agricultural and Applied Economics Association* (AAEA) im Jahr 2022, der *European Association of Agricultural Economists* (EAAE) und *International Association of Agricultural Economists* (IAAE) im Jahr 2021, aber auch regionale Konferenzen wie die *Life in Kyrgyzstan* Konferenz im Jahr 2020. Eine Übersicht ausgewählter Disseminationsaktivitäten findet sich im Anhang.

Weiterhin wurde im Rahmen des Projektes besondere Bedarfe der Kapazitätsbildung bei lokalen Versicherungspartnern ersichtlich. In Modellen zur Evaluierung von Wetterrisiken werden oftmals eine große Menge an Daten verarbeitet, wie z. B. Wetterinformationen, Ertragsdaten, Preise oder auch Bodeneigenschaften. Das Problem dieses Ansatzes besteht darin, dass interdisziplinärer Diskurs und Meinungsaustausch aufgrund der starken Komplexität schwierig werden kann. Oftmals beeinträchtigt der Black-Box-Charakter der Modelle die Integration der Expertise von Landwirten, Beratern oder Experten der Versicherungsbranche, beispielsweise in der Analyse und Bewertung von Versicherungen als Risikomanagementinstrument. Eine besondere Schwierigkeit ist die Vermittlung des Konzeptes an Landwirte, welche entweder überhaupt keine Erfahrung mit Agrarversicherungen besitzen oder aber an das Konzept herkömmlicher Versicherungsmärkte gewöhnt sind, welche Schadenszahlungen auf Basis tatsächlicher, gemessener Verluste leisten.



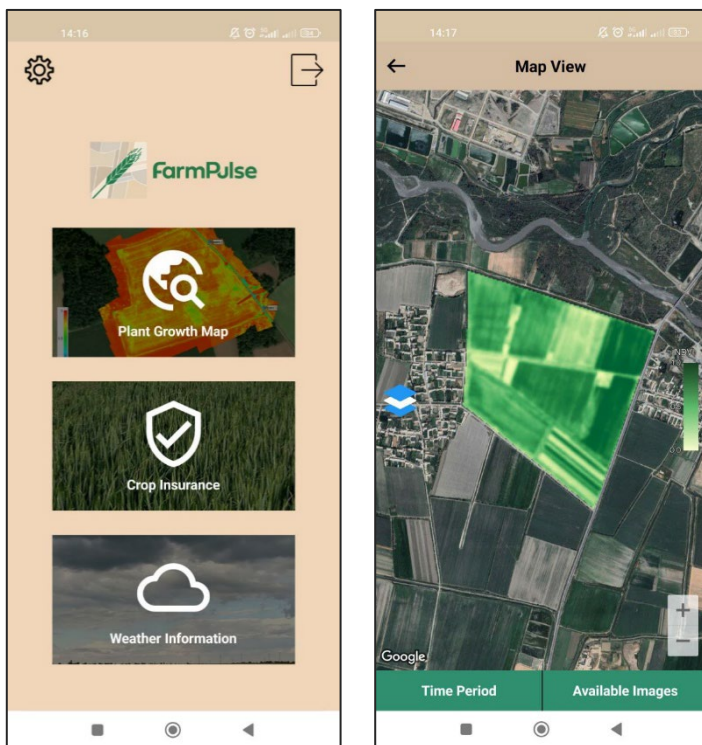
**Abbildung 13: Seminare und Austausch mit politischen Stakeholdern**

(im Uhrzeigersinn von oben links: Schulung Agrarministerium Usbekistan 2022, Treffen Agrarminister Usbekistan 2018, IAMO Direktor Thomas Glauben mit Agrarminister Usbekistan 2020, Stakeholder Seminar Mongolei 2020.

Quelle: Projekt KlimALEZ

In Konsequenz dieser Erkenntnis befasst sich das Projektteam mit technischen Lösungen zu Verbesserung der Transparenz und Akzeptanz von indexbasierten Versicherungsprodukten. Im ersten Schritt wurde vom Projektpartner HUR eine Web-App für eine interaktive Datendarstellung und -aufbereitungsform entwickelt. Das Neue daran ist, dass Daten einfacher und transparenter, insbesondere auch für weniger Sachkundige, dargestellt und aufbereitet werden können. Dadurch ist die App auch als Learning-Tool bei Landwirten direkt einsetzbar und könnte die Zurückhaltung der Landwirte gegenüber neuen Technologien und Versicherungsprodukten in der Pilotregion verringern. Über die *Smart Small Farmer App*<sup>1</sup> lassen sich die auf Servern befindlichen Daten mit einfachen Mitteln strukturieren und mit eigenen Daten verknüpfen. Die Desktop-Anwendung erlaubt den Abruf von Wetterdaten für jeden Standort weltweit. Man kann sich darüber hinaus einen eigenen individuellen Wetterindex zusammenstellen und diesen Index mit eigenen individuellen Ertragsdaten im Pflanzenbau validieren. Auch für Schulungs- und Veranschaulichungszwecke eignet sich diese App.

Im zweiten Schritt wurden einige Aspekte dieser Desktop-App aufgegriffen und für eine vereinfachte Android-App mit der Zielgruppe von Produzenten umgesetzt. Die mehrsprachige App *FarmPulse* soll Landwirte und Landwirtinnen in der Zielregion bei ihren täglichen Entscheidungen im Zusammenhang mit der Feldbewirtschaftung sowie bei Risikomanagementmaßnahmen unterstützen. Die App hat drei Funktionen: Erstens können Nutzer feldspezifische Daten zu Vegetationsindizes abrufen und somit Rückschlüsse für ihre betrieblichen Entscheidungen, beispielsweise teilflächenspezifische Düngemiteleinsetz, ziehen. Weiterhin stehen auch historische Daten zu Wetter- und Vegetationsindizes zur Verfügung, welche höhere Transparenz auch im Kontext finanzieller Instrumente des finanziellen Risikomanagements schafft. Auf derselben Ebene der App haben Landwirte die Möglichkeit des direkten Managements einer indexbasierten Agrarversicherung, von Information, Vertragsabschluss bis hin zur Abwicklung im Schadensfall.

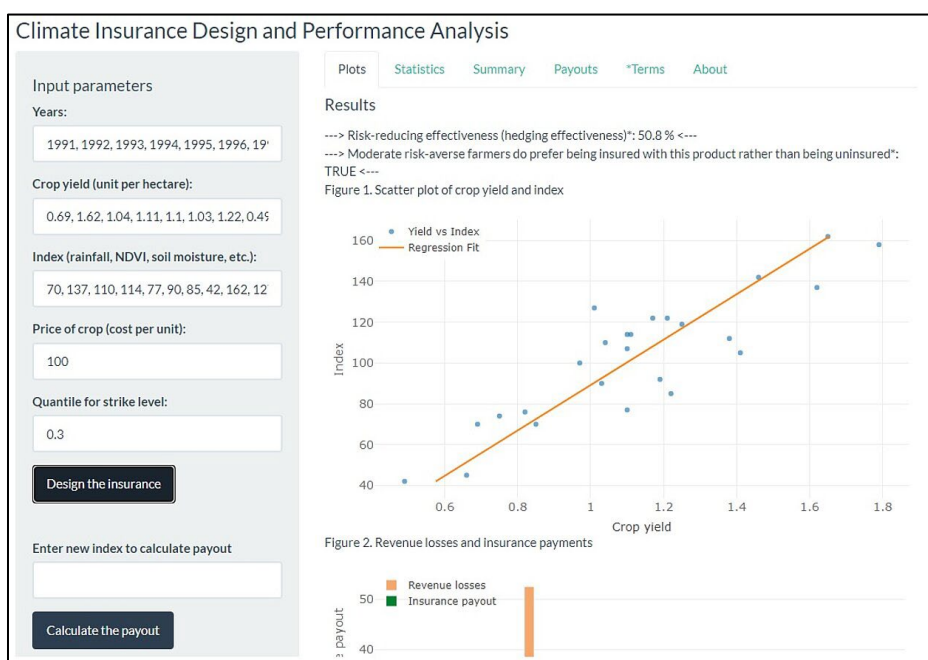


**Abbildung 14: Abruf von Vegetationsdaten in der App FarmPulse**

<sup>1</sup> <https://wayne1030.shinyapps.io/SmartSmallFarmerApp/>

Drittens hatte sich in weiterer wissenschaftlicher Begleitforschung der positive Einfluss von mobilen Wetterinformationen auf Klimarisikowahrnehmung gezeigt (Emileva et al., 2023). Aus diesem Grund wurde auch eine dritte Funktion in die App mit aufgenommen, nämlich standortbasierte, aktuelle Wetterinformationen (siehe Abbildung 14).

Zur Dissemination wissenschaftlicher Erkenntnisse im Versicherungsdesign wurde weiterhin die Desktop-Plattform „KlimALEZ Toolbox“ entwickelt. Diese Anwendung erlaubt Nutzern, indexbasierte Klimaversicherungen zu entwerfen und anschließend ihr Klimarisikominderungspotenzial zu analysieren. Die App ist nutzerfreundlich und erfordert keine Kenntnisse in Statistik oder Programmiersprachen. Nach Eingabe des gewünschten Zeitraums, Ernteerträgen und Indexinformationen entwirft die Web-App indexbasierte Klimaversicherungsprodukte auf der Grundlage der eingegebenen Daten. Zusätzlich berechnet die Anwendungen deskriptive Statistiken und führt eine Leistungsanalyse durch (Abbildung 15).



**Abbildung 15: Desktop-Applikation KlimALEZ Toolbox**

Quelle: Projekt KlimALEZ

Ein weiterer Schwerpunkt war die Erstellung von digitalem Disseminationsmaterial und Outputs, darunter die oben beschriebene Android App FarmPulse und drei Desktop-Anwendungen für politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger (SATWEX, VEWEX und die KlimALEZToolbox) inklusive dazugehörigen Tutorial-Videos. Diese Materialien werden gesammelt angeboten auf einer digitalen Informationsplattform auf unserer Projekthomepage<sup>2</sup> (Abbildung 17). Weiterhin angeboten werden Mitschnitte von Workshops und Seminaren auf dem Youtube-Kanal des Projektes<sup>3</sup> (Abbildung 16). Für eine detaillierte Darstellung der genannten Datenplattformen verweisen wir auf den Abschnitt 5 (Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse).

<sup>2</sup> <https://www.klimalez.org/resources/>

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/@klimalezproject3024>

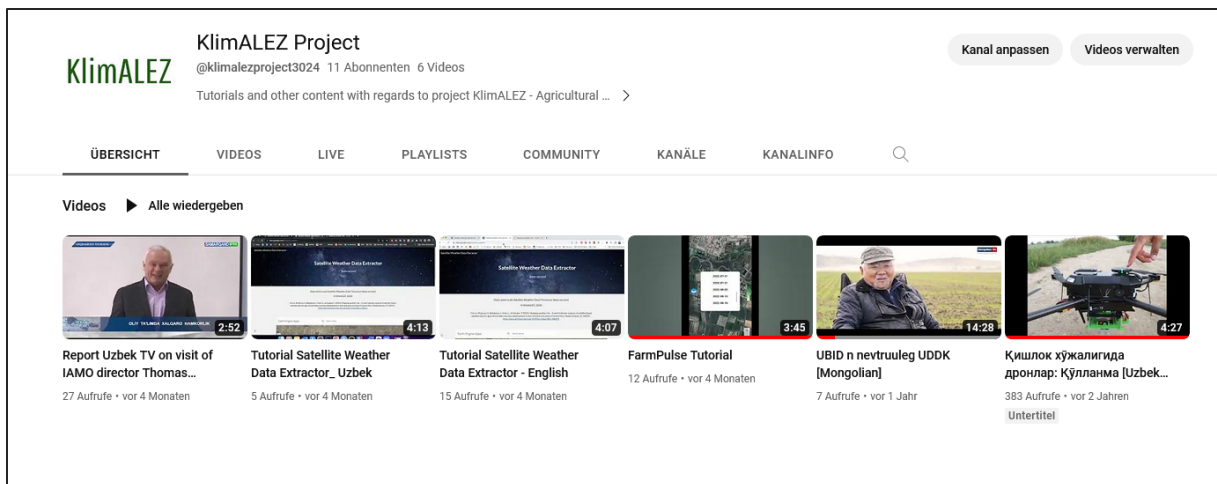


Abbildung 16: Youtube-Kanal des Projektes

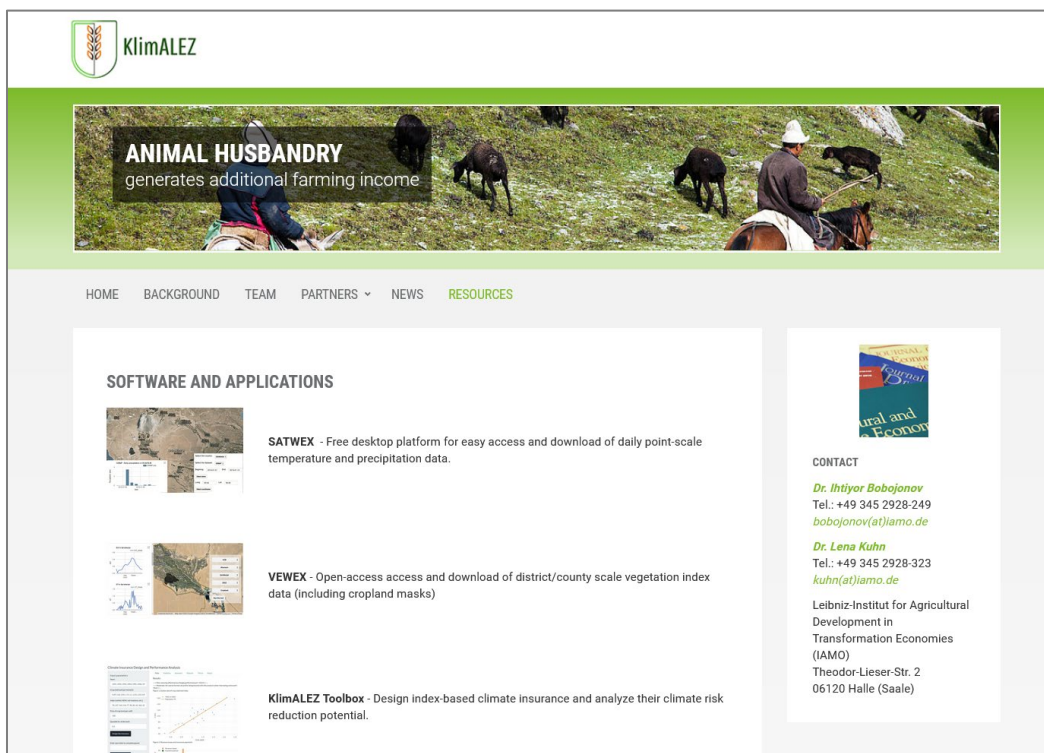


Abbildung 17: Digital Informationsplattform KlimALEZ Homepage

### 3. Zahlenmäßiger Nachweis und Verwendung der finanziellen Mittel

Die bewilligten Mittel wurden planmäßig eingesetzt und größtenteils verbraucht. Das IAMO verausgabte 99,9% der bewilligten Mittel, HUB rief 100% der Fördermittel ab. Der Projektpartner HR verausgabte nur 58,44% der bewilligten Mittel, da aufgrund von externen Faktoren keine Verwaltungskosten verwendet wurden und das Budget in der Position Datenkäufe durch die Verwendung von freizugänglichen Daten sowie Datenzugänge der HR eingespart werden konnte.

Ein großer Teil der Mittel entfiel hierbei auf wissenschaftliches Personal bei IAMO und HUB, darunter drei Nachwuchswissenschaftler sowie (teilfinanziert) zwei Projektkoordinatoren. Beim Projektpartner HR wurden für das Projekt drei Stellen mit unterschiedlichen Beschäftigungsgraden (Details zu entneh-

men aus den Berichten der HR) in Ansatz gebracht. Weitere Personalkosten entfielen auf die Finanzierung wissenschaftlicher Hilfskräfte beim Projektpartner IAMO. Weiterhin wurde größere Summen für die Vergabe von Aufträgen verausgabt. Die größten Kostenpositionen betrafen hier die Durchführung mehrere Umfragen in den Zielländern in den Jahren 2019-2021 sowie die Programmierung der App FarmPulse.

Einige Reiseaktivitäten und Disseminationsaktivitäten vor Ort waren aufgrund der Reisebeschränkungen während der COVID-19 Krise nicht durchführbar. Entsprechende Verschiebungen und Anpassungen der Aktivitäten spiegeln sich auch in der Verwendung der Finanzmittel wieder. So wurden mehr Personalmittel verausgabt, als ursprünglich geplant, um digitale Disseminationswerkzeuge und den Ausbau einer digitalen Wissensplattform voranzutreiben. Entsprechend weniger Mittel wurden für Dienstreisen und die Vergabe von Aufträgen sowie sonstige Verwaltungsausgaben/ -kosten in Anspruch genommen.

Auf Bitte des Verbundkoordinators wurde eine mehrfache Verlängerung des ursprünglichen Bearbeitungszeitraumes beantragt und durch den Projektträger bewilligt. Grund hierfür war insbesondere der Wunsch, die Pilotierung über eine weitere Zeit als wissenschaftliche Beobachter zu begleiten. Das Ziel war eine nachhaltige Überführung der Pilotaktivitäten an privatwirtschaftliche bzw. staatliche Akteure. Das wissenschaftliche Projektteam der HUB war hierbei hauptsächlich beratend tätig und beschränkte sich im Verlängerungszeitraum auf eine wissenschaftliche Beobachtung, Auswertung und Erstellung von Handlungsempfehlungen.

#### **4. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Die Entwicklung und Etablierung eines regional angepassten Versicherungsangebotes soll zur Erhöhung der Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe gegenüber Klimaereignissen, einer Erhöhung der Investitionen in nachhaltige Landwirtschaft und der Steigerung des Wohlstands von Kleinbauern in der Region beitragen. Damit leistet das Projekt nicht nur einen Beitrag zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels im Agrarsektor, sondern stärkt auch die Zusammenarbeit mit Schwellen- und Entwicklungsländern in der Forschung und Entwicklung für nachhaltiges sozioökonomisches Wachstum.

Die Notwendigkeit der geleisteten Arbeiten ergab sich aus der Komplexität eines Projektes, das sich mit den politischen Gegebenheiten und Strukturen vier verschiedener Transformationsökonomien, technischen Möglichkeiten der Ernteschätzungen, marktwirtschaftlichen Anforderungen, als auch individuellen Nachfragefaktoren der Produzenten auseinandersetzen hatte. Hinzu kamen während der Laufzeit des Projektes Herausforderungen politischer Natur (z.B. politische Spannungen in Kirgistan), Reisebeschränkungen während der COVID-Krise sowie nachgelagerte politische und wirtschaftlicher Neuausrichtungen in manchen der Projektländer.

Für eine nachhaltige Wegbereitung der Implementierung modernen Agrarversicherungsmärkte war daher eine inter- und transdisziplinäre Aufgabenplanung, sehr hohe Flexibilität in den gewählten Methoden notwendig. Insbesondere Anpassungen des Arbeitsplans als auch eine Erweiterung der Projektländer sind diesen Anforderungen an Flexibilität und Anpassungen an aktuelle Gegebenheiten geschuldet. Beispielsweise entschieden wir uns für Anpassungen des Transferkonzeptes. Diese Anpassungen waren bedingt einerseits durch COVID-Kontakt- und Reisebeschränkungen, aber auch die Erfahrung, dass für nachhaltige Skalierung noch stärkere Aktivitäten im Bereich des grundlegenden lokalen Kapazitätsausbaus notwendig sind: So wurde ein stärkerer Schwerpunkt als ursprünglich geplant auf digitale Transferkanäle, inklusive der Entwicklung mobiler Anwendung und digitale Inhalte gelegt.

Diese Entscheidung fiel auch vor dem Hintergrund der personellen Fluktuation unter den regionalen Ansprechpartnern, die vereinzelte personengebundene Kapazitätsbildungsmaßnahmen wenig nachhaltig machten. Als sinnvoller wurden in diesem Kontext Tutorials und Online-Ressourcen gesehen, welche jederzeit für einen größeren Personenkreis einsehbar sind. Ein weiteres Beispiel war die Entscheidung zur Triangulation von satellitenbasierten Ernteschätzungen mit Daten bodenbasierter, teilflächenspezifischer Ernteerfassung und Drohnendaten: Angesichts der Wichtigkeit, Vertrauen durch Reduktion des Basisrisikos zu stärken, entschied sich das Team für diese Erweiterung des ursprünglichen Arbeitsplans. Lokale Erntedaten lagen zwar vor, die Genauigkeit der gewählten Indizes sollten aber dennoch anhand von Daten aus flächenspezifischen Erntedaten und hochauflösenden Drohnenbildern bestätigt werden.

## **5. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Wie sich in der erarbeiteten Datenbank und hypothetischen wie praktischen Implementierungsstudien zeigte, hängt die Nachfrage nach Versicherungen und deren praktischer Nutzen für Landwirte vom Produktdesign, der Transparenz und Vermittlung der Funktionsweise des Produktes, sowie von der Hedging-Effektivität ab, welche zu einem großen Teil auf die Kontrolle des Basisrisikos zurückzuführen ist. Viele unserer Projektergebnisse sind direkt zur Lösung der genannten Probleme einsetzbar:

### **5.1. Mobile Apps und Transferkonzepte zur Erhöhung der Transparenz**

Ein zentraler Grund für die Ablehnung von Indexversicherungen ist ihr teilweise schwer verständlicher, komplexer Aufbau. Dies zeigte sich auch in den Rückmeldungen auf den zweiten größeren Piloten in der Mongolei.

Insbesondere die *Small Smart Farmer App* sowie die App *FarmPulse* eignen sich, um den Black-Box-Charakter von Indexversicherungen abzubauen. Die *Small Smart Farmer App* erlaubt die Nutzung eigener Ertragsdaten um vier verschiedene Indizes, welche vor Frost, hohen Temperaturen und Dürre schützen, zu berechnen. Dies erhöht das Verständnis in Bezug auf die Funktionsweise dieser Versicherungen. Auch die unterschiedlichen Kennzahlen, wie Trends der betrieblichen Ertragsdaten, helfen dem Anwender Schritt für Schritt den Aufbau einer Versicherung nachzuvollziehen. Die berechneten Versicherungsparameter können auch im Nachhinein manuell geändert werden. Dadurch lässt sich die Wirkung einzelner Parameter auf das endgültige Versicherungsprodukt anschaulich darstellen. Deshalb eignet sich die *Small Smart Farmer App* nicht nur als Entscheidungstool für Versicherer und potenzielle Versicherungsnehmer, sondern auch für Schulungszwecke. So kann Schritt für Schritt der Aufbau und Einfluss einzelner Versicherungsparameter dynamisch und praxisnah dargestellt werden. Die App *FarmPulse* ist hingegen speziell auf Landwirte in der Untersuchungsregion zugeschnitten, sowohl was die Nutzersprache als auch was die Komplexität der App betrifft. Landwirte können hier für ihre eigenen Anbauflächen Vegetationsentwicklung verfolgen, historische Indexwerte abrufen und somit den Sinn einer Versicherung für ihre individuelle Lage beurteilen. Weiterhin kann die komplette Schadensabwicklung über die App durchgeführt werden. Bisher ist das Projekt für eine Verbreitung der App auf regionale Partner angewiesen. Der Grund hierfür ist, dass für die Anlegung von Nutzerkonten und insbesondere das Anlegen der Flächen, für die spätere relevante Indexwerte abgerufen werden, ein Mindestmaß an Orientierung in Kartensystemen notwendig ist. Diese praktische Herausforderung soll in zukünftigen Versionen der App behoben werden.

Die genannten Apps ersetzen jedoch in keinem Fall direkte Beratungsdienstleistungen. Ein Kernproblem bisheriger Pilotierungen war, dass bei Etablierung moderner Versicherungsmärkte durch einen

Anbieter in der Regel schnell verschiedene Konkurrenten in den Markt folgen, welche von den Beratungsdienstleistungen des *first movers* profitieren. Daher ergibt sich in der Praxis nur ein geringer Anreiz für Unternehmen, übermäßig in das Gemeingut des Know-hows versicherter Landwirte zu investieren. Zur Reduzierung der Extension-Ausgaben der Landwirte hat das Projekt KlimALEZ daher begonnen, mehrsprachige Informationsvideos zu erstellen, welche auch über die App *FarmPulse* oder direkt über unsere Homepage oder den Youtube-Kanal abgerufen werden können.

Drittens entwickelte das Team im Rahmen der hypothetischen Einflussanalyse ein innovatives Transferkonzept, sogenannte interaktive Beratungsseminare. Wie sich in der Mongolei zeigte, führen herkömmliche Verkaufsaktivitäten mit nur geringen Schwerpunkten auf Kapazitätsbildung leicht zu Verständnisproblemen der Landwirte und eine Verringerung der Nachfrage in den Folgejahren. Teilnehmer an interaktiven Beratungsseminaren dagegen konnten im Rahmen von Versicherungsspielen das Prinzip und die Funktionsweise der modernen Versicherungsprodukte testen. Dies gab auch Gelegenheit, mit den Forschern in einen neutralen Austausch zu treten und sich somit in einem geschützten Rahmen dem Thema einer Indexversicherung zu öffnen. Das Konzept und Materialien sind fertig entwickelt und wurden bereits in den Pilotregionen Kirgistans (07/2018) und Usbekistans (04/2019) angewandt. Bei Bedarf können diese auch leicht auf andere (lokale) Kontexte übertragen werden.



**Abbildung 18: Interaktive Beratungsseminare**

## **5.2. Innovative Methoden zur Senkung des Basisrisikos**

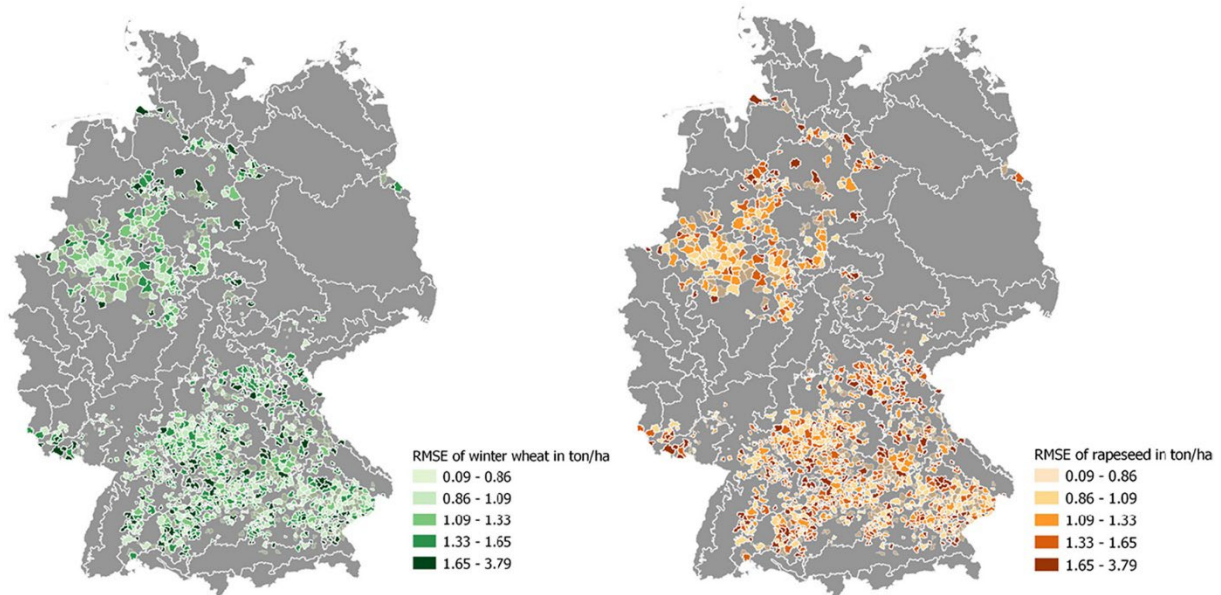
Verschiedene Forschungsergebnisse im Rahmen des Projektes sind in der Praxis des Versicherungsdesigns anwendbar:

Von unmittelbarem Nutzen für Versicherungsdesign in der Region Zentralasien ist die Untersuchung der zur Verfügung stehenden Indizes in Hinsicht auf ihre Genauigkeit bei der Schätzung von Ernte und Dürreevents. Wie sich in Eltazarov et al. (2021) zeigte, eignen sich in der Region insbesondere Daten des Satelliten GSMAP für die Bewertung von Dürre- oder Überschwemmungsevents. Eltazarov et al. (2023b) wiederum untersuchten die Eignung verschiedener Wetter- und Vegetationsindizes für die Ernteschätzung in der Weizenproduktion der Region. Unter einer Vielzahl an untersuchten Indizes zeigten der LAI und der GCI die höchste Genauigkeit. Ein weiterer Beitrag der Forschung ist die Entwicklung eines Algorithmus zur Klassifizierung von Getreideanbauregionen. Wie oben geschildert leidet die Genauigkeit der Ernteschätzung und damit das Basisrisiko unter der Nutzung von Vegetationsindize welche für Regionen unabhängig von Nutzungsart geschätzt werden. Die Arbeit der Forscher ist praktisch unmittelbar nutzbar, da genannte Indexdaten auf der oben beschriebene Plattform VEWEX, inklusive der Option der Klassifizierung in Getreideanbauregionen, zum Download bereitgestellt werden.



Wissenschaftlicher Nutzen erschließt sich auch durch die Begleitforschung der HUB: Der Klimawandel und die dadurch verursachten zunehmenden Wetterextreme können zum erhöhten *risk loading* der Versicherungen führen. Extreme Wetterereignisse können zu hohen wirtschaftlichen Schäden, und somit auch hohen Versicherungssummen führen. Zukünftig wird eine Zunahme dieser Extrema erwartet, die Unsicherheit in diesem Kontext bleibt jedoch hoch. Das bedeutet, dass Versicherungen diese Unsicherheit auf Versicherungsnehmer, zumindest teilweise, verlagern könnten, indem sie die Versicherungen verteuern. Um diese Unsicherheit zu verringern, und somit die Versicherungspreise nicht zu erhöhen, kann die Extremwerttheorie (EVT) von Versicherern angewendet werden. Da sich EVT nur auf die Ränder von Verteilungen, und somit nur auf die extremen Ereignisse, konzentriert, eignet sich diese Methodik in diesem Kontext. Dadurch, dass in dieser Arbeit die EVT Parameter einen zeitlichen und räumlichen Bezug haben, kann das geographische Basisrisiko gesenkt werden und Versicherungen an Orten angeboten werden in denen keine, oder nur wenige, Wetterstationen vorhanden sind. Die zeitliche Komponente erfasst den voranschreitenden Klimawandel.

Schmidt et al. (2022) zeigen, dass die Nutzung neuronaler Netze durch ihre Flexibilität zu einer besseren Anpassung an die Ertragsdaten führen können als traditionelle Regressionsmodelle. Da die möglichst genaue Darstellung der Ertragsdaten zentral für das Versicherungsdesign sind, ist die Anwendung dieser Methodik für Versicherungen besonders interessant. Auch die Nutzung disaggregierter Wetterdaten führt zu einer besseren Ertragsschätzung durch ihren höheren Informationsgehalt (siehe Abbildung 19). Es sind also tägliche Wetterdaten monatlichen Wetterdaten vorzuziehen. Wichtig ist, dass neuronale Netzwerke nur in Regionen in denen genug regionale Daten zur Verfügung stehen zu einer Verbesserung gegenüber dem Baseline Modell führen. Unter den genannten Voraussetzungen ist die Anwendung dieser Methodik im Versicherungsdesign sinnvoll.



**Abbildung 19: Genauigkeit Ernteschätzung mittels ANN auf Landkreis-Ebene**

Quelle: Schmidt et al. (2022)

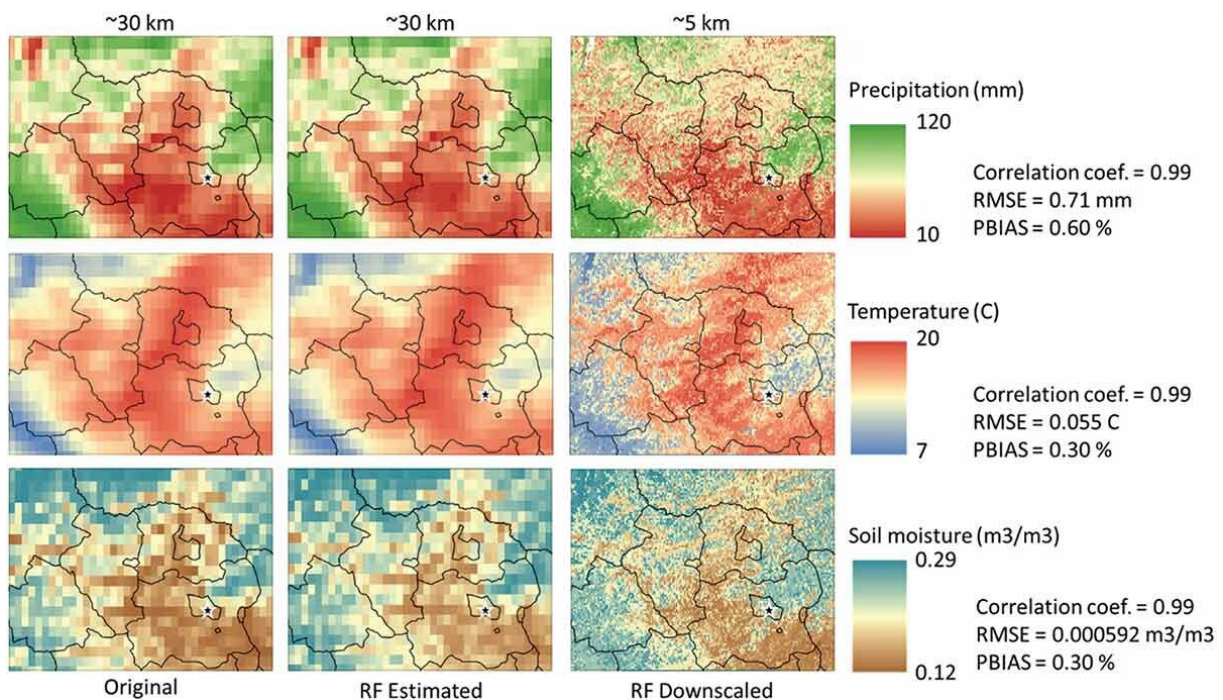
Eine möglichst genaue Datengrundlage, am besten auf betrieblicher Ebene, ist für das präzise Versicherungsdesign unerlässlich. Dennoch sind Daten auf Landkreisebene (oder auf noch höheren Aggregationsebenen) leichter zugänglich als Betriebsdaten und werden daher weitaus häufiger für das Produktdesign eingesetzt. Werden Daten auf Landkreisebene verwendet, wird das idiosynkratische Risiko (d.h. unsystematische Risiken wie Managementfehler auf Betriebsebene) nicht einkalkuliert. Somit

wird das Gesamtrisiko unterschätzt und es kommt zum sogenannten *aggregation bias*, die Abweichung des geschätzten Risikos vom tatsächlichen Risiko durch die Aggregation der zugrundeliegenden Schätzdaten. Durch sogenannte *Relational Data Matching*-Modelle können Daten auf Landkreisebene auf die betriebliche Ebene disaggregiert werden. Durch die Anwendung dieses Modelles verringern Versicherungen die Gefahr das betriebliche Risiko zu unterschätzen. Vor allem in Regionen, in denen die Datenlage vor allem auf betrieblicher Ebene sehr rar ist, kann diese Methodik einen bedeutenden Beitrag für das Versicherungsdesign leisten.

### 5.3. Künstliche Intelligenz und Desktop-Anwendungen zur Verbesserung der Datengrundlage

Ein Hauptproblem beim Design von Indexversicherungen, besonders in kleinbäuerlicher Landwirtschaft, ist die nach wie vor zu niedrige Auflösung verfügbarer satellitenbasierter Indizes. Dies trifft insbesondere auf jene Indizes mit ausreichenden Zeitreihen zu, welche sich auf ältere Satellitendaten stützen müssen, die naturgemäß nur in wesentlich geringerer Auflösung vorliegen als Produkte jüngerer Herkunft. In Eltazarov et al. (2023a) wurde die Nutzbarkeit maschinellen Lernens (*machine learning*) zur Erhöhung der Auflösung bestehender Satellitendaten erforscht. Der Vergleich hochauflösender und künstlicher augmentierter Satellitendaten und Erntedaten aus unserer Forschungsregion zeigte eine in 70% der Fälle signifikante Erhöhung der Hedging Effektivität durch Augmentierung. Die Effekte derartiger Augmentierungen (*downscaling*) sind in Abbildung 20 dargestellt. Derartigen Methoden könnten unmittelbar in das Design neuer Produkte einfließen.

Für eine Verbesserung des Zugangs zu bereits bestehenden Daten dienen die oben beschriebenen Desktop-Anwendungen SATWEX und VEWEX. Diese Anwendungen richten sich unmittelbar an Versicherungsunternehmen und reduzieren sowohl den Arbeitsaufwand als auch die Kosten der Datenbeschaffung, was unmittelbar auf eine Reduzierung der Versicherungsprämien auswirken könnte. Die Anwendungen sind offen und kostenlos zugänglich.



**Abbildung 20: Downscaling von Niederschlags-, Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsdaten**

Quelle: Eltazarov et al. (2023a)

## 6. Fortschritt bei anderen Stellen während der Projektbearbeitungszeit

Derzeit sind uns in der Region mehrere Aktivitäten im Bereich der Indexversicherung bekannt, die für das KlimALEZ-Projekt relevant sind. Obwohl diese Aktivitäten nicht im Rahmen dieses Projekts durchgeführt werden, könnten einige Synergien und Spillover-Effekte durch das Projekt entstanden sein. Zum Beispiel führen Swiss Re und UNDP im Fergana-Tal in Usbekistan ein Pilotprojekt zur Obstversicherung durch. Obwohl es derzeit auf konventionellen Versicherungsmethoden basiert, ähnelt das Projekt in Bezug auf Beteiligung lokaler und internationaler Versicherungsunternehmen dem KlimALEZ-Projekt. Auch in Tadschikistan gibt es Bestrebungen zum Aufbau eines Indexversicherungsmarktes, die von der Weltbank und anderen internationalen Organisationen initiiert wurden und bei denen KlimALEZ-Wissenschaftler mehrmals um Beratung gebeten wurden. Ähnliche Machbarkeitsstudien werden auch in Armenien und Georgien durchgeführt, Studien an denen das Projektteam indirekt beteiligt ist. Darüber hinaus hat Aserbaidschan einen operationellen Versicherungspool eingerichtet, in dem auch Indexversicherungen abgeschlossen werden können. Die Projektmitarbeiter haben auch mehrere Präsentationen in Aserbaidschan durchgeführt und sind während der Projektlaufzeit mit mehreren staatlichen Behörden zusammengetroffen.

Die wissenschaftliche Forschung schritt während der Projektbearbeitung an verschiedenen Stellen voran: Die Pilotierung im Rahmen des Projektes KlimALEZ setzte aus verschiedenen Gründen auf Individualverträge. Jüngst wurden zunehmend sogenannte Gruppenversicherungen (*group collective index insurance*) diskutiert. Diese kollektive Indexversicherung für Gruppen stellt eine Alternative zu Einzelindexversicherung dar und hat das Ziel, das Basisrisiko durch gruppeninterne informelle Transfers zu vermindern. Aktuelle Forschung (Santos et al., 2021) zeigt jedoch, dass kollektive Indexversicherungen ein Koordinationsdilemma einführen: sozial optimale Ergebnisse werden erzielt, wenn jeder eine Versicherung abschließt; jedoch ist ein Mindestanteil an Beitragszahlern notwendig, bevor die Auswirkungen des Basisrisikos ausgeglichen werden können und für Individuen ein Anreiz besteht, eine Versicherung abzuschließen. Kollektive Indexversicherungen sind grundsätzlich ein mögliches Instrument zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Versicherungslösungen in Entwicklungsländern. Die oben aufgezeigte Forschung impliziert jedoch, dass mehr empirische Untersuchungen und Verbesserungen des Konzeptes notwendig sind, bevor eine praktische Implementierung in unserer Untersuchungsregion empfehlenswert scheint.

Weitere methodische Beiträge suchten dem Rätsel der anhaltend niedrigen Nachfrage nach Indexversicherung trotz steigenden Klimawandels auf den Grund zu gehen, welche wir auch in unserer Implementierung feststellten. Dougherty et al. (2020) schätzen ein strukturelles Lernmodell um separate Lerneffekte, verzerrte Wahrnehmung zeitlich versetzter Effekte (*recency bias*). Unter Berücksichtigung dieser und anderer kognitiver Effekte konnten die Autoren tatsächlich eine reduzierte Nachfrage nach Agrarversicherung unter Klimawandelbedingungen nachweisen. Diese Forschung bestätigt die Wichtigkeit von Instrumenten zur Objektivierung von Klimawandel durch Vermittlung von Klimadaten, wie sie etwa durch unsere mobilen und Desktop-Anwendungen zur Verfügung gestellt werden.

Weiter jüngere Forschung bestätigte unsere Wahrnehmung der Vorteilhaftigkeit von gekoppelten Versicherungsprodukten. Ankrah et al. (2021) attestierten einen niedrigen Kenntnisstand von Agrarproduzenten in Bezug auf Agrarversicherungsprodukte und empfehlen daher ebenfalls eine Kopplung von Agrarversicherung an Kredite oder Produktionsmittel zur Erhöhung der Akzeptanz und Nachfrage.

Die wissenschaftliche Forschung im Rahmen des Projektes KlimALEZ befasste sich intensiv mit technischen Innovationen zur Verringerung des Basisrisikos. Diese Bemühungen wurden nun bestätigt durch empirische Forschung, welche die Sensibilität von Produzenten gegenüber Basisrisiko bestätigte: Wie Janzen et al. (2021) zeigten, konnte experimentelle Erfahrung und Wissen über die Funktionsweise von

Indexversicherung die Nachfrage von Produzenten nach Indexversicherung in Gegenwart von Basisrisiko nur geringfügig verringern. Diese Forschung zeigt, dass Dissemination wichtig ist, anhaltend starker Fokus jedoch auf die nachhaltige Reduzierung von Basisrisiko durch technische Verbesserungen gelegt werden sollte.

Unsere empirischen Ergebnisse zur Wirkung von Indexversicherung wurden ebenfalls durch Forschung anderer Stellen bestätigt: Zunächst gab jüngste Forschung Belege für ex-ante Effekte auf Investitionen in ertragsreichere Produktion (Bulte et al., 2020; Haile et al., 2020). Weiterhin fanden sich Hinweise auf positive Bündelungseffekte zwischen zertifiziertem Saatgut und Indexversicherung (Bulte et al., 2020), was sich mit den Erfahrungen des Projektes KlimALEZ mit gebündelten Produkten deckt. Bulte et al. (2020) fand weiterhin Belege für eine komplementäre Wirkung zwischen Indexversicherung und anderen Diversifizierungsmaßnahmen wie Einkommen aus nicht-landwirtschaftlicher Tätigkeit. Zuletzt fanden Noritomo and Takahashi (2020), dass Auszahlungen aus Indexversicherung (d.h. ex-post-Wirkung) ärmere Viehhirten in Kenia vor einem Abfall unter die Armutsgrenze bewahrte. Damit war diese Studie die einzige Forschung, welche ähnlich wie das Projekt KlimALEZ (Moritz et al., 2023b) sowohl für ex-ante als auch ex-post-Wirkungen kontrollierte.

Insgesamt bestätigte der jüngste Fortschritt in Praxis und Forschung die Ergebnisse und Erkenntnisse unseres Projektes. Im Bereich der indexbasierten Agrarversicherung bleibt ein großer Bedarf an weiteren Arbeiten. Im Zentrum zukünftiger Anstrengungen sollten insbesondere weitere Dissemination und Kapazitätsaufbau sowie der technischen Reduzierung des Basisrisikos durch noch genauere Indexprodukte stehen.

## Literaturangaben

- Ankrah, D. A., Kwabong, N. A., Eghan, D., Adarkwah, F., & Boateng-Gyambiby, D. (2021). Agricultural insurance access and acceptability: examining the case of smallholder farmers in Ghana. *Agriculture & Food Security*, 10(1), 1-14.
- Benami, E., Jin, Z., Carter, M. R., Ghosh, A., Hijmans, R. J., Hobbs, A., . . . Lobell, D. B. (2021). Uniting remote sensing, crop modelling and economics for agricultural risk management. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(2), 140-159. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00122-y>
- Bobojonov, I., Aw-Hassan, A., & Sommer, R. (2014). Index-based insurance for climate risk management and rural development in Syria. *Climate and Development*, 6(2), 166-178. <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.844676>
- Bobojonov, I., & Goetz, L. (2015). *Pros and cons of subsidizing agricultural insurance programs in the CIS*. Paper presented at the IAMO Forum 2015: Agriculture and Climate Change in Transition Economies, Halle (Saale), Germany.
- Bobojonov, I., & Kuhn, L. (2023). *Ex-post impact of index-based drought insurance - Evidence from an implementation study in Mongolia*. Working Paper.
- Bulte, E., Cecchi, F., Lensink, R., Marr, A., & van Asseldonk, M. (2020). Does bundling crop insurance with certified seeds crowd-in investments? Experimental evidence from Kenya. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 180, 744-757. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2019.07.006>
- Conradt, S., Finger, R., & Spörri, M. (2015). Flexible weather index-based insurance design. *Climate Risk Management*, 10, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2015.06.003>
- Dougherty, J. P., Flatnes, J. E., Gallenstein, R. A., Miranda, M. J., & Sam, A. G. (2020). Climate change and index insurance demand: Evidence from a framed field experiment in Tanzania. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 175, 155-184. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2020.04.016>
- Elabed, G., Bellemare, M. F., Carter, M. R., & Guirkinger, C. (2013). Managing basis risk with multiscale index insurance. *Agricultural Economics*, 44(4-5), 419-431. <https://doi.org/10.1111/agec.12025>
- Eltazarov, S., Bobojonov, I., Kuhn, L., & Glauben, T. (2021). Mapping weather risk – A multi-indicator analysis of satellite-based weather data for agricultural index insurance development in semi-arid and arid zones of Central Asia. *Climate Services*, 23, 100251. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2021.100251>
- Eltazarov, S., Bobojonov, I., Kuhn, L., & Glauben, T. (2023a). Improving risk reduction potential of weather index insurance by spatially downscaling gridded climate data - a machine learning approach. *Big Earth Data*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/20964471.2023.2196830>
- Eltazarov, S., Bobojonov, I., Kuhn, L., & Glauben, T. (2023b). The role of crop classification in detecting wheat yield variation for index-based agricultural insurance in arid and semiarid environments. *Environmental and Sustainability Indicators*, 18, 100250. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100250>
- Emileva, B., Kuhn, L., Bobojonov, I., & Glauben, T. (2023). The role of smartphone-based weather information acquisition on climate change perception accuracy: Cross-country evidence from Kyrgyzstan, Mongolia and Uzbekistan. *Climate Risk Management [under review]*.
- Haile, K. K., Nillesen, E., & Tirivayi, N. (2020). Impact of formal climate risk transfer mechanisms on risk-aversion: Empirical evidence from rural Ethiopia. *World Development*, 130, 104930. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104930>
- Janzen, S., Magnan, N., Mullally, C., Shin, S., Palmer, I. B., Oduol, J., & Hughes, K. (2021). Can Experiential Games and Improved Risk Coverage Raise Demand for Index Insurance? Evidence from Kenya. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(1), 338-361. <https://doi.org/10.1111/ajae.12124>
- Khodjaev, S., Bobojonov, I., Kuhn, L., & Glauben, T. (2023a). An accuracy assessment of satellite-based cotton yield estimation using panel data regression: A case study of Uzbekistan. *Environment, Development and Sustainability, [under review]*.

- Khodjaev, S., Kuhn, L., Bobojonov, I., & Glauben, T. (2023b). Combining UAV-Based Plant Height and Vegetation Indices to Estimate Wheat Yield, a Case Study Germany. *European Journal of Remote Sensing*, [under review].
- Kuhn, L., & Bobojonov, I. (2023). The role of risk rationing in rural credit demand and uptake: lessons from Kyrgyzstan. *Agricultural Finance Review*, 83(1), 1-20. <https://doi.org/10.1108/AFR-04-2021-0039>
- Kuhn, L., Bobojonov, I., & Glauben, T. (2018). *Landwirtschaft in Zeiten der Dürre: Wie Digitalisierung ein nachhaltiges Risikomanagement unterstützen kann*. Retrieved from [https://www.iamo.de/fileadmin/user\\_upload/IAMO\\_Policy\\_Brief\\_35\\_DE.pdf](https://www.iamo.de/fileadmin/user_upload/IAMO_Policy_Brief_35_DE.pdf)
- Moritz, L., Kuhn, L., & Bobojonov, I. (2023a). The role of peer imitation in agricultural index insurance adoption: Findings from lab-in-the-field experiments in Kyrgyzstan. *Review of Development Economics*, in press. <https://doi.org/10.1111/rode.12992>
- Moritz, L., Kuhn, L., Bobojonov, I., & Glauben, T. (2023b). Agricultural index insurance, welfare, and climate resilience: Experimental findings from Uzbekistan. *Journal of Economic Behavior and Organization*, [under review].
- Moritz, L., Kuhn, L., Bobojonov, I., & Glauben, T. (2023c). Assessing peer influence on farmers' climate adaptations: An experimental adoption of index insurance and savings in Uzbekistan. *Journal of Agricultural and Applied Economics* [under revision].
- Noritomo, Y., & Takahashi, K. (2020). Can Insurance Payouts Prevent a Poverty Trap? Evidence from Randomised Experiments in Northern Kenya. *The Journal of Development Studies*, 56(11), 2079-2096. 10.1080/00220388.2020.1736281
- Odening, M., Mußhoff, O., Shynkarenko, R., & Angelucci, F. (2008). Index-based Insurance in Agriculture: A suitable Production Risk Management Tool for ECA. *Final Report on behalf of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Odening, M., & Shen, Z. (2014). Challenges of insuring weather risk in agriculture. *Agricultural Finance Review*, 74(2), 188-199. <https://doi.org/10.1108/AFR-11-2013-0039>
- Ritter, M., Mußhoff, O., & Odening, M. (2014). Minimizing Geographical Basis Risk of Weather Derivatives Using A Multi-Site Rainfall Model. *Computational Economics*, 44(1), 67-86. 10.1007/s10614-013-9410-y
- Santos, F. P., Pacheco, J. M., Santos, F. C., & Levin, S. A. (2021). Dynamics of informal risk sharing in collective index insurance. *Nature Sustainability*, 4(5), 426-432.
- Schmidt, L., Odening, M., Schlanstein, J., & Ritter, M. (2022). Exploring the weather-yield nexus with artificial neural networks. *Agricultural Systems*, 196, 103345. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103345>
- Sharma, S., Sharma, S., & Athaiya, A. (2017). Activation functions in neural networks. *Towards Data Science*, 6(12), 310-316.
- Teh, T.-L., & Woolnough, C. (2019). A Better Trigger: Indices for Insurance. *Journal of Risk and Insurance*, 86(4), 861-885. <https://doi.org/10.1111/jori.12242>
- Vedenov, D. V., & Barnett, B. J. (2004). Efficiency of weather derivatives as primary crop insurance instruments. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 387-403.
- Weltbank. (2019). *Climate Change Knowledge Portal*. Retrieved from: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>
- Xu, W., Filler, G., Odening, M., & Okhrin, O. (2010). On the systemic nature of weather risk. *Agricultural Finance Review*, 70(2), 267-284. <https://doi.org/10.1108/00021461011065283>

## Anhang: Ausgewählte Projektaktivitäten im zeitlichen Ablauf

07.12.2017	Vorbereitendes Treffen der Projektpartner (Berlin)
28.01.2018	Treffen mit Usbekistans Vizeminister für Landwirtschaft und Wasserressourcen auf der Grünen Woche in Berlin IAMO
23.02.2018	Treffen der Projektpartner in Berlin zur Vorbereitung des Kick-off-Workshops
9.-10.04.2018	Kick-off-Workshop KlimALEZ (Halle)
04/2018	Vorstudie in Kirgistan und Usbekistan
07/2018	Datenerhebung ("Framed Field Experiment") in Kirgistan
22.08.2018	Verteidigung der Masterarbeit "Design of Weather Index-based Insurance in Kyrgyzstan"
10/2018	Vorstellung von Projektergebnisse auf dem International Symposium on Water and Land Resources in Central Asia, Almaty, Kasachstan.
13.12.2018	Projektvorstellung in dem CLIENT II-Side Event bei UNFCCC COP 24 in Kattowitz, Polen
25.01.2019:	Jour Fixe des Fachgebietes in Berlin: „The Prediction of Climatic Extremes by means of Extreme Value Theory“
04-05/2019	Baseline Datensammlung (Kirgistan: n=471; Usbekistan: n=700)
05.-13.04.2019	Datenerhebung ("Framed Field Experiment") in Usbekistan
17.06.2019	KlimALEZ Workshop an der Tashkent State Economic University; Vorstellung der Webapp "Small Smart Farmer"; Diskussion mit Experten des Versicherungsunternehmens Gross Insurance
07.01.2019	Präsentation des Projektes auf der UNFCCC COP 24
24.01.2019	Präsentation erster Projektergebnisse auf dem Global Forum for Food and Agriculture 2019
03/2019	Pilotierung Indexversicherung in Usbekistan
17.06.2019	Interim Workshop in Usbekistan
02.08.2019	Politikberatung mündet in Präsidentenerlass zur Reformierung des Versicherungssektors
01.11.2019:	Jour Fixe des Fachgebietes in Berlin: „The estimation of trends in weather Extremes by means of Extreme Value Theory“
01/2020	Verteidigung Master-Arbeit Christine Köchy
16.01.2020	Treffen der Experten der Vereinigten Hagelversicherung, Titel: „Improvement of Weather-Based Index Insurance Design through Extreme Value Theory“
16.01.2020	Treffen mit Agrarminister Usbekistan, Jamshid Khodjaev
05.03.2020	Antrag auf kostenneutrale Verlängerung bis einschließlich November 2021
19.03.2020	Online Projektbesprechung zwischen HUB und IAMO
03/2020	Pilotierung in der Mongolei
05/2020	Projektvorstellung auf der Vortragsreihe "Virtual Seminars on Applied Economics and Policy Analysis in Central Asia"
12.06.2020:	Jour Fixe des Fachgebietes in Berlin: „The Estimation of Tail Probabilities in Weather Extremes by Means of Extreme Value Theory “
24.06.2020	Eine organisierte Sitzung des KlimALEZ Projekts bei dem IAMO Forum 2020 "Digital transformation – towards sustainable food value chains in Eurasia"
11.11.2020	Verteidigung der Masterarbeit "Applying Machine Learning to estimate weather-induced yield losses"

18.12.2020	Jour Fixe des Fachgebietes in Berlin: „The Spatial and Temporal Estimation of Tail Probabilities in Weather Extremes by Means of Extreme Value Theory, Teil A“
03/2021	Betriebsdatensammlung Mongolei (n=542) und Kirgistan (n=1200), Usbekistan (n=1088)
04.06.2021	Jour Fixe des Fachgebietes in Berlin: The Spatial and Temporal Estimation of Tail Probabilities in Weather Extremes by Means of Extreme Value Theory, Teil B
08/2021	Vorstellung Projektergebnisse auf der International Association of Agricultural Economics, Neu-Delhi/online
18.11.2021	KlimALEZ Dissemination Workshop (online)
24.05.2022	Besuch mongolischer Delegation am IAMO/MLU
18.-19.10.2022	Teilnahme an der CASIB Regional Stakeholder Conference
04/2022	Präsentation von Projektergebnissen auf der Annual Conference of The Agricultural Economics Society (AES), Leuven / Belgien
07/2022	Präsentation von Projektergebnissen auf der Jahrestagung der Agricultural & Applied Economics Association (AAEA), Anaheim, USA
09/2022	Präsentation von Projektergebnissen auf der Jahrestagung der European Association of Agricultural Economics (EAAE), Zagreb, Kroatia
10/2022	Präsentation der digitalen Anwendungen des Projekts auf dem „Geo for Good Summit 2022“, California, US.
19.10.2022	KlimALEZ Dissemination Workshop (hybrid)
06.04.2023	Abgabe der Doktorarbeit „Index insurance for agriculture: Adoption behavior and its impact in Central Asia“ (Laura Moritz)
25.05.2023	Abgabe der Doktorarbeit „The potential of satellite-based data to detect weather extremes and crop yield variation for hedging agricultural weather risks in Central Asia and Mongolia: Three essays“ (Sarvarbek Eltazarov)