

Teil I: Kurzbericht

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

CLIENT II
Internationale Partnerschaften
für nachhaltige Innovationen



CLIENT II – Verbundprojekt Landmanagement

Kurzbericht: Locust-Tec Projekt

Zuwendungsempfänger (ZE):	Förderkennzeichen (FKZ):
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)	01LZ1702A
Vermessungsbüro und Geo-Informationszentrum Schwing und Dr. Neureither (VBSUN)	01LZ1702C
Quellwerke GmbH (QW)	01LZ1702D
Horizont group GmbH	01LZ1702E
Vorhabenbezeichnung:	
Locust-Tec - Einführung innovativer und umweltschonender Technologien für das Heuschrecken-Management in Kasachstan	
Laufzeit des Vorhabens: 04/2018 bis 07/2023	
Berichtszeitraum: 04/2018 bis 07/2023	



Vermessungsbüro · Geo-Informationszentrum
Schwing & Dr. Neureither
Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure



Hintergrund und Aufgabenstellung des Projektes

In verschiedenen Regionen der Welt sind Heuschreckenausbrüche und -plagen schon immer eine ernste Bedrohung für die Landwirtschaft, die Ernährungssicherheit und die Umwelt gewesen. In Zentralasien, dem Kaukasus, Südeuropa und Südamerika gab es auch in den letzten Jahren zahlreiche lokale und überregionale Heuschreckenausbrüche verschiedener Heuschreckenarten, in Ostafrika gar eine Plage der Wüstenheuschrecke (2019-2021). Zunehmend heiße und längere Dürrezeiten in temperierten Klimazonen und häufigere außergewöhnliche Starkniederschläge in Wüstengebieten – bedingt auch durch den Klimawandel – begünstigen die Ausbrüche ebenso wie eine Änderung der Landnutzung in den Habitaten der Heuschrecken. Abgesehen von der direkten Bedrohung der Ernährungssicherheit durch Heuschrecken, ist deren Bekämpfung meist mit großräumigem Einsatz giftiger Chemikalien verbunden. Diese Chemikalien führen auch zur Vernichtung von anderen Insekten und Lebewesen, zur Kontamination ganzer Ökosysteme, sowie zur gesundheitlichen Gefährdung der lokalen Bevölkerung. Zur Verbesserung dieser Situation hat das deutsch-kasachische Projekt Locust-Tec in der BMBF-Fördermaßnahme CLIENT-II innovative Technologien zur Überwachung und zur Vorhersage von Heuschreckenausbrüchen in Kasachstan entwickelt und erprobt. Kasachstan, mit insgesamt drei gefährlichen Heuschreckenarten (*Calliptamus italicus*, *Dociostaurus maroccanus*, *Locusta migratoria migratoria*), die durchgehend beobachtet und kontrolliert werden müssen, hat zum einen jahrzehntelange Erfahrung und starke Expertise auf dem Gebiet des Heuschreckenmanagements. Zum anderen gibt es aufgrund der riesigen zu überwachenden Flächen auch viel Potential zur Einführung von neuen Technologien (z.B. im Bereich der Digitalisierung, Anwendung von Satelliten- und Geoinformationsdaten und Reduzierung der Pestizideinsätze). Auf Basis eines multidisziplinären Ansatzes und internationaler Kooperation verfolgte Locust-Tec deshalb drei übergeordnete Ziele:

- 1) Erstellung von fernerkundungsbasierten großflächigen Informationsprodukten zur Beurteilung der Heuschreckenausbruchswahrscheinlichkeit
- 2) Einführung innovativer Monitoring-Techniken zur Überwachung von Heuschreckengebieten
- 3) Erprobung umweltschonender Methoden zur Heuschreckenbekämpfung, die weniger schädlich für den Menschen und die Umwelt sind.

Projekterweiterung und Herausforderungen

Im Verlauf des Projektes gab es zwei Ereignisse, die einen direkten Einfluss auf das Locust-Tec Projekt hatten. Erstens gab es eine außergewöhnliche Plage der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria*) in Ostafrika, Pakistan und Indien (2019-2021). Manche betroffene Regionen haben solch eine Plage seit über 70 Jahren nicht mehr bewältigen müssen (z.B. in Kenia). Deshalb wurden einige im Projekt definierte Aktivitäten zusätzlich auch auf Wüstenheuschrecke und Testgebiete in Ostafrika erweitert. Zweitens konnten aufgrund der Corona-Pandemie und entsprechender Reiseeinschränkung geplante Feldaufenthalte in den Jahren 2020 und 2021 nicht stattfinden. Einige Aufgaben konnten durch Onlineschulungen, Onlineworkshops und Versuche unter Laborbedingungen in Deutschland kompensiert werden. Nichtsdestotrotz musste das Projekt kostenneutral verlängert werden, um die notwendigen Feldkampagnen durchführen zu können.

Ablauf des Vorhabens:

Das Konsortium bestand aus vier deutschen Partnern aus Forschung und Wirtschaft (davon drei KMUs) sowie zwei kasachischen Partnern. Die Aufgaben wurden in fünf Arbeitspakete (AP) gegliedert. Das DLR-DFD agierte als Projektkoordinator (AP 1000) und war für die satellitenbasierten Auswertungen (AP 2000) sowie Dissemination der Ergebnisse (AP 5000) zuständig. Im AP 3000 hat das VBSUN in enger Zusammenarbeit mit Fa. QW eine App für digitale Felddatensammlung und Datenmanagement entwickelt. Des Weiteren wurde von VBSUN der Einsatz einer Drohne für die Erkennung von Heuschreckenakkumulationen als auch verursachten Vegetationsschäden erprobt. Die Fa. Horizont group hatte im AP 4000 die Aufgabe existierende Hochspannungsgitter der Prof. Dr. Frithjof Voss Stiftung (<https://www.voss-stiftung.de/>) in experimentellen Versuchen weiterzuentwickeln und das Potential als zusätzliche, giftfreie Methode der Bekämpfung in der Praxis zu bewerten. Hier wurde sowohl der präventive Bekämpfungsfall (Entwicklungsphase), als auch der Abwehrfall (Ausbruch oder Plage) untersucht. Das Kasachische Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Quarantäne (KRI-PPQ) war der wissenschaftliche Partner

und unterstützte das Projekt sowohl bei Feldkampagnenplanung als auch Experimenten mit der Drohne und elektrischen Gittern. Die regionale Zweigstelle Pavlodar des „Republican Methodological Center of phytosanity diagnostics and forecasts“, der staatlichen Kommission des Agrarsektors des kasachischen Landwirtschaftsministeriums war der wichtigste Nutzer der entwickelten App. Durch die Kooperation mit beiden kasachischen Partnern konnte sichergestellt werden, dass die umfangreichen Feld- und Messkampagnen stets zu optimalen Bedingungen stattfanden und durch das Knowhow lokaler Experten vor Ort unterstützt wurden.

Wesentliche Ergebnisse

Mit Hilfe von Satellitendaten und öffentlich frei zugänglichen Geoinformationsdaten konnten die Habitate der untersuchten Heuschreckenarten räumlich mit besserem Detaillierungsgrad modelliert werden. Eine solche, auf eine bestimmte Spezies ausgerichtete Kartierung mit hoher räumlicher Auflösung, ermöglicht eine verbesserte Priorisierung und Planung beim regelmäßigen Monitoring zur präventiven Bekämpfung und Identifizierung wahrscheinlicher Ausbruchshotspots. Diese Kartierung und die dazu notwendigen Variablen wurden für drei unterschiedliche Heuschreckenarten und drei unterschiedlichen Gebiete (Pavlodar Oblast und Turkistan Oblast in Kasachstan, Awash River Basin in Ostafrika) abgeleitet (AP 2000).

Die entwickelte Locust-Tec Fachschale innerhalb der SUN Mobil App und SUN Mobil Web kann nun als digitaler Ersatz für aktuell im Einsatz benutzte analoge Feldprotokolle eingesetzt werden (im operationellen Betrieb bei der Zweigstelle Pavlodar Oblast). Zusätzliche Management-Funktionen ermöglichen, dass gesammelte Informationen gleichzeitig an verschiedene Entscheidungsträger und Behörden übermitteln werden können. Die Felddaten können nun digital überprüft, abgezeichnet und weitergeleitet werden, sodass eine rasche Bekämpfung betroffener Flächen rechtzeitig stattfinden kann, um die zu behandelten Flächen zu reduzieren und somit einen geringeren Einsatz von Pestiziden zu ermöglichen. Die Erkennung von Heuschreckenakkumulationen und Vegetationsschäden mit Hilfe einer Drohne waren im Fall der *Doclostaurus maroccanus* im Süden Kasachstans möglich. Entscheidend für eine erfolgreiche Detektion waren gute Wetterbedingungen und der ausgewählte Tageszeitpunkt der Befliegung (AP 3000).

Die Entwicklung und Versuche mit dem Hochspannungsgitter haben gezeigt, dass das Konzept unter Realbedingungen und damit verbundener hoher Populationsdichte der Heuschrecken nur zum Teil funktioniert. Aufgrund der sehr hohen Anzahl an Heuschrecken während der grüneren Entwicklungsphasen der Nymphen (präventive Kontrolle) bzw. während einer Plage, konnten am Hochspannungsgitter getestete Materialien nicht über längere Zeit den Massen standhalten. Um dieses Konzept über kleinräumige und experimentelle Nutzung hinaus voranzutreiben, sollten in Zukunft Lösungen gegen das Anhaften von Heuschrecken an den Gitterstäben gefunden werden (AP 4000).

Verwertung

Mit den Aktivitäten im Locust-Tec Projekt konnten zusätzliche Kompetenzen im Anwendungsbereich bzgl. Heuschreckenmanagement gewonnen werden. Neben der Erschließung von potentiellen Partnern in Kasachstan, Usbekistan, Kenia und Äthiopien (z.B. International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE); Intergovernmental Authority on Development (IGAD) Climate Prediction and Applications Centre (ICPAC); Institut für Pflanzenquarantäne und -schutz der Republik Usbekistan), konnten alle Partner auf ihren Gebieten technisches Knowhow für die Thematik erweitern. Weiterführende oder auf das Wissen aufbauende Projekte werden beantragt bzw. laufen bereits. Unsere Projektergebnisse wurden in mehreren wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht und die Daten sind für Interessierte zugänglich bzw. wurden mit kasachischen Partnern über das Locust-Tec GIS geteilt. Die Förderung von wissenschaftlichem Nachwuchs war ein wichtiger Teil des Projektes, sodass insgesamt eine Dissertation, vier Masterarbeiten und drei Bachelorarbeiten abgeschlossen wurden. Im Rahmen des Projektes und der technischen und funktionellen Weiterentwicklung der SUN Mobil App und der Web-Komponente konnten neue Technologien genutzt und Knowhow aufgebaut werden, welches auch auf andere App- und Web-Projekte übertragbar ist. Vor allem ist die Nutzung der PostgreSQL Datenbank und der PostGIS Erweiterung im Bereich der technischen Realisierung von GIS-Anwendungen für den Einsatz in anderen Kundenprojekten sehr interessant und ist daher eine sehr gute Referenz im Vertriebsprozess. Die Applikation SUN Mobil hat nun einen größeren Markt zur Verfügung und

ermöglicht durch die Funktionserweiterung neue Themen zu bedienen. Im Bereich des UAV-Systems, insbesondere bei der Auswertung und Verarbeitung von Multispektralaufnahmen können nun Fragestellungen zur Schadensdetektion auch anderer Arten angegangen werden (z.B. im Bereich der Borkenkäferdetektion in heimischen Wäldern).

Die entwickelten Technologien aus dem Locust-Tec Projekt können skaliert und in anderen Regionen angewendet werden. Auf diese Weise hat das Projekt und dessen Ergebnisse das Potenzial, auch einen wichtigen Beitrag zur weltweiten Ernährungssicherheit (SDG 2) sowie zum Schutz lokaler Ökosysteme (SDG 15) zu leisten. Darüber hinaus leistet das Projekt auch indirekt einen Beitrag zu SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ sowie zu SDG 12 „Nachhaltige/r Konsum und Produktion“ und SDG 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“.

Ein Video gibt eine übersichtliche Zusammenfassung über das Locust-Tec Projekt (Stand Ende 2022):

<https://youtu.be/MvoluD4r87Q>

Wissenschaftliche Ergebnisse der Satellitenfernerkundung und Modellierung können im Detail in folgenden Veröffentlichungen nachvollzogen werden:

- Klein, I., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2021): „*Application of Remote Sensing Data for Locust Research and Management - A Review*“, *Insects* 12(3), 233; <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/3/233/htm>
- Klein, I., van der Woude, S., Schwarzenbacher, F., Muratova, N., Slagter, B., Malakhov, M., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2022): „*Predicting suitable breeding areas for different locust species – A multi-scale approach accounting for environmental conditions and current land cover situation*“, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 107, 102672, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102672>
- Klein, I., Cocco, A., Ureyen, S., Mannu, R., Floris, I., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2022): „*Outbreak of Moroccan locust in Sardinia (Italy): A Remote Sensing Perspective*“, *Remote Sens.* 2022, 14(23), 6050; <https://doi.org/10.3390/rs14236050>
- Klein, I., Ureyen, S., Eisfelder, C., Pankov, V.I., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2023): „*Application of geospatial and remote sensing data to support locust management*“, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 117, 103212, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103212>
- Landmann, T., Agboka, K.M., Klein, I., Abdel-Rahman, E.M., Kimathi, E., Mudereri, B.T., Malenge, B., Mohamed, M.M., Tonnang, H.E. (2023): „*Towards early response to desert locust swarming in eastern Africa by estimating timing of hatching*“, *Ecological Modelling*, 484, 110476, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110476>

Teil II: Eingehende Darstellung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

CLIENT II
Internationale Partnerschaften
für nachhaltige Innovationen



CLIENT II – Verbundprojekt Landmanagement

Schlussbericht

Locust-Tec - Einführung innovativer und umweltschonender Technologien für das Heuschrecken-Management in Kasachstan

Zuwendungsempfänger (ZE):	Förderkennzeichen (FKZ):
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)	01LZ1702A
Vermessungsbüro und Geo-Informationszentrum Schwing und Dr. Neureither (VBSUN)	01LZ1702C
Quellwerke GmbH (QW)	01LZ1702D
Horizont group GmbH	01LZ1702E
Vorhabenbezeichnung:	
Locust-Tec - Einführung innovativer und umweltschonender Technologien für das Heuschrecken-Management in Kasachstan	
Laufzeit des Vorhabens: 04/2018 bis 07/2023	
Berichtszeitraum: 04/2018 bis 07/2023	



Vermessungsbüro · Geo-Informationszentrum

Schwing & Dr. Neureither

Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	6
1. Aktivitäten und erzielte Ergebnisse.....	10
1.1 Arbeitspaket 1000 Projektleitung	10
1.1.1 DLR-DFD.....	10
1.2 Arbeitspaket 2000 Vorhersage.....	15
1.2.1 DLR-DFD.....	15
1.3 Arbeitspaket 3000 Monitoring	22
1.3.1 Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither.....	22
1.3.2 Quellwerke GmbH	39
1.3.3 Pavlodar „Republican Methodological Center of Phytosanity Diagnostics and Forecasts“	45
1.3.4 Kasachisches Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Quarantäne (KRI-PPQ)	45
1.4 Arbeitspaket 4000 Bekämpfung.....	46
1.4.1 Horizont group GmbH	46
1.4.2 Kasachisches Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Quarantäne (KRI-PPQ)	52
1.5 Arbeitspaket 5000 Dissemination	53
1.5.1 DLR-DFD.....	53
1.5.2 Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither.....	56
2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	57
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	57
4. Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	58
4.1 DLR-DFD.....	58
4.2 Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither	58
4.3 Quellwerke GmbH	58
4.4 Horizont group GmbH	59
5. Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	59
6. Veröffentlichungen der Ergebnisse.....	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Workshop in Almaty und Konferenz in Astana, Kasachstan (Oktober 2018).	11
Abbildung 2: Workshop in Deutschland mit kasachischen Kollegen (Dezember 2018).	11
Abbildung 3: Feldkampagne Turkistan Oblast, Kasachstan (April 2019).....	11
Abbildung 4: Feldkampagne Pavlodar Oblast, Kasachstan (Juni 2019).....	12
Abbildung 5: Training in Pavlodar Oblast, Kasachstan (September 2019).....	12
Abbildung 6: Feldkampagne Turkistan Oblast, Kasachstan (Mai 2022).	12
Abbildung 7: Feldkampagne Pavlodar Oblast, Kasachstan (Juli 2022).....	13
Abbildung 8: Feldkampagne Turkistan Oblast, Kasachstan (April 2023).....	13
Abbildung 9: Workshop in Turkistan, Kasachstan mit Stakeholdern (April 2023).	13
Abbildung 10: Feldkampagne und Training Pavlodar Oblast, Kasachstan (Juni 2023).	14
Abbildung 11: Workshop in Astana, Kasachstan mit Stakeholdern (Juni 2023).	14
Abbildung 12: Workshop in Nairobi, Kenia mit Stakeholdern (Juli 2023).	14
Abbildung 13: Landbedeckung und Landnutzungscharakteristika für die drei Untersuchungsgebiete des Projektes (Klein et al., 2022).	15
Abbildung 14: Exemplarische Darstellung ausgewählter Variablen zur Bestimmung von Umweltsituation und dessen Wirkung auf die Dynamik der Heuschreckenpopulation (Klein et al., 2023).....	16
Abbildung 15: Schematischer Workflow für die Modellierung von Ökologischer Nische und Habitat Suitability (Klein et al., 2022).....	17
Abbildung 16: Ökologische Nische (links) und Habitat Suitability (rechts) für die Italienische Schönheuschrecke in Pavlodar Region, Kasachstan (Klein et al., 2022).	18
Abbildung 17: Ökologische Nische (links) und Habitat Suitability (rechts) für die Marokkanische Heuschrecke in Turkistan Region, Kasachstan (Klein et al., 2022).	18
Abbildung 18: Ökologische Nische (links) und Habitat Suitability (rechts) für die Marokkanische Heuschrecke im Einzugsgebiet des Awash Flusses, Ostafrika (Klein et al., 2022).....	19
Abbildung 19: Schematischer Workflow und Zusammenhang zwischen Umweltvariablen und Beginn von Heuschrecken-Schlüpfung (Details zu Variablen und Grenzwerten in Klein et al., 2023).....	19
Abbildung 20: Vegetationsdynamik über das Jahr 2018 für verschiedener Anbausorten in der Region Turkistan, Kasachstan.....	20
Abbildung 21: Vergleich der Vegetationsdynamik über das Jahr 2018 für Kulturen, die sich anhand von Satellitendaten gut (links) bzw. weniger gut (rechts) unterscheiden lassen.	20
Abbildung 22: Landnutzungsklassifikation in Baidibek Rayon (links) und Kazygurt Rayon (rechts), Turkistan Region.....	21
Abbildung 23: Flächenanteile verschiedener Kulturen in untersuchten Gebieten.....	21
Abbildung 24: UAV-System DJI Matrice 2 mit RGB-Kamera Zenmuse X5S und Multispektralkamera Altum inkl. Lichtsensor.	22
Abbildung 25: UAV-System im Einsatz bei der Befliegung eines befallenen Gebietes im Oblast Turkistan, Rayon Kazygurt.....	23
Abbildung 26: Durch Heuschreckennymphen abgefressene bzw. gestresste Vegetation (links Klee, rechts Grass).....	24
Abbildung 27: Ansammlung von Heuschreckennymphen (Turkistan Oblast, links Mai 2022 und rechts April 2018).	24
Abbildung 28: RGB-Aufnahme bei einem Drohnenflug über das befallene Gebiet (Turkistan Oblast, April 2018).	25

Abbildung 29: Zusammengesetzte Luftbildkarte aus RGB Bildern einer UAV Befliegung von 100 ha..	25
Abbildung 30: Ermittlung verschiedener NDVI-Werte aus den Multispektralaufnahmen derselben Fläche. Abbildung oben vom 29.04.2023 und unten vom 02.05.2023	26
Abbildung 31: Rote Flächen stellen eine Erhöhung des Vegetationsstress im Befliegungszeitraum dar.	27
Abbildung 32: Kohlfeld vor der Ernte (links oben), unterschiedliche Maisarten auf einem Experimentierfeld (rechts oben), unterschiedliche Entwicklungsstadien von Kohl auf einem Feld (unten).....	28
Abbildung 33: Locust Tec Objekt-Spezifikation: weiße Attribute sind Eingabefelder, welche in der Applikation teilweise über Stammdatenfelder realisiert wurde, die orangenen Attribute werden automatisiert berechnet und die roten Attribute werden aus der Applikations-Karte entnommen (automatisiert übertragene Flächengröße von Polygonen).....	29
Abbildung 34: Lebenszyklus und Zeitpunkt der Felduntersuchungen im Oblast Pavlodar.....	31
Abbildung 35: Monitoring-Phasen der Heuschrecken in SUN Mobil web.	31
Abbildung 36: Monitoring-Phasen der Heuschrecken in SUN Mobil App.....	32
Abbildung 37: SUN Mobil App, Fachschale Locust-Tec - Dateneingabe 1.	33
Abbildung 38: SUN Mobil App, Fachschale Locust-Tec - Dateneingabe 2.	33
Abbildung 39: Erfassung der befallenen Fläche über in der Karte der SUN Mobil App.....	33
Abbildung 40: Erfassung von befallenen Flächen durch Umfahren.....	34
Abbildung 41: Filter "zu behandelnde, mit Nymphen befallene Fläche 2023"	34
Abbildung 42: Ausgabe Datenblatt je eine zu behandelnde Fläche.....	35
Abbildung 43: Feldschulung der App im Oblast Turkistan, Mai 2023.	35
Abbildung 44: App- und Web-Schulung im Oblast Pavlodar, Juni 2023.	36
Abbildung 45: Befallene Flächen im Oblast Pavlodar in unterschiedlichen Jahren (oben) und entsprechende Anzahl Heuschreckennymphen je Quadratmeter in diesen Flächen (unten).....	37
Abbildung 46: Statistische Auswertung auf Rayon-Ebene im Oblast Pavlodar.....	38
Abbildung 47: Live-View auf die in SUN Mobil erfassten Daten in Locust-GIS visualisiert.	38
Abbildung 48: Kartenansicht in SUN Mobil Web mit Open Street Map.	41
Abbildung 49: Kartenansicht Objekt-Detailseite in SUN Mobil Web mit Luftbild.....	41
Abbildung 50: Festlegung eines Datenfeldes als Calculated Value Feld.	42
Abbildung 51: Beispiel Berechnerklasse für Anzahl Nymphen pro Quadratmeter.....	43
Abbildung 52: Ansicht Benutzerverwaltung im SUN Mobil Web Admin Panel.....	43
Abbildung 53: Prototyp Nr. 1 im stehenden Einsatz (links) und im liegenden Einsatz mit Fangplane (rechts).	47
Abbildung 54: Skizze zum Prototyp Nr. 2.	47
Abbildung 55: Prototyp Nr. 2 im Feld beim zweiten Prä-Test in 2022.....	48
Abbildung 56: Skizze von Prototyp Nr. 3 (links) und im Feld (rechts).	48
Abbildung 57: Ein Band (Akkumulation von Heuschrecken im Nymphenphase) der Marokkanischen Wanderheuschrecke während der Feldkampagne in April 2023.....	49
Abbildung 58: Finale technische Zeichnung Prototyp Handgitter (left) erster Prototyp Handgitter (right).....	51
Abbildung 59: Fertige Prototypen mit unterschiedlichen Gitterabständen (links) und Versuchsaufbau unter Laborbedingungen (rechts).	52
Abbildung 60: Auszug Medien-Echo auf das Locust-Tec Projektvideo.	55

Zusammenfassung

Hintergrund

In verschiedenen Regionen der Welt sind Heuschreckenausbrüche und -plagen schon immer eine ernste Bedrohung für die Landwirtschaft, die Ernährungssicherheit und die Umwelt gewesen. In Zentralasien, dem Kaukasus, Südeuropa und Südamerika gab es auch in den letzten Jahren zahlreiche lokale und überregionale Heuschreckenausbrüche verschiedener Heuschreckenarten, in Ostafrika, Indien und Pakistan gar eine Plage (*upsurge*) der Wüstenheuschrecke (2019-2022). Heuschreckenausbrüche und -plagen verursachen hohe wirtschaftliche Schäden und bedrohen die Existenzgrundlage lokaler Bevölkerung. Zunehmend heiße und längere Dürrezeiten in temperierten Klimazonen und häufigere außergewöhnliche Starkniederschläge in Wüstengebieten – bedingt auch durch den Klimawandel – begünstigen die Ausbrüche ebenso wie eine Änderung der Landnutzung in natürlichen Habitaten der Heuschrecken. Abgesehen von der direkten Bedrohung der Ernährungssicherheit durch Heuschrecken, ist deren Bekämpfung meist mit großräumigem Einsatz giftiger Chemikalien verbunden. Diese Chemikalien führen auch zur Vernichtung von anderen Insekten und Lebewesen, zur Kontamination ganzer Ökosysteme, sowie zur gesundheitlichen Gefährdung der Menschen.

Projekt und Ziele

Zur Verbesserung dieser Situation hat das deutsch-kasachische Projekt Locust-Tec in der BMBF-Fördermaßnahme CLIENT-II innovative Technologien zur Überwachung und zur Vorhersage von Heuschreckenausbrüchen in Kasachstan entwickelt und erprobt. Kasachstan, mit insgesamt drei gefährlichen Heuschreckenarten (Italienische Schönschrecke (*Calliptamus italicus*, CIT), Marokkanische Wanderheuschrecke (*Doclostaurus maroccanus*, DMA), Asiatische Wanderheuschrecke (*Locusta migratoria migratoria*, LMI)), die durchgehend standardisiert beobachtet und kontrolliert werden müssen, hat zum einen jahrzehntelange Erfahrung und starke Expertise auf dem Gebiet des Heuschreckenmanagements. Zum anderen gibt es aufgrund der riesigen zu überwachenden Flächen (Kasachstan ist mit 2,7 Mio. km² nahezu 8-mal so groß wie Deutschland) auch enorm viel Potential zur Verbesserung und Einführung von neuen Technologien. So z.B. im Bereich der Digitalisierung, Anwendung von Satelliten- und Geoinformationsdaten und Maßnahmen zur Reduzierung der Pestizideinsätze. Auf Basis eines multidisziplinären Ansatzes und internationaler Kooperation verfolgte das Locust-Tec Projekt deshalb drei übergeordnete Ziele:

- 1) Erstellung von fernerkundungsbasierten großflächigen Informationsprodukten zur Beurteilung der Heuschreckenausbruchswahrscheinlichkeit
- 2) Einführung innovativer Monitoring-Techniken zur Überwachung von Heuschreckengebieten
- 3) Erprobung umweltschonender Methoden zur Heuschreckenbekämpfung, die weniger schädlich für den Menschen und die Umwelt sind (Tabelle 1).

Projekterweiterung und Herausforderungen

Im Verlauf des Projektes gab es zwei Ereignisse, die einen direkten Einfluss auf das Locust-Tec Projekt hatten. Erstens gab es eine außergewöhnliche Plage der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria*) in Ostafrika, Pakistan und Indien (2019-2021). Manche betroffene Regionen haben solch eine Plage seit über 70 Jahren nicht mehr bewältigen müssen (z.B. in Kenia). Deshalb wurden einige im Projekt definierte Aktivitäten zusätzlich auch auf Wüstenheuschrecke und Testgebiete in Ostafrika erweitert. Zweitens konnten aufgrund der Corona-Pandemie und entsprechender Reiseeinschränkung geplante Feldaufenthalte in den Jahren 2020 und 2021 nicht stattfinden. Einige Aufgaben konnten durch Onlineschulungen, Onlineworkshops und Versuche unter Laborbedingungen in Deutschland kompensiert werden. Nichtsdestotrotz musste das Projekt kostenneutral verlängert werden, um die notwendigen Feldkampagnen durchführen zu können.

Konsortium und Ergebnisse

Das Konsortium des Locust-Tec Projektes bestand aus vier deutschen Partnerinstitutionen aus Forschung und Wirtschaft (davon drei KMUs) sowie zwei kasachischen Projektpartnern. Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) als Institut des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) agierte als Projektkoordinator und war für die satellitenbasierten Auswertungen sowie Dissemination der Ergebnisse zuständig. Mit Hilfe von Satellitendaten (z.B. Sentinel und Landsat) und zahlriechen öffentlich frei zugänglichen Geoinformationsdaten (z.B. Bodencharakteristika, Bodenfeuchte, Temperatur, Niederschlag) konnten die Habitate der drei untersuchten Heuschreckenarten räumlich mit besserem Detaillierungsgrad modelliert werden. Eine solche, auf eine bestimmte Spezies ausgerichtete, Kartierung mit höherer räumlicher Auflösung ermöglicht verbesserte Priorisierung und Planung beim regelmäßigen Monitoring zur präventiven Bekämpfung und Identifizierung wahrscheinlicher Ausbruchshotspots (siehe Kapitel 1.1, 1.2, 1.5). Das Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither (VBSUN) entwickelte in enger Zusammenarbeit mit der Firma Quellwerke GmbH (QW) eine Applikation für digitale Felddatensammlung. Das Ergebnis besteht aus der SUN Mobil App Locust-Tec Fachschale und SUN Mobil Web Anwendungen und kann zum einen als digitaler Ersatz für aktuell im Einsatz benutzte analoge Feldprotokolle eingesetzt werden, die aufgrund von vielen Automatismen weit weniger fehleranfällig sind. Zum anderen wurden zusätzliche Management-Funktionen und unterschiedliche Benutzergruppen implementiert, sodass gesammelten Informationen gleichzeitig an verschiedene Entscheidungsträger und Behörden übermitteln werden können. Die Daten können nun digital überprüft, abgezeichnet und weitergeleitet werden, sodass eine rasche Behandlung betroffener Flächen rechtzeitig stattfinden kann. Der zeitliche Faktor zwischen Feststellung von qualitativem und quantitativem Parameter bzgl. Heuschreckpopulation im Feld und der tatsächlichen Bekämpfung ist von hoher Bedeutung für die Reduzierung der zu behandelten Flächen und somit weniger Einsatz von Pestiziden. VBSUN hat zusätzlich den Einsatz einer Drohne (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) für die Erkennung von Heuschreckenakkumulationen als auch durch Heuschrecken verursachten Vegetationsschäden erprobt (siehe Kapitel 1.3).

Die Firma Horizont group hatte die Aufgabe existierende elektrische Gitter der Prof. Dr. Frithjof Voss Stiftung – Stiftung für Geographie (zwei Gebrauchsmuster zur Bekämpfung von Schadfluginsekten mit Hochspannungsgitter) in experimentellen Versuchen weiterzuentwickeln und das Potential als zusätzliche, giftfreie Methode der Heuschreckenbekämpfung in der Praxis zu bewerten. Hier wurden sowohl der präventive Bekämpfungsfall (während der Entwicklungsphase), als auch der Abwehrfall (während einem Ausbruch oder Plage) untersucht (siehe Kapitel 1.4).

Das Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Quarantäne (KRI-PPQ) war der wissenschaftliche Kooperationspartner in Kasachstan und unterstützte das Projekt sowohl bei Feldkampagnenplanung als auch Experimenten mit UAV und elektrischen Gittern. Die regionale Zweigstelle Pavlodar des „Republican Methodological Center of phytosanity diagnostics and forecasts“, der staatliche Kommission des Agrarsektors des kasachischen Landwirtschaftsministeriums war der wichtigste Nutzer und trug mit seiner Expertise und Wünschen entscheidend zu der letztendlich entwickelten digitalen Lösungen der Fachschule Locust-Tec innerhalb der SUN Mobil Applikation bei. Durch die Kooperation konnte sichergestellt werden, dass umfangreiche Feld- und Messkampagnen stets zu optimalen Bedingungen stattfanden und durch das Wissen und die Erfahrungen lokaler Experten vor Ort unterstützt wurden.

Übergeordneter Bezug

Dank der Informationen aus dem verbesserten Monitoring können die Verantwortlichen nun früher mit der Bekämpfung akuter Ausbrüche beginnen. Ausbrüche, die noch im Anfangsstadium sind, können besser mit umweltschonenden Methoden, wie etwa Biopestiziden, traditionellen oder mechanischen Strategien bekämpft werden. Auf diese Weise kann man den großräumigen Einsatz von Insektiziden erheblich reduzieren, um negative Auswirkungen auf die Umwelt und Bodenbelastung minimal zu halten. Durch verbessertes Monitoring wird auch die Lebensgrundlage von lokaler Bevölkerung gesichert, landwirtschaftliche Produktion und Nahrungsmittelsicherheit gewährleistet und die Kosten für die Bekämpfung minimiert.

Die entwickelten Technologien aus dem Locust-Tec Projekt können skaliert und in anderen Regionen angewendet werden. Auf diese Weise hat das Projekt und dessen Ergebnisse das Potenzial, auch einen wichtigen Beitrag zur weltweiten Ernährungssicherheit (SDG 2) sowie zum Schutz lokaler Ökosysteme (SDG 15) zu leisten. Darüber hinaus leistet das Projekt auch indirekt einen Beitrag zu SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ sowie zu SDG 12 „Nachhaltige/r Konsum und Produktion“ und SDG 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“.

Tabelle 1: Vorgegebene übergeordnete Projektziele.

Projektziele	Maßnahmen	Ergebnisse und Erfolgsindikatoren
<p>Ziel 1: Verbesserte Heuschrecken Vorhersage</p>	<p>Erstellung von fernerkundungsbasierten raumzeitlichen Informationsprodukten</p>	<p>1) Variablen wurden anhand Fachliteratur und Expertenbefragung identifiziert 2) Informationsprodukte für eine Modellierung der Habitate bzw. Ökologische Nische Differenzierung wurden erstellt 3) Kartierung potentieller Ausbruchsgebiete wurde abgeschlossen 4) Anwendbarkeit wurde auf zwei Regionen in Kasachstan entwickelt und auf zwei weitere Regionen übertragen (Sardinien in Italien und Awash River Basin in Ostafrika) 5) Daten wurden an Partner/Stakeholder übergeben</p>
<p>Ziel 2: Verbessertes und effizientes Heuschrecken Monitoring</p>	<p>Einführung innovativer Monitoring Techniken im Zeitalter der Digitalisierung</p>	<p>1) Innovative Techniken mit Hilfe einer spezialisierten Applikation für die Überwachung von Heuschreckenhabitaten wurde entwickelt und implementiert 2) Überwachung mit UAV wurde erfolgreich getestet und kasachischen Partnern vorgestellt und trainiert 3) Locust-GIS wurde für den Einsatz zum Heuschrecken-Monitoring entwickelt und den Nutzern vorgestellt und übergeben</p>
<p>Ziel 3: Umweltschonende Heuschreckenbekämpfung</p>	<p>Erprobung umweltschonender Methoden zur Heuschreckenbekämpfung</p>	<p>1) Elektrogitter wurden zur präventiven Heuschreckenbekämpfung in Kasachstan angepasst und ihre Nutzbarkeit wurde im Feld getestet 2) Elektrogitter wurden zur Heuschreckenbekämpfung während einer Plage in Ostafrika angepasst und ihre Nutzbarkeit wurde unter Laborbedingungen getestet</p>

1. Aktivitäten und erzielte Ergebnisse

1.1 Arbeitspaket 1000 Projektleitung

1.1.1 DLR-DFD

Die Koordination und das Management dieses internationalen Projektes mit insgesamt vier deutschen Partnern, zwei kasachischen Partnern und zahlreichen Stakeholdern in Zentralasien und Ostafrika stellte für das Erreichen der Projektziele eine essentielle und sehr umfangreiche Aufgabe dar. Neben der administrativen Komponente war die wissenschaftliche Koordination der interdisziplinären Thematik des Heuschreckenmanagements von größter Bedeutung. Hierfür war fundiertes Wissen über den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik in den entsprechenden Arbeitsbereichen des Projektverbundes vonnöten. Die wesentlichen Aufgaben und erreichte Ergebnisse werden im Folgenden kurz erläutert.

Administrative Projektkoordination

Monitoring des Projektfortschritts und Berichterstattung

Das Monitoring und die Bewertung des Projektfortschritts wurde durch kontinuierliche Kommunikation mit allen deutschen und kasachischen Projektpartnern sichergestellt und schließt Aktivitäten im Berichtswesen ein. Zu Ende eines Kalenderjahres wurden Zwischenberichte verfasst, die den aktuellen Stand der Arbeiten und ggfls. aufkommende Herausforderungen dokumentieren.

Etablierung von Wissenstransfer zwischen den Arbeitspaketen

Der hohe Grad an Interdisziplinarität des Projektes verlangte eine umfassende Verknüpfung und regelmäßigen Austausch von Daten, Informationen und Wissen zwischen den einzelnen thematischen Arbeitsbereichen innerhalb des Konsortiums. Hierzu wurden umfangreiche Möglichkeiten zur projektinternen Kommunikation geschaffen und aktiv gefördert – wie E-Mail Verteiler, WhatsApp-Gruppen, eine Projekt-Webseite, regelmäßige Onlinekonferenzen, multilaterale und bilaterale Arbeitstreffen.

Organisation von Projekttreffen und Feldkampagnen

Insgesamt wurden sechs gemeinsame, groß angelegte Feld- und Messkampagnen mit Unterstützung der lokalen Partnerorganisationen in verschiedenen Regionen in Kasachstan durchgeführt. Zusätzlich gab es Trainings für kasachische Mitarbeiter vor Ort als auch Onlineschulungen um vor allem die SUN Mobil Locust-Tec Applikation (vgl. AP 3000) nach Wünschen der kasachischen Partner zu gestalten. Des Weiteren gab es insgesamt fünf Workshops mit verschiedenen Stakeholdern, die über das Projekt und anwendbare Ergebnisse informiert wurden (Auswahl an Fotos Abb. 1-12).



Abbildung 1: Workshop in Almaty und Konferenz in Astana, Kasachstan (Oktober 2018).

Mosbacher Büro hilft im Kampf gegen Heuschreckenplage

Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither bei Forschungsprojekt in Kasachstan dabei – Empfang kasachischer Forscher im Rathaus

Mosbach. (dore/pm) Premiere für Mosbach: Erstmals kam die Bürgermeisterin Michael Keilbach eine Delegation aus Kasachstan in der Fachwerkstadt begrüßen. Vor dem offiziellen Empfang im Rathaus nahmen die kasachischen Forscher an einer zweitägigen Fachtagung im Mosbacher Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither teil. Grund ist ein Forschungsprojekt zur Bekämpfung der Heuschreckenplage in Kasachstan, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert wird. In das Forschungsprojekt ist neben einigen anderen Institutionen, wie z.B. der DLR (Deutsche Luft- und Raumfahrtgesellschaft), auch das Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither involviert.

Bürgermeister Michael Keilbach freute sich über den Besuch der kasachischen Delegation und überreichte als Gastgeschenk kleine „Lumpenglöckchen“. Die Gäste aus Kasachstan übergeben im Gegenzug ein Modell eines symbolträchtigen Gebäudes der Hauptstadt Astana und kasachische Spezialitäten. „Ich hoffe, wir können unsere Projektziele erreichen und darüber hinaus zusammenarbeiten“, sagte der Direktor der kasachischen Forschungsdelegation.

In Jahr 2014 wurde in Kasachstan ein Gebiet von 6 600 000 Hektar von Heuschrecken befallen. Insektizidbehandlungen werden jedes Jahr auf riesige Gebiete angewandt – mehr als 5,2 Millionen Hektar 2014, eine Fläche größer als Nie-

dersachsen. Die Kosten für die chemischen Behandlungen sind enorm. Nach Angaben des kasachischen Ministeriums für Landwirtschaft wurden im Jahr 2014 15,8 Millionen Dollar für vorbeugende Maßnahmen gegen Heuschrecken eingesetzt. Neben den Kosten sind die Auswirkungen der chemischen Bekämpfung für Mensch und Natur gewaltig.

Mit dem Forschungsprojekt „Locust-Tee“ sollen deshalb innovative und umweltschonende Technologien für das Heuschrecken-Management in Kasachstan eingeführt werden. Es befasst sich mit innovativen Lösungsansätzen zur Vor-



Das Mosbacher Büro Schwing & Dr. Neureither hilft beim Forschungsprojekt zur Bekämpfung der Heuschreckenplage in Kasachstan. Eine kasachische Forscherdelegation war nun bei einer Fachtagung in Mosbach zu Gast und wurde im Rathaus empfangen. Foto: D. Rechner

hersage von Heuschreckenausbrüchen, effektivem Heuschrecken-Monitoring (Dauerbeobachtung) sowie der Entwicklung einer umweltschonenden Bekämpfung. Dabei sollen Technologien der Fernerkundung (Satellitendatenauswertung und -interpretation), der Drohnenvermessung, der mobilen Geodaten-erfassung, der Ergebnisdokumentation in einem Geoinformationssystem und der mechanischen und somit insektizidfreien Heuschreckenbekämpfung zu einem verbesserten Heuschrecken-Management beitragen.

Das Vermessungsbüro und Geoinfor-

mationszentrum Schwing & Dr. Neureither aus Mosbach ist in dem Projekt „Locust-Tee“ für drei zentrale Aufgaben verantwortlich. Dazu gehört das Aufspüren von Heuschreckenbrutgebieten mit Hilfe einer Befliegung durch Vermessungsdrohnen, ausgestattet mit speziellen Kameras. Eine weitere Aufgabe ist die Weiterentwicklung einer vom Büro Schwing & Dr. Neureither bereits im Jahr 2013 entwickelten mobile Geodaten-erfassungskomponente (Sun-Mobil-App) auf Tablets, mit der die kasachischen Partner Zusatzinformationen bei Feldbegehungen der potenziellen Brutgebietsflächen erfassen können. Die Programmierung und Weiterentwicklung von Sun-Mobil im Zuge des Projektes „Locust Tee“ wird durch das Eberbacher Unternehmen Quellwerke realisiert. Nicht zuletzt ist das Büro Schwing & Dr. Neureither für den Aufbau einer Geodatenbank zuständig, in der u.a. Satelliten- und Drohnenbilder sowie Sachdaten zu den Heuschrecken und Brutgebieten zusammengeführt werden.

„Eine wichtige Rolle spielen unsere kasachischen Partner als Experten vor Ort. Sie machen seit Jahren Feldbegehungen“, so Thorsten Schwing vom Büro Schwing & Dr. Neureither. Der Projektstart war im April 2018. Im Frühjahr 2019 steht die erste Testphase der „Prototypen“ an, die im Augenblick entwickelt werden. Das Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren und endet im Frühjahr 2021.

Abbildung 2: Workshop in Deutschland mit kasachischen Kollegen (Dezember 2018).



Abbildung 3: Feldkampagne Turkistan Oblast, Kasachstan (April 2019).



Abbildung 4: Feldkampagne Pavlodar Oblast, Kasachstan (Juni 2019).



Abbildung 5: Training in Pavlodar Oblast, Kasachstan (September 2019).



Abbildung 6: Feldkampagne Turkistan Oblast, Kasachstan (Mai 2022).



Abbildung 7: Feldkampagne Pavlodar Oblast, Kasachstan (Juli 2022).



Abbildung 8: Feldkampagne Turkistan Oblast, Kasachstan (April 2023).



Abbildung 9: Workshop in Turkistan, Kasachstan mit Stakeholdern (April 2023).



Abbildung 10: Feldkampagne und Training Pavlodar Oblast, Kasachstan (Juni 2023).



Abbildung 11: Workshop in Astana, Kasachstan mit Stakeholdern (Juni 2023).



Abbildung 12: Workshop in Nairobi, Kenia mit Stakeholdern (Juli 2023).

1.2 Arbeitspaket 2000 Vorhersage

In diesem Arbeitspaket stand die Anwendung von Satellitendaten und großräumige Kartierung von Heuschreckenhabitat und deren Differenzierung um Gebiete zu identifizieren, die sich stärker für mögliche Ausbrüche. Das Arbeitspaket beinhaltet auch im Projektverlauf ausgeweitete Aufgaben bzgl. der Wüstenheuschreckenplage in Ostafrika. Des Weiteren wurde hier auch satellitenbasiertes Monitoring der landwirtschaftlichen Anbausysteme durchgeführt. Die wesentlichen Aufgaben und erreichte Ergebnisse werden im Folgenden erläutert und zusammengefasst.

1.2.1 DLR-DFD

Fernerkundungsbasierte statische und dynamische Basis-Parameter Landbedeckungs- und Landnutzungscharakteristika

In diesem Task erfolgte eine fernerkundungsbasierte Erstellung von Landbedeckungs- und Landnutzungskarten für die drei Locust-Tec Untersuchungsgebiete (Abbildung 13). Auf Basis aktueller Satellitendaten (Sentinel-1 und Sentinel-2) als auch historischen Landsat-Daten wurde die derzeitige Verteilung von Landbedeckungs- und Landnutzungsklassen abgeleitet und zusätzlich historische Landnutzungsdatensätze erstellt, um vor allem Gebiete zu identifizieren, die früher für landwirtschaftlichen Anbau genutzt wurden. Die Identifikation von Flächen, die nicht mehr für Anbau genutzt werden, sind für die Verbreitung und Populationsentwicklung der beiden Heuschreckenarten CIT und DMA von großer Bedeutung.

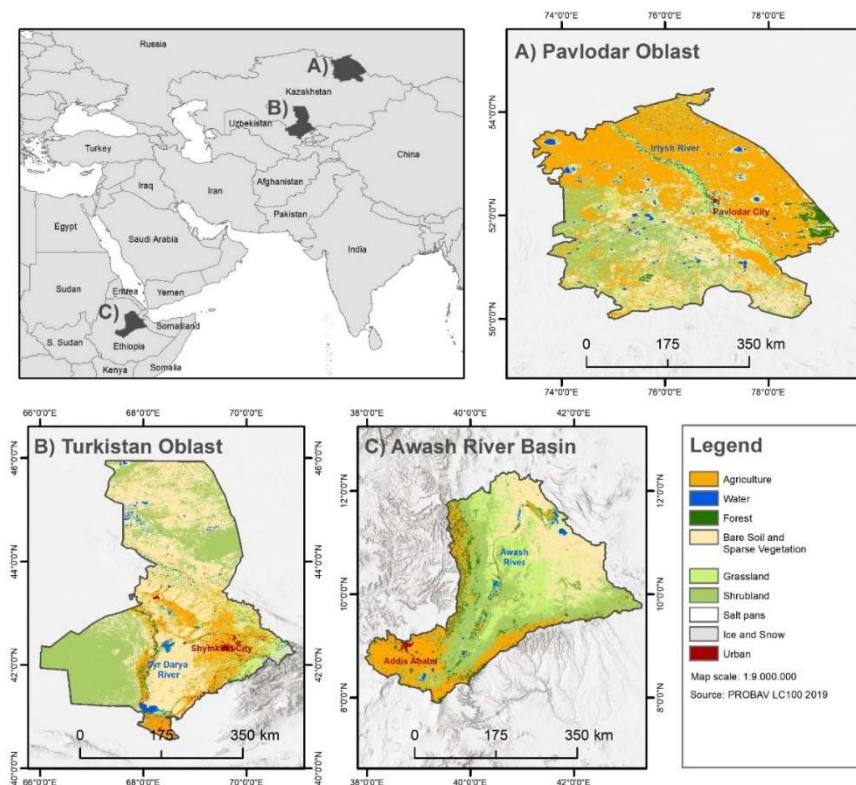


Abbildung 13: Landbedeckung und Landnutzungscharakteristika für die drei Untersuchungsgebiete des Projektes (Klein et al., 2022).

Vegetationsdichte, klimatischer Variablen, Dürreindizes

Für die Durchführung einer Modellierung und Vorhersage war die Aufbereitung und Ableitung von Variablen, die sich begünstigend auf Heuschreckenpopulation und -entwicklung auswirken notwendig. Diese Variablen wurden in einer aufwendigen Recherche und Diskussionen mit lokalen Experten ermittelt. Anschließend wurde ermittelt aus welchen freien Quellen diese Variablen als flächendeckenden Datensatz (Geoinformationsdaten) verfügbar bzw. ableitbar sind. Eine Auswahl für das Untersuchungsgebiet Pavlodar in Nord-Ost-Kasachstan ist in der Abbildung 14 dargestellt.

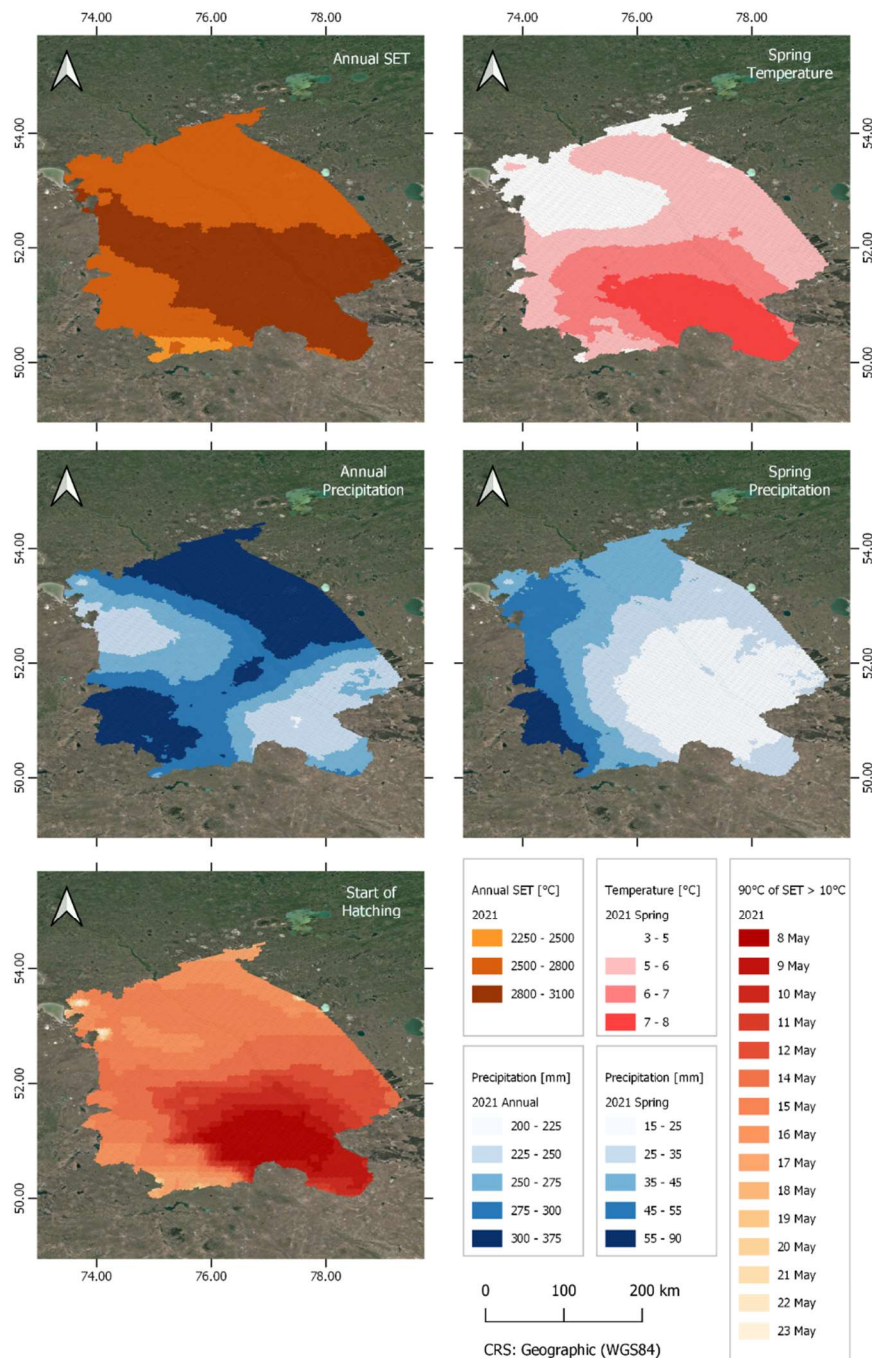


Abbildung 14: Exemplarische Darstellung ausgewählter Variablen zur Bestimmung von Umweltsituation und dessen Wirkung auf die Dynamik der Heuschreckenpopulation (Klein et al., 2023).

Informationsprodukte für das Heuschrecken- und Landmanagement

Habitatkartierungen und Vorhersagekarten der Heuschreckenwahrscheinlichkeit

Die Ausweisung von Habitatgebieten innerhalb derer Heuschreckenausbrüche mit hoher Wahrscheinlichkeit auftreten können, erfolgte auf Basis zwei unterschiedlicher Modelle. Zum einen wurden recherchierte Parameter in einem *Ecological Niche Model* (ENM) verwendet. Zum anderen wurde begünstigende und ausschließende Parameter mit hoher räumlicher Auflösung in einem *Habitat Suitability Index* (HSI) Model angewendet. Für beide Modelle wurden Felddaten bzgl. der Anwesenheit von Heuschrecken verwendet. Der methodische Ansatz und die Wirkung der verschiedenen Variablen sind in der Abbildung 15 skizziert. Der Index des ENM gibt eine Information in wie weit entscheidende Umweltparameter wie z.B. klimatische Variablen, Bodenart und Bodenfeuchte, Vegetationsdichte, Geländeparameter eine Verbreitung der unterschiedlichen Heuschreckenarten ermöglichen. HSI berücksichtigt zusätzlich vor allem menschliche und natürliche Faktoren, die einer Ausbreitung von Heuschrecken entgegenwirken und somit eine Verbreitung auf diesen Flächen ausschließen trotz günstiger Umweltbedingungen (Abbildung 16, Abbildung 17, Abbildung 18). In meisten Fällen handelt es sich um menschliche Aktivität wie Versiegelung von Boden und landwirtschaftliche Nutzung. In Kombination mit bestehenden Heuschrecken-Statistiken, meteorologischen Vorhersagen sowie Bodenbeobachtungen, können die Partner vor Ort schließlich Vorhersagekarten der Heuschreckenwahrscheinlichkeit aktualisieren (Abbildung 19).

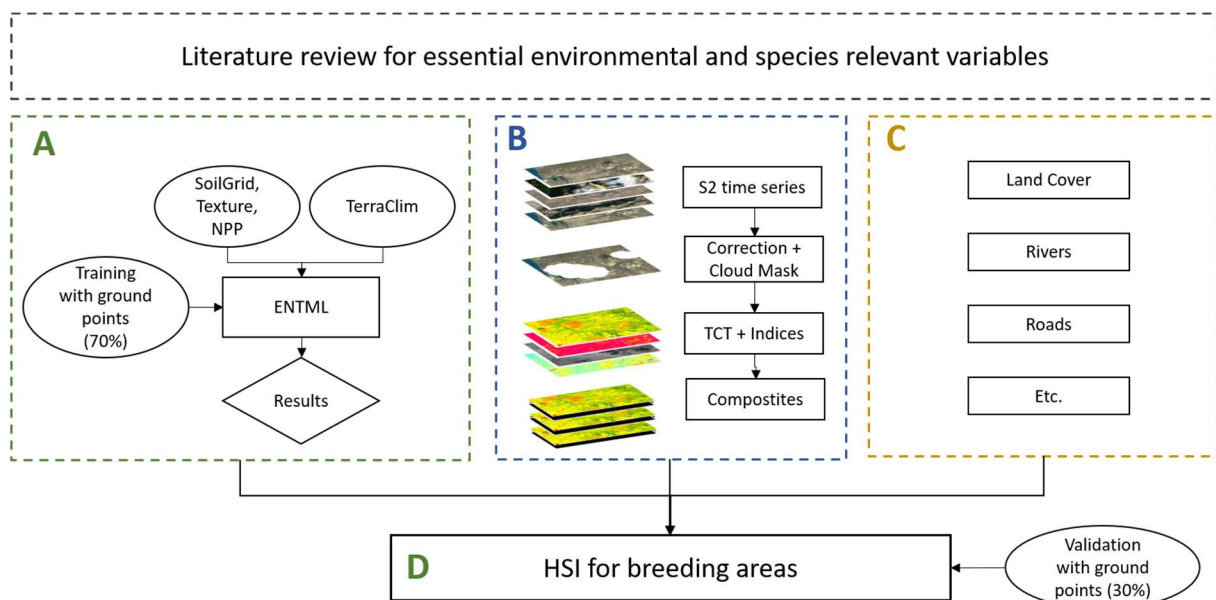


Abbildung 15: Schematischer Workflow für die Modellierung von Ökologischer Nische und Habitat Suitability (Klein et al., 2022).

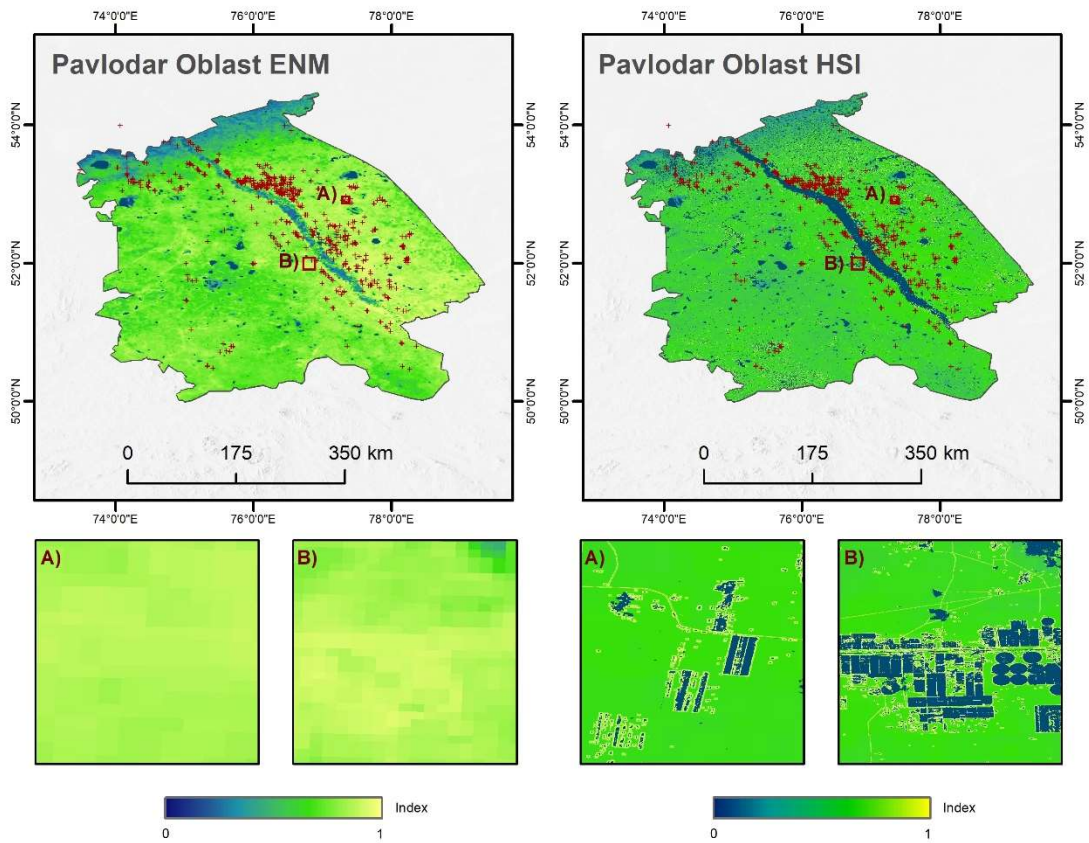


Abbildung 16: Ökologische Nische (links) und Habitat Suitability (rechts) für die Italienische Schönheuschrecke in Pavlodar Region, Kasachstan (Klein et al., 2022).

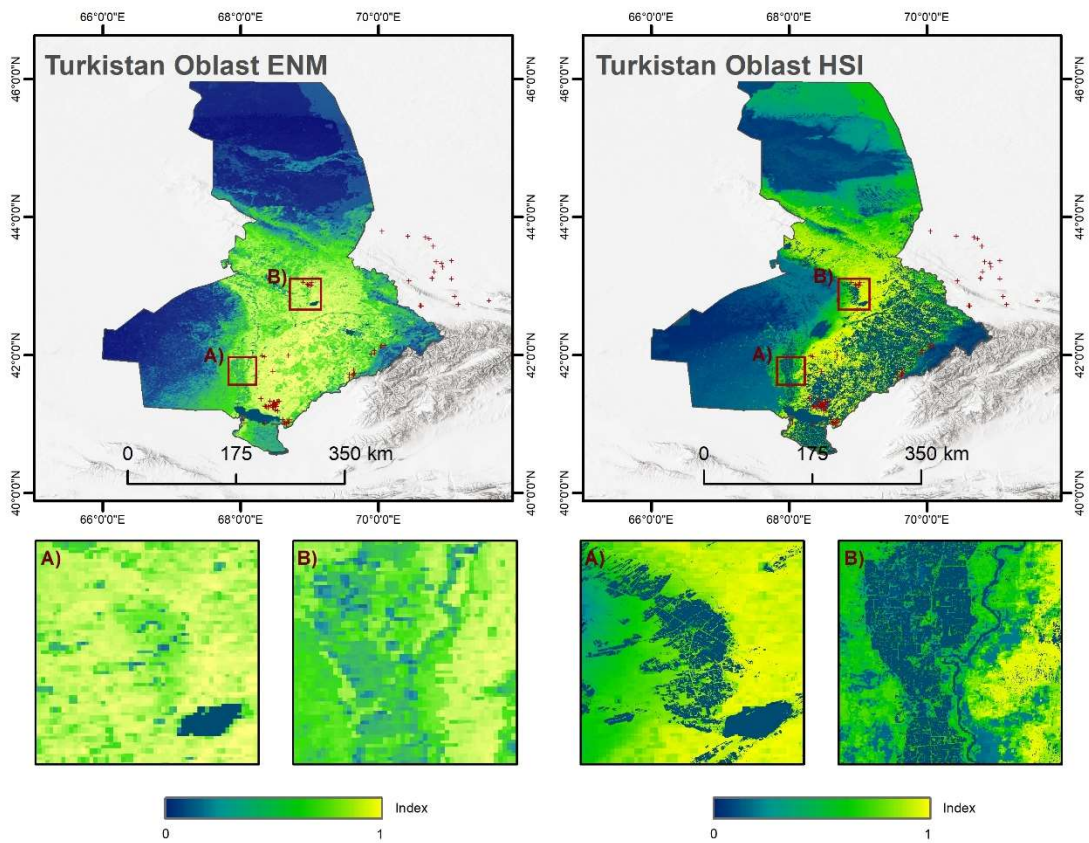


Abbildung 17: Ökologische Nische (links) und Habitat Suitability (rechts) für die Marokkanische Heuschrecke in Turkistan Region, Kasachstan (Klein et al., 2022).

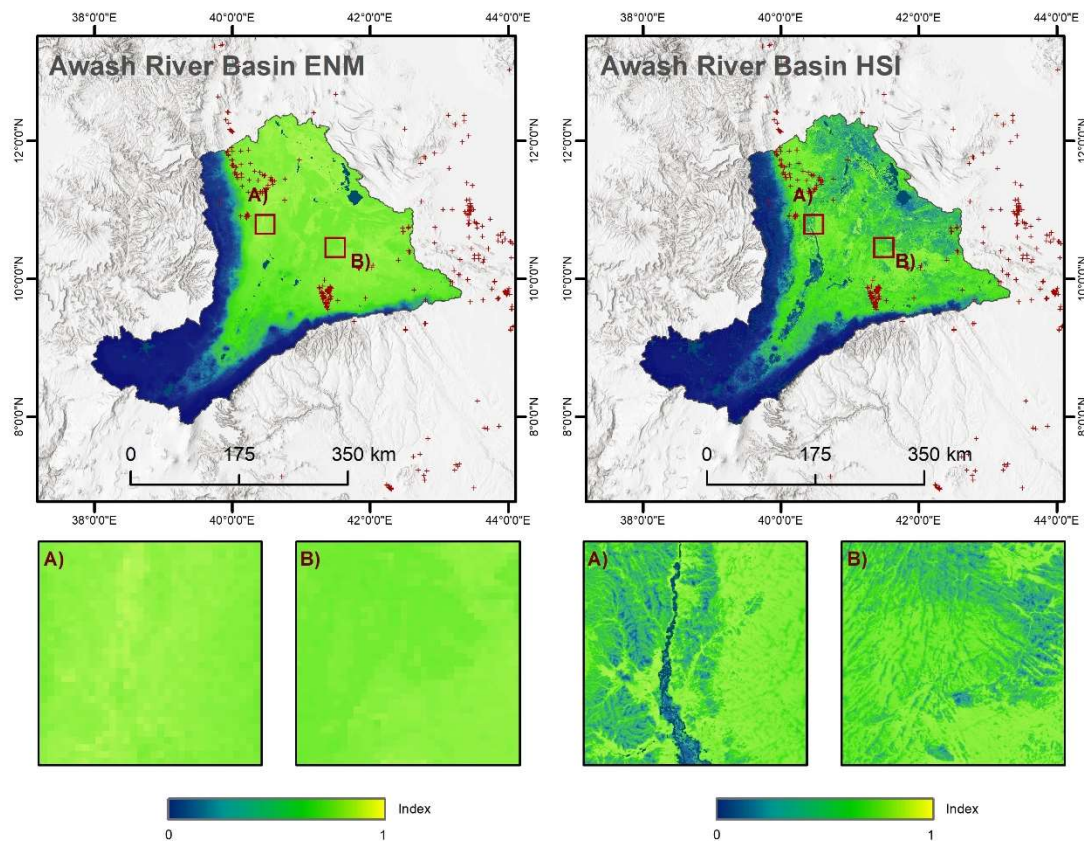


Abbildung 18: Ökologische Nische (links) und Habitat Suitability (rechts) für die Marokkanische Heuschrecke im Einzugsgebiet des Awash Flusses, Ostafrika (Klein et al., 2022).

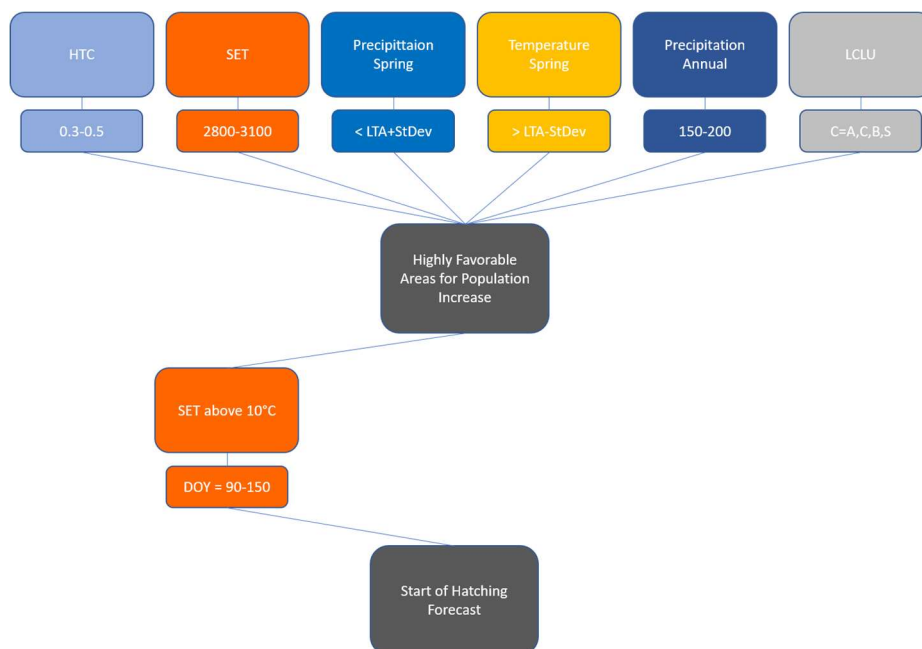


Abbildung 19: Schematischer Workflow und Zusammenhang zwischen Umweltvariablen und Beginn von Heuschrecken-Schlüpfung (Details zu Variablen und Grenzwerten in Klein et al., 2023).

Des Weiteren wurden ähnliche Forschung in Zusammenarbeit mit *International Centre of Insect Physiology and Ecology (icipe)* für ausgewählte Gebiete in Sudan, Ostafrika durchgeführt (Landmann et al., 2023).

Indikatoren und Kartenprodukte für Anbausysteme

Eine Erstellung von Kartenprodukten auf Basis von Satellitendaten wurde in zwei Rayons in der Oblast Turkistan durchgeführt. Die Auswahl der Gebiete war durch die Verfügbarkeit von detaillierten Trainingsdaten bzgl. der Anbausysteme vorgegeben. Abbildung 20 zeigt die vorkommenden Anbausorten und deren Jahresverlauf bzgl. des normalisierten Vegetationsindex (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). Abbildung 21 stellt die Problematik da, wenn mehrere Anbausorten sich in den spektralen Kanälen und Indizes der Satellitendaten wenig unterscheiden was bei der Interpretation der Ergebnisse entsprechend berücksichtigt werden muss (Mischklassen).

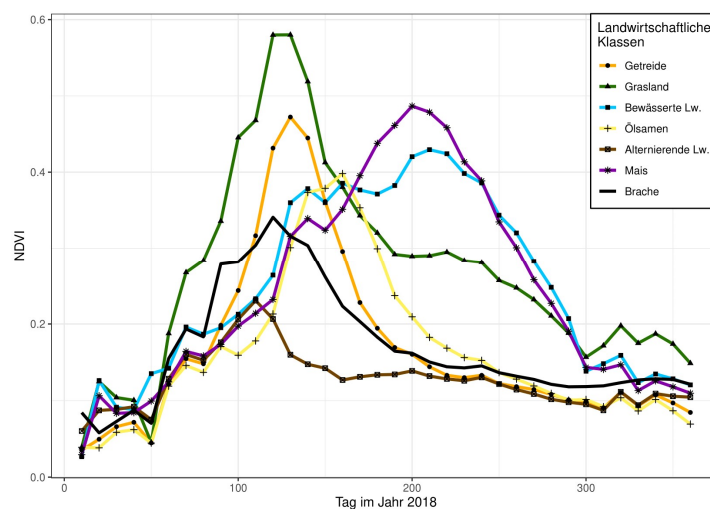


Abbildung 20: Vegetationsdynamik über das Jahr 2018 für verschiedener Anbausorten in der Region Turkistan, Kasachstan.

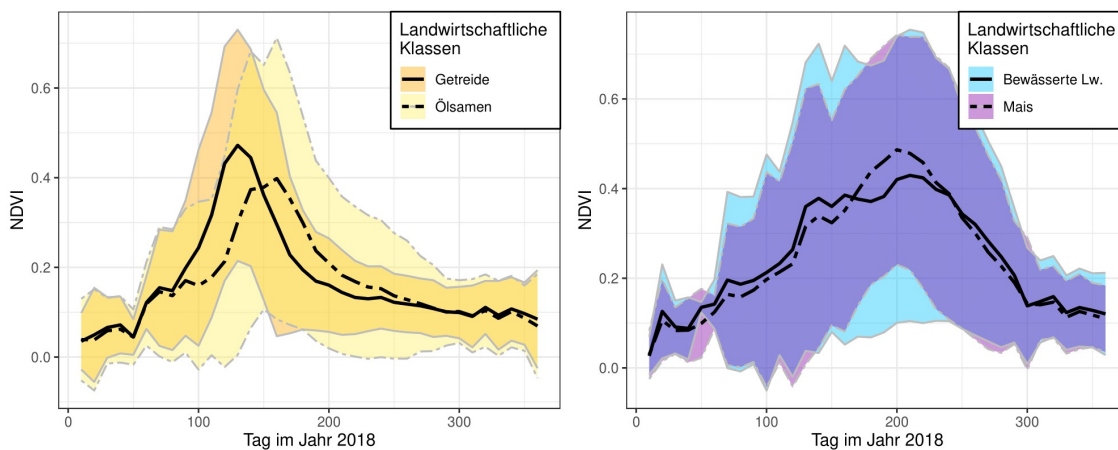


Abbildung 21: Vergleich der Vegetationsdynamik über das Jahr 2018 für Kulturen, die sich anhand von Satellitendaten gut (links) bzw. weniger gut (rechts) unterscheiden lassen.

Die erreichten Ergebnisse sind in Abbildung 22 dargestellt. Die Flächenanteile der unterschiedlichen Anbausorten für die untersuchten Jahre 2017, 2018, 2019 sind in Abbildung 23 zusammengefasst. Die Verbesserung der Satellitenbildqualität der Daten der Sentinel-1 und Sentinel-2 ermöglichten eine kleinmaschige Analyse auf Feldebene in der Form von Feldfruchtclassifikationen und Anomalie-Analysen.

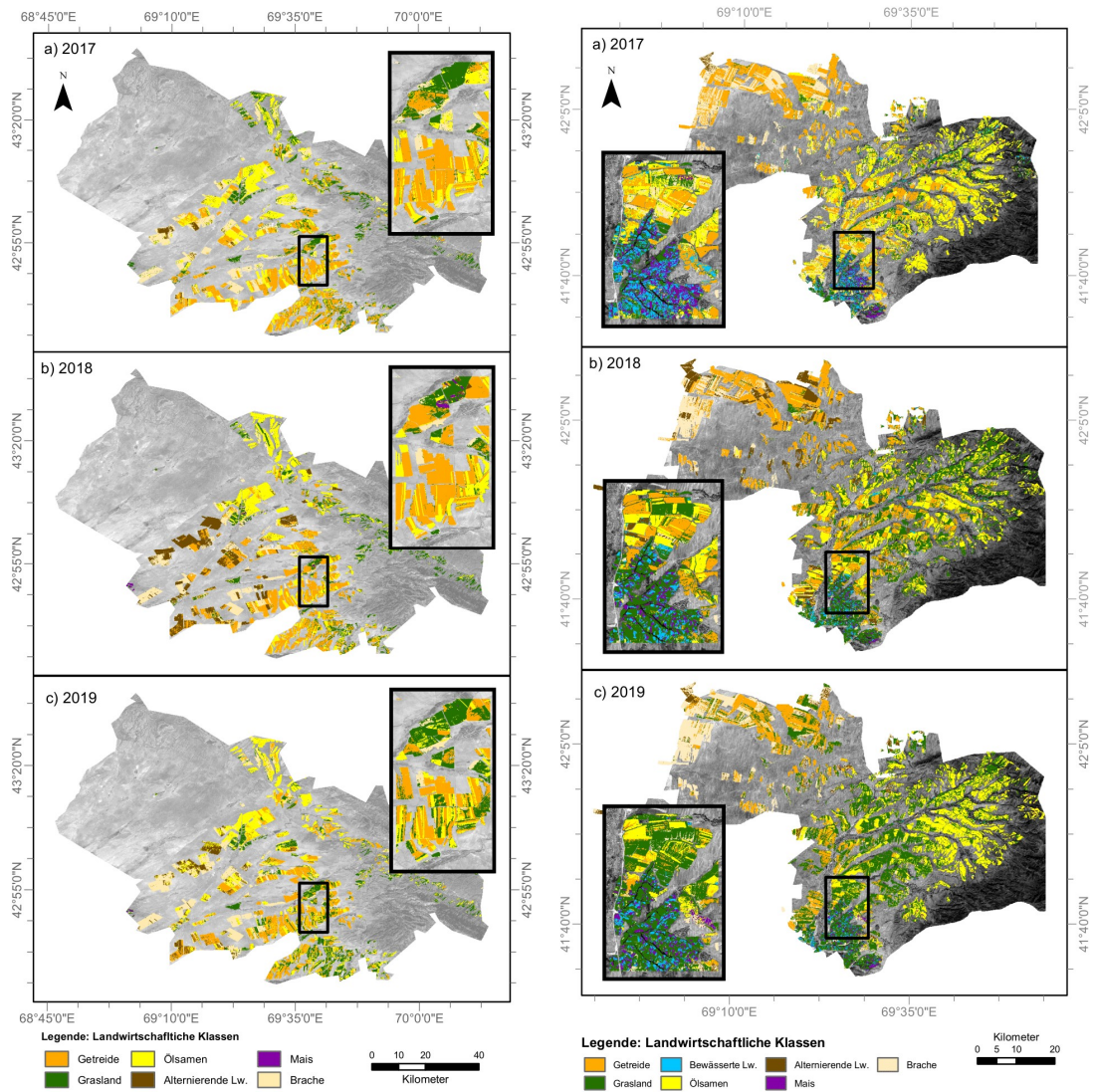


Abbildung 22: Landnutzungsklassifikation in Baidibek Rayon (links) und Kazygurt Rayon (rechts), Turkistan Region.

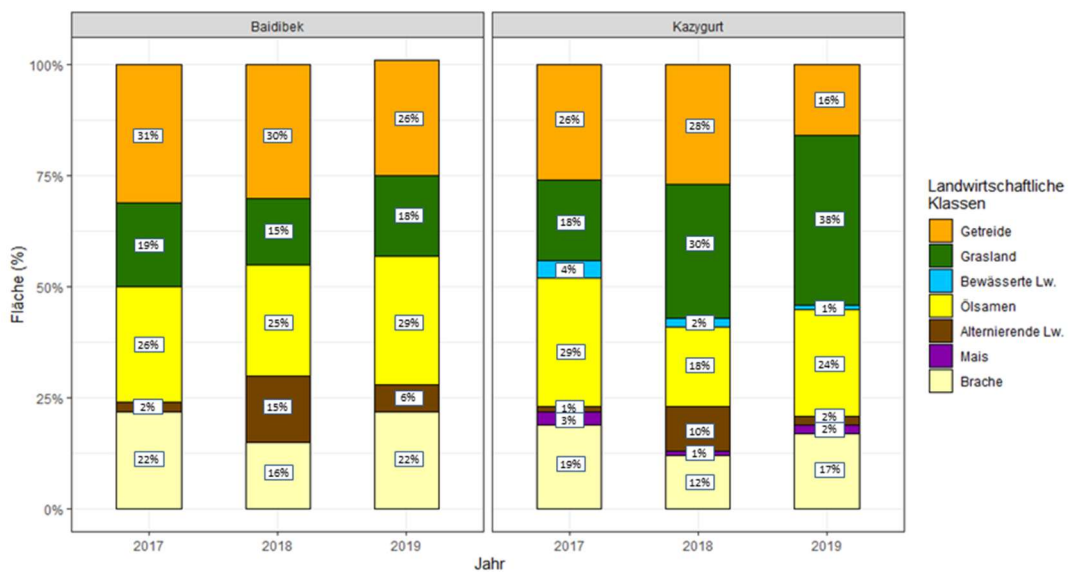


Abbildung 23: Flächenanteile verschiedener Kulturen in untersuchten Gebieten.

1.3 Arbeitspaket 3000 Monitoring

Das AP 3000 beschäftigt sich mit dem Aufbau eines UAV-Überwachungssystems, der Weiterentwicklung der Applikation SUN Mobil um zusätzliche Funktionalitäten, welche bei der Entwicklung der SUN Mobil Fachschale „Locust-Tec“ benötigt werden und dem Aufbau einer zentralen Datenhaltungskomponente, in Form einer Geodatenbank, welche die Grundlage für das Locust-GIS darstellt.

1.3.1 Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither

UAV-System

Konfiguration eines geeigneten UAV- Systems

Nach intensiver Marktrecherche und Tests verschiedener Hersteller, haben wir uns bei dem UAV-Trägersystem für Produkte des Herstellers DJI entschieden. Die Herstellerentscheidung wurde auch unter Berücksichtigung der kasachischen Partner und Stakeholder getroffen, da DJI in Kasachstan bekannt und verfügbar ist. Bei der Multispektralsensorik haben wir uns für das, seit November 2018 verfügbare System Altum, des Herstellers MicaSense entschieden. Es handelt sich dabei um ein System mit 5 Farbkanälen zu je 3,2 Megapixeln (Rot, Grün, Blau, Red Edge und nahes Infrarot). Zusätzlich ist in der Altum ein Thermalsensor verbaut. Die Multispektralkamera ist mit einem Lichtsensor ausgestattet, welcher die Lichtintensität während des Bildfluges misst (UAV-System inkl. Kameras und Lichtsensor siehe Abbildung 24 und Abbildung 25).

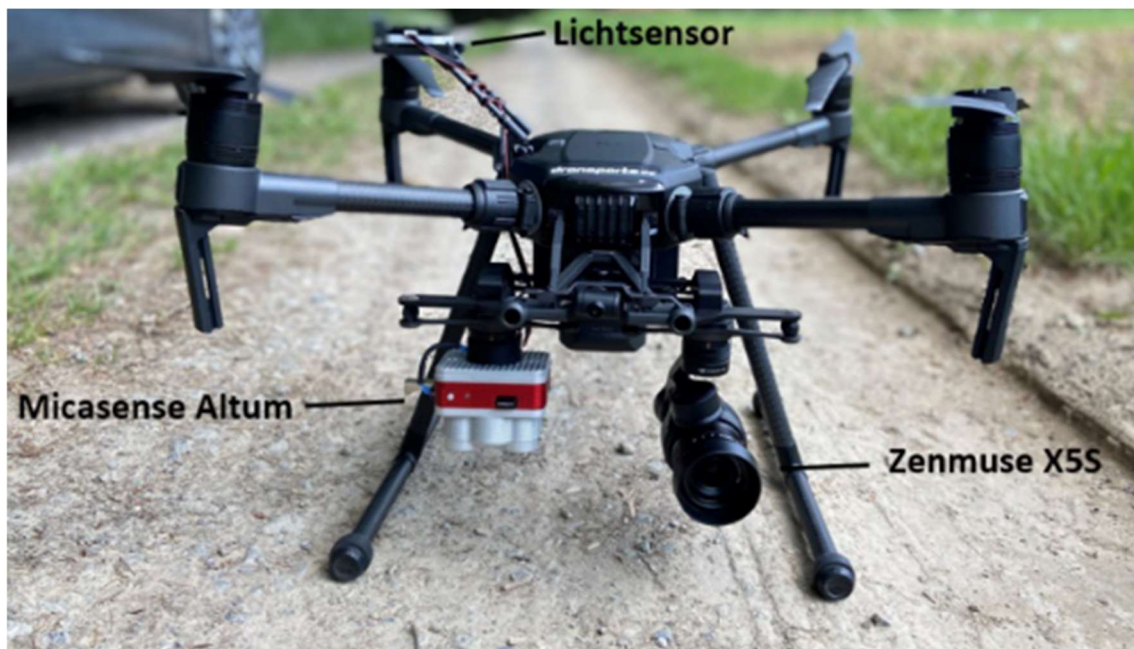


Abbildung 24: UAV-System DJI Matrice 2 mit RGB-Kamera Zenmuse X5S und Multispektralkamera Altum inkl. Lichtsensor.



Abbildung 25: UAV-System im Einsatz bei der Befliegung eines befallenen Gebietes im Oblast Turkistan, Rayon Kazygurt.

Nach der Einrichtung und Abstimmung des UAV's sowie der Sensoren durch den Händler, wurden erste Testflüge und Testaufnahmen mit dem System durchgeführt.

Training und Test des UAV-Systems in operationeller Umgebung zum Zweck des Heuschreckenmonitorings

In insgesamt vier Feldkampagnen wurde das UAV-System zum Zweck des Detektierens der Heuschreckenbrutgebiete in operationeller Umgebung getestet bzw. ständig weiterentwickelt.

Feldkampagnen mit Einsatz des UAV-Systems:

1. Oblast Turkistan, Rayon Keles (April 2019)
2. Oblast Pavlodar, Rayon Akkuly (Juni 2019)
3. Oblast Turkistan, Rayon Baydibek und Rayon Kazygurt (Mai 2022)
4. Oblast Turkistan, Rayon Kentau (Mai 2023)

Für das Detektieren der von Heuschreckennymphen befallenen Flächen, setzen wir Prinzipien der Erkennung von „gestresster Vegetation“ ein. Der für Menschen nicht sichtbare Bereich des Lichtes, bei der Kamera Altum handelt es sich um die Kanäle Red Edge (Wellenlänge 715 nm) und Nahes Infrarot (Wellenlänge ca. 840 nm) wird vom Blattgrün (Chlorophyll) einer Pflanze reflektiert. Je geringer der Chlorophyll-Anteil einer Pflanze bzw. Oberfläche ist, desto weniger wird dieser Bereich des Lichtes reflektiert. Heuschreckennymphen ernähren sich von Gräsern, Blättern und einer Vielzahl weiterer Grünpflanzen. Der Abbildung 26 kann je ein Beispiel einer gesunden und einer abgefressenen bzw. gestressten Pflanze entnommen werden. Wenn sich eine Vielzahl von Heuschreckennymphen in einer Grasfläche aufhält, wie in der Abbildung 27 zu erkennen, erfährt diese Grünfläche einen gewissen Stress durch den Fraß der Heuschrecken. Diese „gestresste Fläche“ lässt sich in den Drohnenbildern von einer nicht befallenen Grünfläche unterscheiden.



Abbildung 26: Durch Heuschreckennymphen abgefressene bzw. gestresste Vegetation (links Klee, rechts Grass).



Abbildung 27: Ansammlung von Heuschreckennymphen (Turkistan Oblast, links Mai 2022 und rechts April 2018).

Bereits im sichtbaren Bereich des Lichts der hochauflösenden RGB-Aufnahmen, können die gestressten bzw. abgefressenen Flächen und somit die Präsenz der Akkumulation von Heuschreckennymphen erkannt werden (Abbildung 28). Allein dadurch hätte man bereits eine sehr einfache und schnelle Methode, um durch die UAV-Überflüge, die exakten Flächen der von Heuschreckennymphen befallenen Flächen zu detektieren. Diese Methode funktioniert aber nur bei Flächen mit einer vitalen und einheitlichen Grasfläche.



Abbildung 28: RGB-Aufnahme bei einem Drohnenflug über das befallene Gebiet (Turkistan Oblast, April 2018).

Durch den Einsatz und die Auswertung der Multispektralbilder, können Indexbilder (z.B. NDVI) der beflogenen Flächen erstellt werden, welche die Vitalität darstellen bzw. eine Auskunft über den Chlorophyllgehalt der Vegetation wiedergeben. Durch das Übereinanderlegen von Bildkarten verschiedener Tage, derselben Fläche, kann eine so genannte Change Detection vorgenommen werden. Hierbei wird jeder Indexwert eines Pixels, mit dem Wert des darübergelegten, zu einem späteren Zeitpunkt aufgenommenen Bildes, berechnet. Die Differenzwerte stellen die Veränderung dar. Wir konnten nachweisen, dass diese Methode auch in bereits durch Hitze stark beeinträchtigten Grasfläche erfolgreich eingesetzt werden kann. Abbildung 29 und Abbildung 30 zeigen dieselbe, von Heuschreckennymphen befallene Fläche, welche an unterschiedlichen Tagen (29.04.2023 und 02.05.2023) beflogen wurde. In den reinen RGB-Bildern ist visuell kein Unterschied erkennbar und ebenfalls nicht direkt in den NDVI Bildern. Alleine durch das Übereinanderlegen und Subtrahieren der Indexwerte kann eine Verschlechterung des Vitalitätszustandes der Pflanzen erkannt werden und somit die Präsenz der Heuschrecken-nymphen (Abbildung 31, rote Flächen).

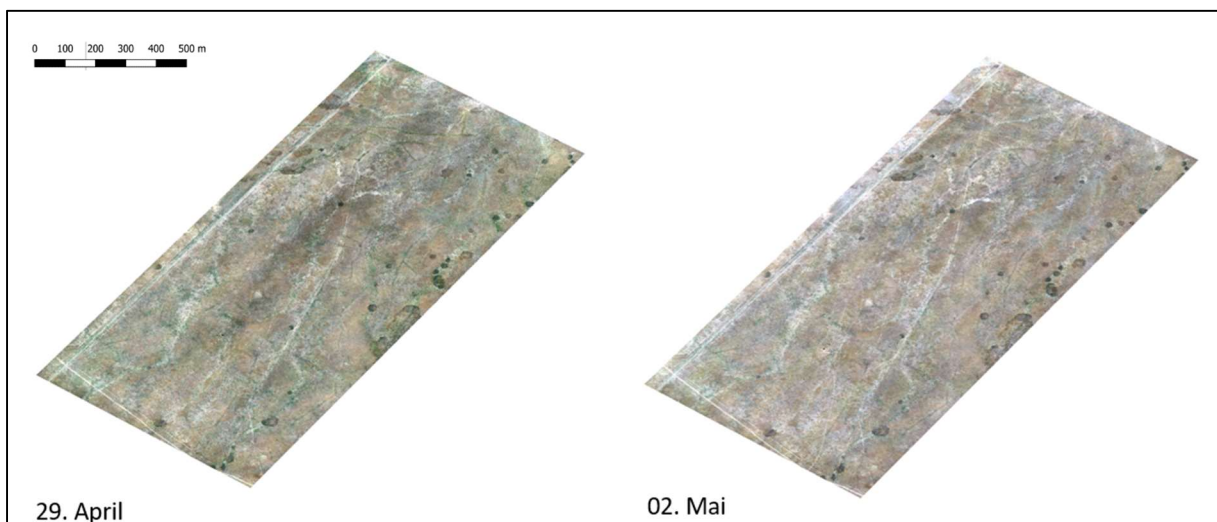


Abbildung 29: Zusammengesetzte Luftbildkarte aus RGB Bildern einer UAV Befliegung von 100 ha.

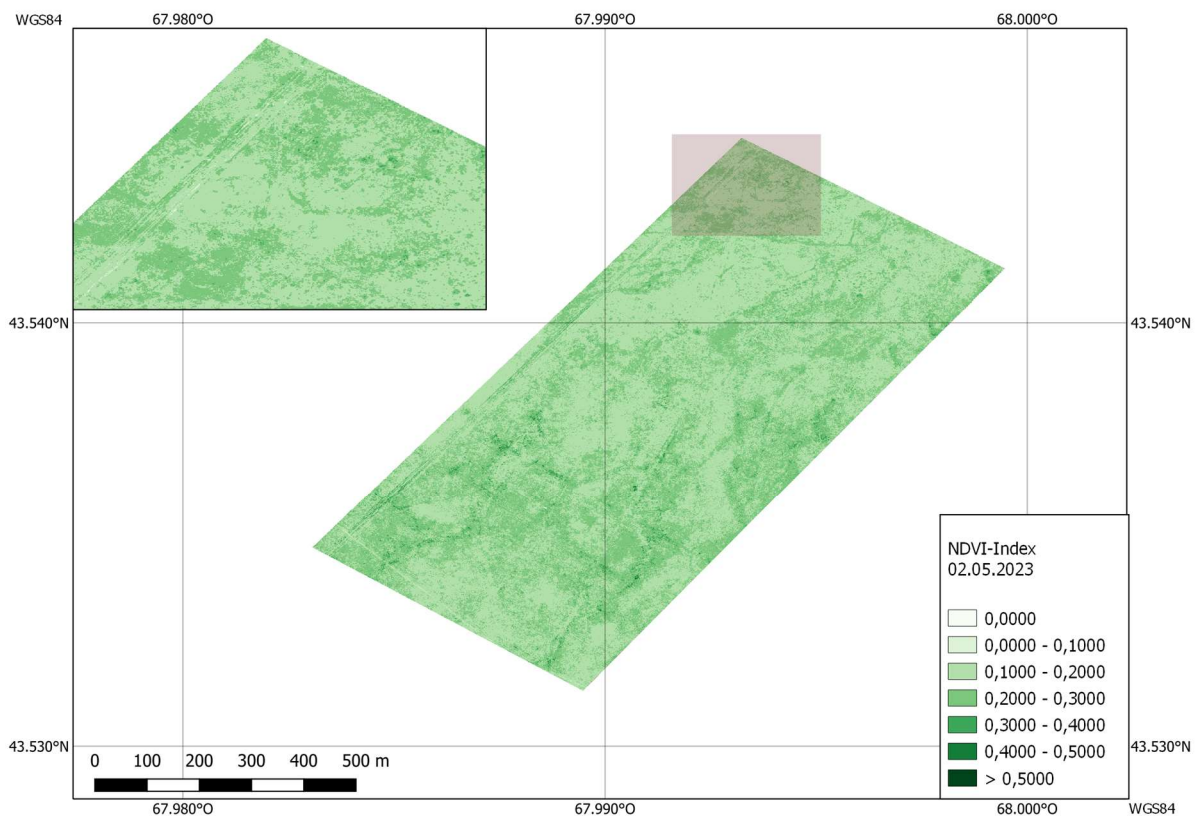
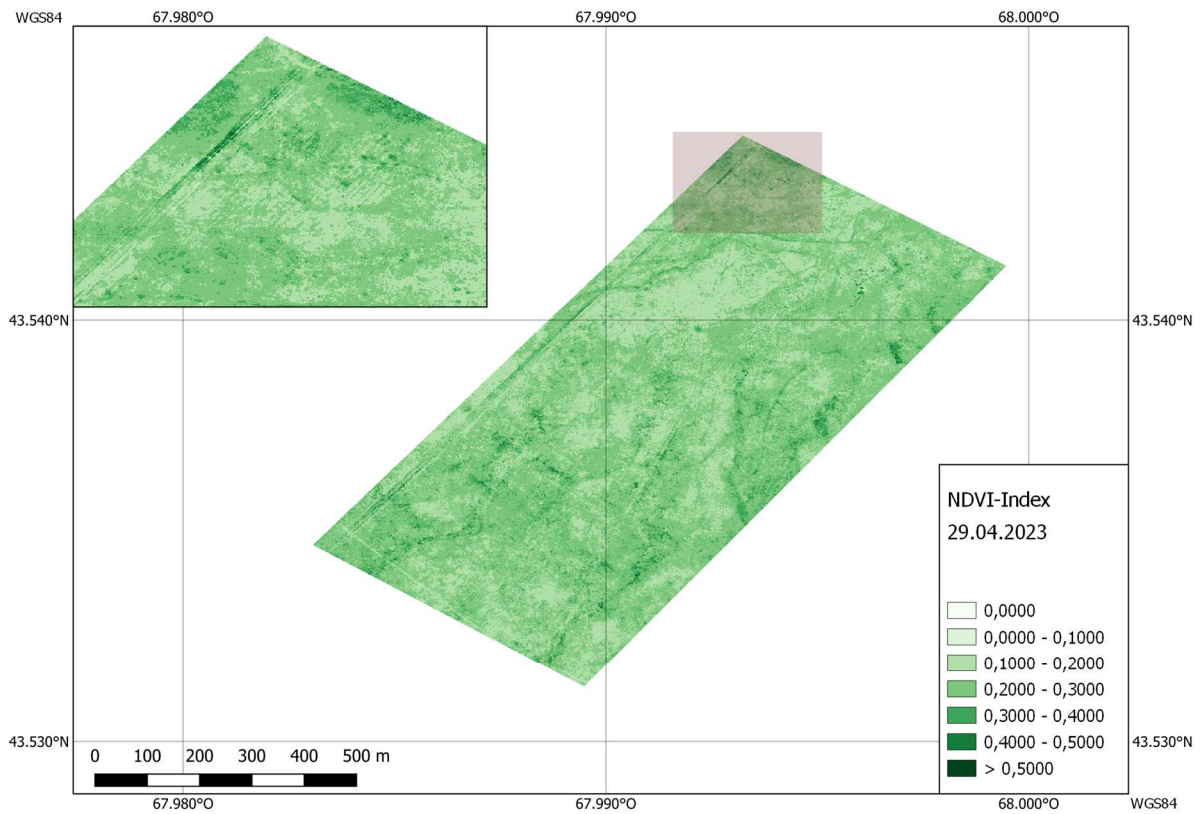


Abbildung 30: Ermittlung verschiedener NDVI-Werte aus den Multispektralaufnahmen derselben Fläche. Abbildung oben vom 29.04.2023 und unten vom 02.05.2023.

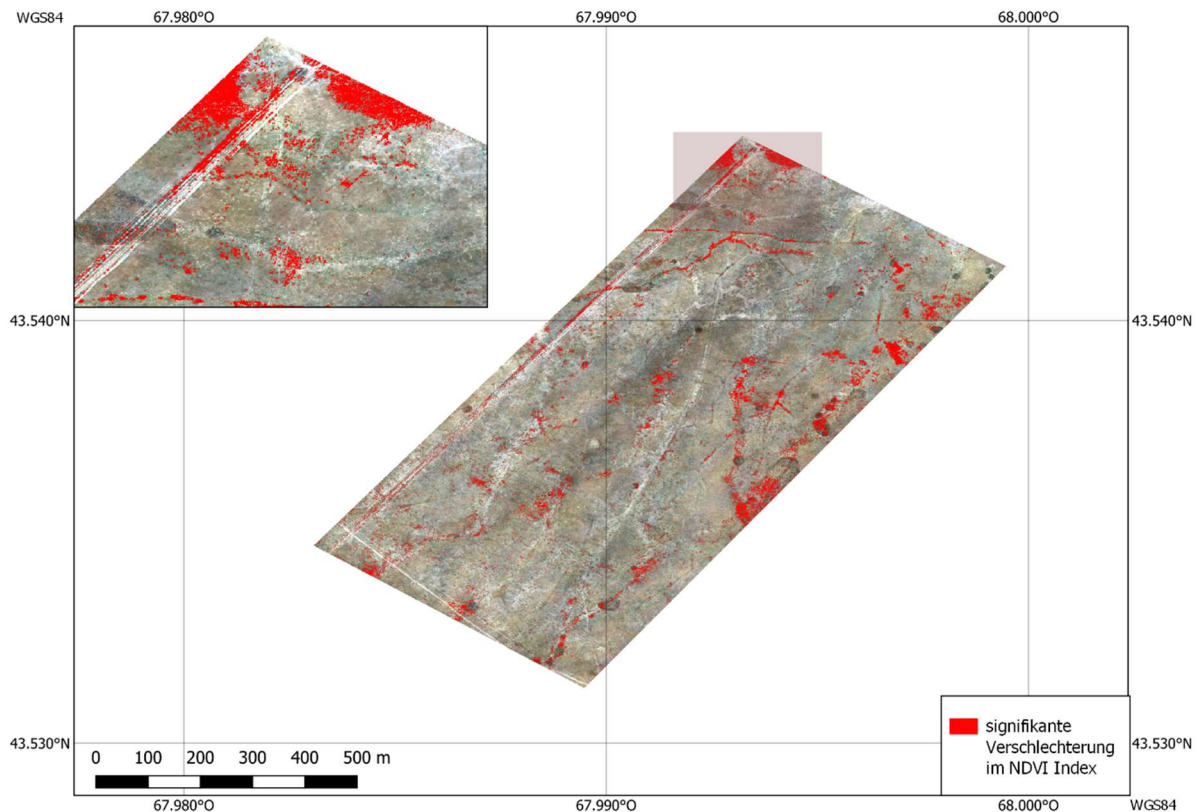


Abbildung 31: Rote Flächen stellen eine Erhöhung des Vegetationsstress im Befliegungszeitraum dar.

Training und Test des UAV-Systems zum Zweck des Landmanagements

Des Weiteren kann die UAV-Befliegungen zum Zwecke des Land- und Agrarmanagements während der gesamten Vegetationsphasen des Frühjahres und Sommers stattfinden. Hier kann speziell nach dem eventuellen Auftreten einer Heuschreckenplage (oder anderen Schädlingen) durch die Befliegung mittels der Kamerakombination RGB und Multispektral die Schäden an der Vegetation erkannt werden. Aber auch ohne Schädlingsbefall bringen UAV Befliegungen einen Mehrwert. Hier kann zum einen die Anwendbarkeit des Gerätes zur Bemessung eventueller Ernteschäden evaluiert, zum anderen anhand der multispektralen und RGB-Befliegungen, Produkte erstellt, welche den Entscheidungsträger des Landmanagements im Entscheidungsprozess zur Verfügung gestellt werden können (z.B. NDVI-Karten, Luftbildkartierungen, Geländemodelle). So können die z.B. die bewirtschafteten bzw. geernteten Flächen und Kulturarten mit Hilfe von UAV Bildern beobachtet und nützliche Informationen abgeleitet werden (Abbildung 32).



Abbildung 32: Kohlfeld vor der Ernte (links oben), unterschiedliche Maisarten auf einem Experimentierfeld (rechts oben), unterschiedliche Entwicklungsstadien von Kohl auf einem Feld (unten).

Mobil App

In dieser Aufgabe wurden die Weiterentwicklungen und Anpassungen an der bestehenden SUN Mobil Lösung erarbeitet sowie die eigentliche SUN Mobil Fachschale „Locust-Tec“ entwickelt.

Spezifikation der SUN Mobil Weiterentwicklung

Zu Beginn des Projektes wurden die technischen und fachlichen Anforderungen an die notwendigen Weiterentwicklungen von SUN Mobil erarbeitet und zwischen den Projektpartnern in Kasachstan, VBSUN, QW und dem DLR-DFD abgestimmt.

Die technische Spezifikation beinhaltet die Definition der Systemarchitektur, die Erweiterung des Klassenmodells, Wireframing sowie die Definition von Performance- und Sicherheitsstandards. Die fachliche Spezifikation beinhaltet die Definition, Gliederung und Ausprägung der für Locust-Tec notwendigen Objekte, die Analyse der fachspezifischen Prozesse, die Spezifikation der notwendigen Berichte (Reports) sowie die Planung der Anbindung an das Open Source GIS.

Der Abbildung 33 können die finale fachliche Datenbankspezifikation der SUN Mobil Fachschale Locust-Tec entnommen werden.



Abbildung 33: Locust Tec Objekt-Spezifikation: weiße Attribute sind Eingabefelder, welche in der Applikation teilweise über Stammdatenfelder realisiert wurde, die orangenen Attribute werden automatisiert berechnet und die roten Attribute werden aus der Applikations-Karte entnommen (automatisiert übertragene Flächengröße von Polygonen).

Anpassungen SUN Mobil Web und SUN Mobil App

Auf die technischen Anpassungen an SUN Mobil selbst wird der Projektpartner QW im Kapitel 1.3.2. eingehen. Im Folgenden wird auf die fachliche Umsetzung, somit den Aufbau der SUN Mobil Fachschale Locust-Tec eingegangen.

Bei der Konzeption und dem Aufbau der Fachschale wurden explizit auf die Bedürfnisse der kasachischen Partner und Steakholder eingegangen. Hierbei war es den Partner sehr wichtig, die bisherigen Abläufe beim Monitoring-Prozess der einzelnen Lebenszyklen der Heuschrecken, genauso in der App umzusetzen und abzubilden, wie diese schon immer auch in der Vergangenheit bei den Feldbegehungen in Kasachstan, allerdings analog durch manuelle Aufschriebe, erfolgt ist. Unsere Motivation war es, einen vom Anfang des Monitoring-Prozesses an, bis hin zum Berichtswesen, also dem Reporting gegenüber dem Ministerium und den Bekämpfungseinheiten, einheitlich digitalen und vor allem medienbruchfreie Prozess zu etablieren. Hierfür waren eine Vielzahl an Interviews, online Meetings bzw. auch physischer Treffen in Kasachstan mit den örtlichen Experten notwendig, um am Ende die exakt an die kasachischen Partner und Steakholder angepasste SUN Mobil Fachschale zu entwickeln. Um die Akzeptanz und Praktikabilität der Fachschale zu erhöhen haben wir explizit die Experten mit einbezogen, welche regelmäßig die Erfassungen im Felde vornehmen. Das Monitoring über den Lebenszyklus der Heuschrecken hinweg erfolgt in vier Monitoring-Phasen. Der Abbildung 34 können diese Abläufe für die italienische Schönschrecke im Oblast Pavlodar entnommen werden.

1. Die Dokumentation der Paarung und Eiablage (Nr. 1 in der Abbildung 34) in der Regel in den Monaten August und September.
2. Die Kontrolle der gelegten Eikapseln (Nr. 2 in der Abbildung 34) im direkten Anschluss, im September oder Oktober.
3. Nach dem Winter werden die Eikapseln nochmals kontrolliert, um zu erfassen, wie viele Eier den Winter überstanden haben (Nr. 3 in der Abbildung 34).
4. Der letzte und für die Bekämpfung wichtigste Kontrollzeitpunkt, stellt die Beobachtung das Schlüpfens der Heuschreckennymphen dar (Nr. 4 in der Abbildung 34), denn nur zu exakt diesem Zeitpunkt des Schlüpfens bzw. maximal wenige Wochen danach, sollen die Population der Heuschreckennymphen in Rahmen einer präventiven Bekämpfung kontrolliert werden.

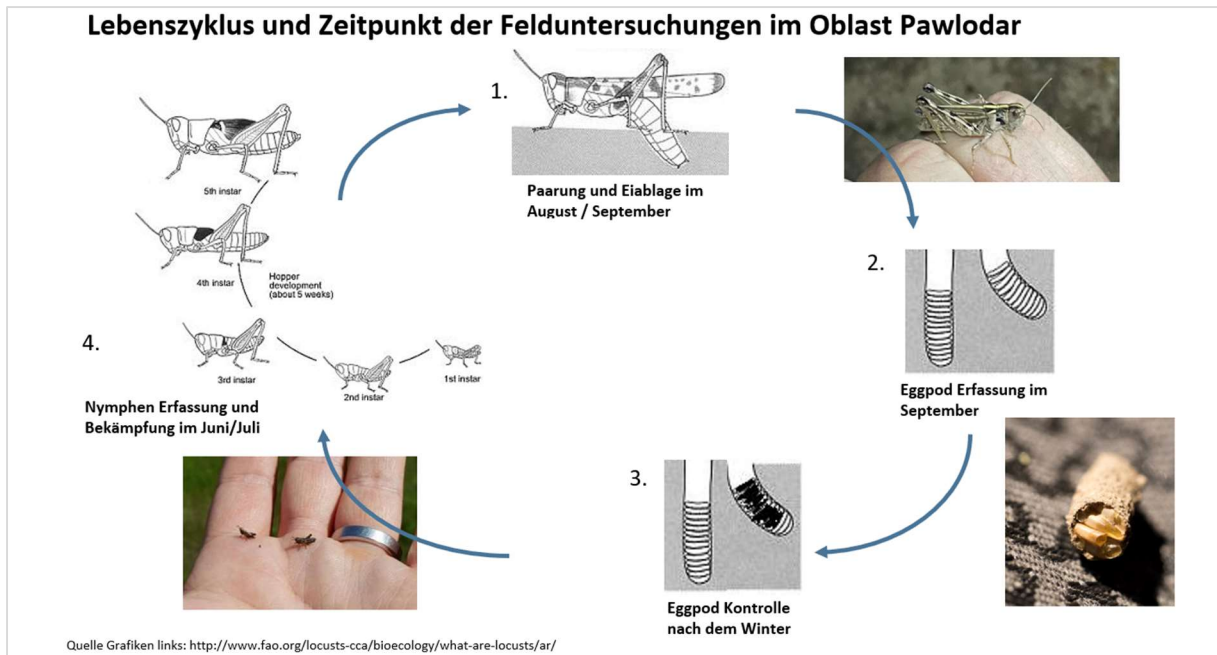


Abbildung 34: Lebenszyklus und Zeitpunkt der Felduntersuchungen im Oblast Pavlodar.

Exakt diese Monitoring-Phasen wurden in der SUN Mobil Applikation „Locust-Tec“ abgebildet (siehe Abbildung 35 in SUN Mobil Web und Abbildung 36 in der SUN Mobil App). Wobei zu erwähnen ist, dass die kasachischen Partner die beiden Eikapselkontrollen, im Herbst und darauffolgenden Frühjahr, in einem Datenbankobjekt abgebildet haben wollten. Die Attribute der einzelnen Datenbankobjekte (Eikapseln, Nymphen, Paarung) können der Abbildung 33 entnommen werden.

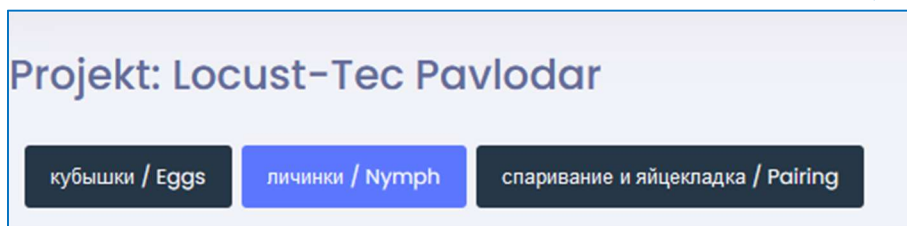
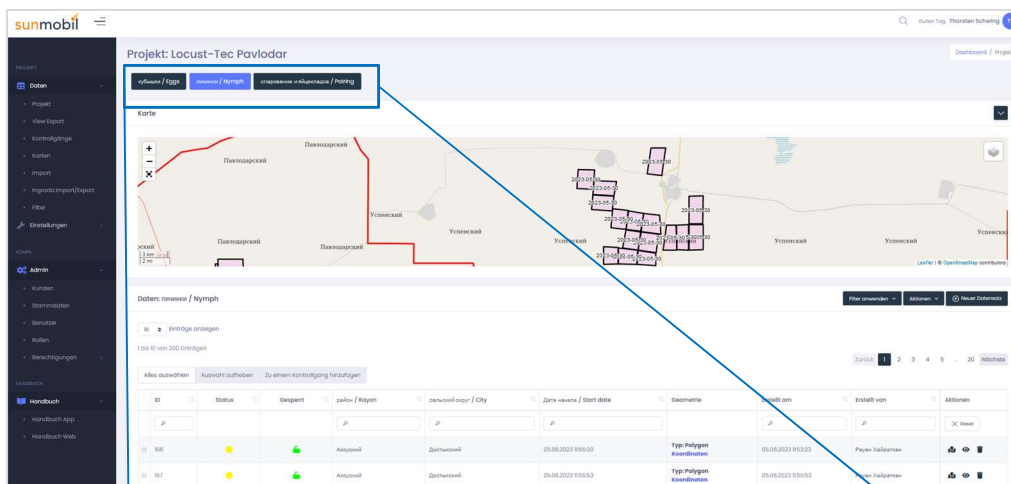


Abbildung 35: Monitoring-Phasen der Heuschrecken in SUN Mobil web.

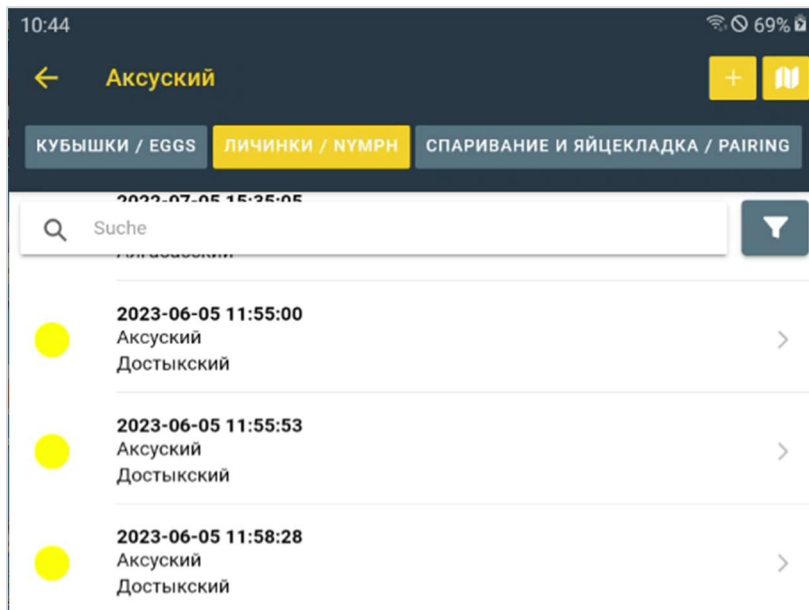


Abbildung 36: Monitoring-Phasen der Heuschrecken in SUN Mobil App.

Der Workflow der Datenerfassung im Feld erfolgt in der SUN Mobil App, hier anhand des Beispiels der Monitoring-Phase „Heuschreckennymphen“, wie folgt:

- Zunächst müssen die Rumpfdaten der Untersuchungsfläche eingegeben werden, wie Heuschreckenart, Oblast etc. (siehe Abbildung 37)
- Weiter unten in der Eingabemaske erfolgt die zahlenmäßige Erfassung der Nymphen (siehe Abbildung 38). Die Methoden der mengenmäßigen Erfassung folgt den schon immer angewandten Prinzipien bzw. Zählmethoden der kasachischen Partner, auf welche hier nicht genauer eingegangen wird.
- Im Anschluss erfolgt nun die Erfassung der tatsächlich befallenen Fläche über die Karte in der App. Die befallene Fläche kann mittels Anklickens über die Sattelitenkarte bzw. dem zuvor aufgenommenen UAV-Luftbild erfolgen (siehe Abbildung 39) oder durch Abfahren bzw. Ablaufen der befallenen Fläche (siehe Abbildung 40).
- Die Dateneingabe abschließend, können noch Fotoaufnahmen der befallenen Fläche erstellt werden, welche in der Datenbank dann unmittelbar diesem Datensatz zugeordnet werden.

11:02 73%

← ≡ личинки / Nymph + (1) [Icons]

↑ [Icons] 1 / 2 [Icons]

Sperrung	🔒 Offen
Status	● открыт / open
Виды саранчи / Locust species	итальянский прус
область / Oblast *	Павлодар
район / Rayon *	Павлодар
сельский округ / City *	Промзона
ТОО/КХ/ФХ / Name *	test
вид сельхоз.угодий / Land use *	залежь

Abbildung 37: SUN Mobil App, Fachschale Locust-Tec - Dateneingabe 1.

Обследовано факт в га / Surveyed area fact. in ha	5400
количество проб / Count of samples *	100
количество личинок в пробах / Count nymph per sample *	500

Abbildung 38: SUN Mobil App, Fachschale Locust-Tec - Dateneingabe 2.

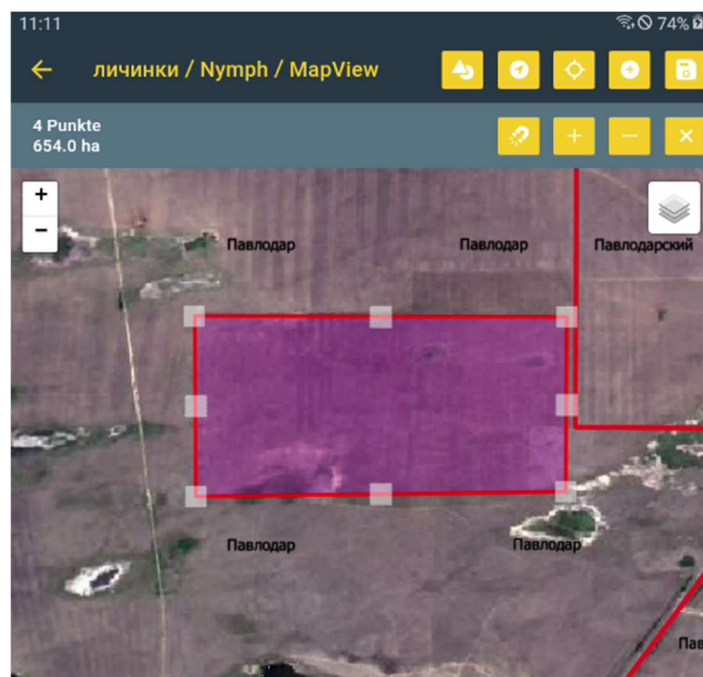


Abbildung 39: Erfassung der befallenen Fläche über in der Karte der SUN Mobil App.

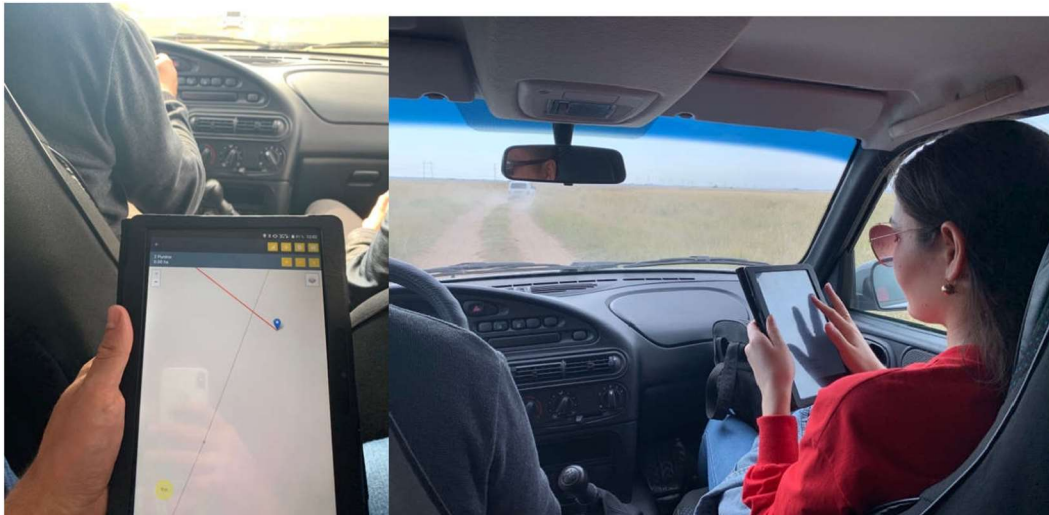


Abbildung 40: Erfassung von befallenen Flächen durch Umfahren.

Nach der offline Datenerfassung in der SUN Mobil App während der Feldbegehungen, werden die Daten bei einer vorhandenen Internetverbindung im Büro oder einem anderen stabilen Internet Hotspot, mit SUN Mobil web synchronisiert.

Die Datenauswertung und Berichterstellung, erfolgt in der Komponente SUN Mobil web. Hierzu können individuell mittels Filter, Berichte der erfassten Daten konfiguriert werden. Im Falle von der Fachschale Locust-Tec, haben wir diese Filter bereits vordefiniert und für die jeweiligen Berichte, welche von den kasachischen Partnern und Stakeholdern individuell benötigt werden, abgespeichert. Abbildung 41 zeigt den Filter, welcher folgenden Sachverhalt ausgibt: In 2023 von Nymphen befallene Flächen, die tatsächlich behandelt werden müssen. Das Ergebnis kann in ein PDF-Report oder eine csv-Daten ausgegeben werden. Der Abbildung 42 kann das Ergebnis des oben aufgeführten Filters entnommen werden. Es wird wie von den Partnern gewünscht je ein PDF-Blatt von zu behandelnden Flächen erstellt. Dieses PDF oder auch die CSV-Datei, kann im Anschluss an die „Bekämpfungseinheit“ autorisiert und weitergegeben werden.

Abbildung 41: Filter "zu behandelnde, mit Nymphen befallene Fläche 2023".

Акт фитосанитарного мониторинга угодий на заселенность личинками саранчовых вредителей										
Область	Павлодар									
Район	Баянаульский									
Сельский округ	Каратомарский									
Сельхозформирование	ТОО "МТС Жайма"									
Период обследования	02.06.2023 по 02.06.2023									
Наименование угодия	Номер поля (координаты по данным GPS)	площадь поля в га	Количество проб	Численность личинок в пробах	Численность личинок на м ²	Заселенная площадь, тысяч гектар				
						всего	в том числе с численностью экз./м ²			Подложит обработке, тысяч гектар
							до 3	3-10	более 10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	75.29562666,50.214598734 75.320034032,50.199197001 75.342894958,50.213822098 75.321235857,50.239626233 75.29562666,50.214598734	600	200	1290	6.5			600		600

Abbildung 42: Ausgabe Datenblatt je eine zu behandelnde Fläche.

Abschließend sei noch erwähnt, dass der oben beschriebene Workflow der Monitoring-Phase, am Beispiel der Nymphenkontrolle, vor dem Projekt Locust-Tec rein analog, durch manuelle Aufschriebe der kasachischen Partner, mit anschließender Übernahme in EXCEL Tabellen bzw. Formblättern, erfolgte. Die durch das Projekt Locust-Tec weiterentwickelte Applikation SUN Mobil und die SUN Mobil Fachschale Locust-Tec beschleunigt und erleichtert den Partnern den Ablauf und vermeidet darüber hinaus Übertragungsfehler.

Going Live: Installation auf Zielsever; Dokumentation

Nach den erfolgreichen Live-Tests und der Gesamtabnahme durch die kasachischen Projektpartner, wurde die Anwendung produktiv gemacht (Going-Live). Die Webapplikation ist auf einem Cloudserver installiert. Die SUN Mobil App ist über die App Stores (Apple App Store, Google Play Store) veröffentlicht. Für die Nutzung der SUN Mobil Fachschale Locust-Tec ist sowohl im Web, als auch in der App ein Benutzername und Passwort notwendig (Partner haben Zugang). Die finale Übergabe und Schulungen inkl. Feldschulungen fanden im Zuge den Kampagnen vom Mai 2023 in Turkistan und Juni/Juli 2023 in Pavlodar bzw. Astana statt (siehe Abbildung 43 und Abbildung 44).



Abbildung 43: Feldschulung der App im Oblast Turkistan, Mai 2023.



Abbildung 44: App- und Web-Schulung im Oblast Pavlodar, Juni 2023.

Locust-GIS

Im Zuge des Projektes wurde die GIS-Applikation „Locust-GIS“ in der Open Source GIS Software QGIS aufgebaut.

Spezifikation von Locust-GIS

Unsere Motivation in dem Projekt war es, überwiegend Open Source Software- und Datenbankprodukte einzusetzen. Die dadurch entstehenden geringen Betriebskosten soll die Akzeptanz bei den kasachischen Partnern und Stakeholdern zusätzlich steigern. Für die Projekt-Geodatenbank nutzen wir das Produkt PostgreSQL[®]. Die Rasterdaten werden in GeoServer[®] als Raster-Datenhaltungskomponente vorgehalten und überwiegend als WMS-Dienste in Locust-GIS eingebunden. Als Datenorganisationsoberfläche nutzen wir das Produkt QGIS[®]. Für die Präsentation der Ergebnisse bzw. der Projektdaten nutzen wir den webGIS-Client Lizmap[®]. Die Nutzer des webGIS benötigen somit im Echtbetrieb lediglich einen Internetbrowser und Internetverbindung und können dadurch mit der jeweiligen Nutzerberechtigung auf die Projekt-Geodatenbank und alle weiteren Rasterdaten zugreifen. Lizenzkosten fallen bei allen oben genannten Produkten nicht an. Die bisherige Ergebnisdarstellung der von Heuschrecken befallenen Gebiete der kasachischen Partner, erfolgte in der Vergangenheit ohne eine Datenübergabe in ein Geoinformationssystem.

Unter den Projektpartnern verständigte man sich darauf, dass alle zur Verfügung gestellte Daten, welche in das Locust-GIS integriert werden sollen, im Format Geotiff, für die Rasterdaten und GeoPackage (GPKG) für Vektordaten erfolgt. Die Rasterdaten können dadurch optimal in GeoServer[®] und die Vektordaten in die Geodatenbank PostgreSQL[®] integriert werden.

Entwicklung der Fachanwendung Locust-GIS

Der Aufbau der Geodatenbank anhand der bisherigen Erhebungsdaten der kasachischen Projektpartner war ein zentrales Thema von Locust-GIS. Dabei wurden alle bisherigen Erhebungsdaten der Partner erstmalig über die bisher in EXCEL Tabellen gespeicherten GPS-Koordinaten in Locust-GIS lagegenau kartiert. Die Abbildung 45 (oben) zeigt einen Kartenauszug aus Locust-GIS, welcher die von 2016 bis 2020 mit Heuschreckennymphen

befallenen Flächen im Rayon Terenkol im Oblast Pavlodar darstellt. Die Darstellung zeigt die Lage der befallenen Flächen, nach Jahren eingefärbt. In der Abbildung 45 (unten) können dieselben Flächen, mit der Einfärbung nach Intensität den Nymphen je Quadratmeter entnommen werden und somit erstmalig eine lagegenaue Kartierung der Intensität des Befalls in den Jahren 2016 bis 2020. Die ins GIS übernommene Daten lassen nun auch eine Auswertung über eine komplette Oblast zu. Abbildung 46 zeigt beispielsweise eine statistische Auswertung und wie hoch der Anteil der tatsächlich befallenen Flächen, in Relation zu den überwachten Flächen war. Da sich die überwachten Flächen über Jahre hinweg kaum ändert, kann dieser Grafik im Zeitverlauf 2016 bis 2020 entnommen werden, welche Rayons mehr oder weniger vom Befall betroffen waren.

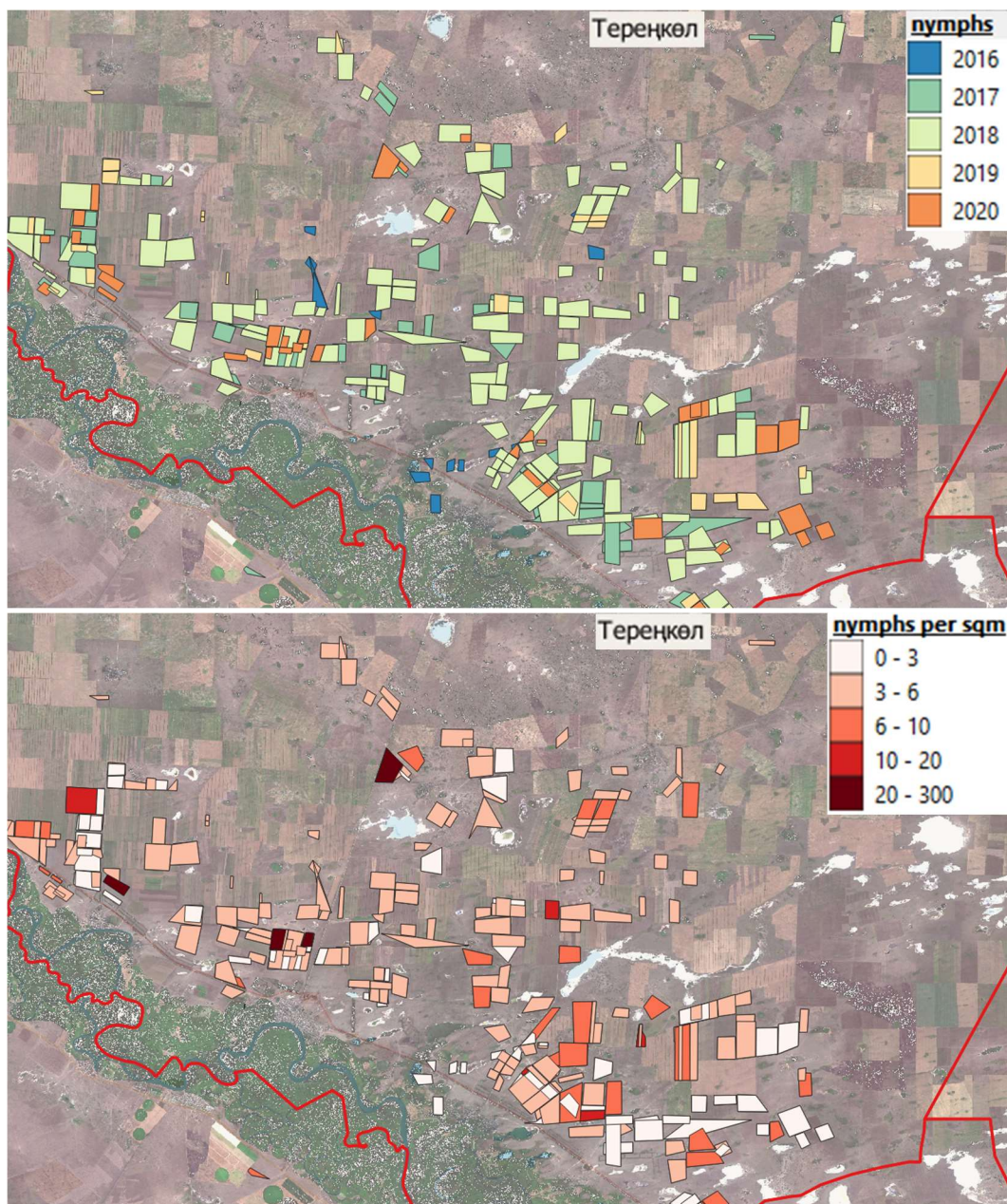


Abbildung 45: Befallene Flächen im Oblast Pavlodar in unterschiedlichen Jahren (oben) und entsprechende Anzahl Heuschreckennymphen je Quadratmeter in diesen Flächen (unten).

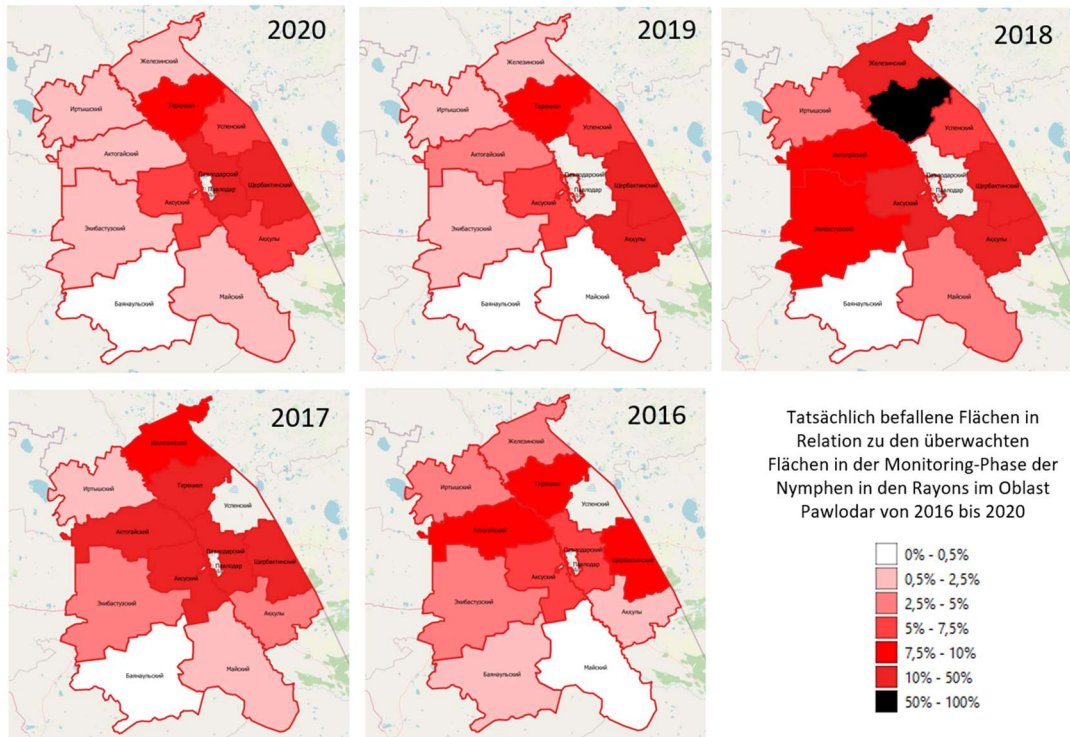


Abbildung 46: Statistische Auswertung auf Rayon-Ebene im Oblast Pavlodar.

Neben den historischen Daten der kasachischen Partner, konnten ab dem Jahr 2021 die in SUN Mobil von den Projektpartnern erfassten Daten, direkt aus SUN Mobil in Locust-GIS eingebunden werden. Dies wurde Anhang einer Live-View auf die SUN Mobil Datenbank realisiert. Somit können Daten, welche in den Monitoring-Phasen der Feldüberwachungen in SUN Mobil App erfasst und im Anschluss in SUN Mobil Web synchronisiert wurden, direkt im Locust-GIS dargestellt werden. In der Abbildung 47 kann diese Live-View anhand von Daten des Rayons Terenkol beispielhaft entnommen werden.

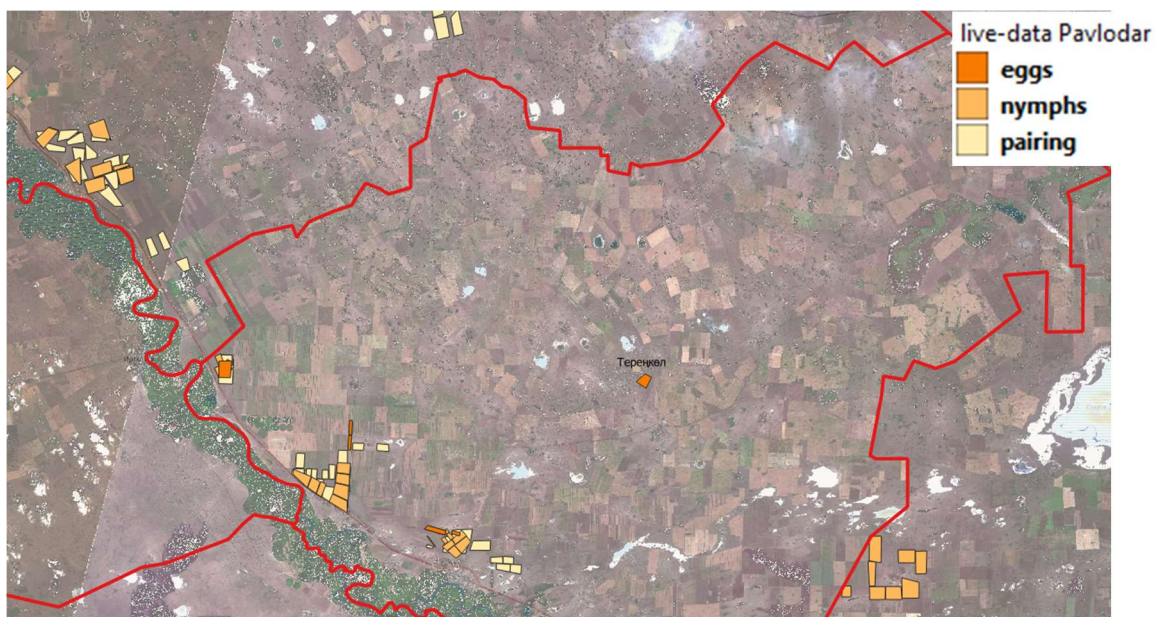


Abbildung 47: Live-View auf die in SUN Mobil erfassten Daten in Locust-GIS visualisiert.

Neben der Geodatenbank mit den Sachdaten der bisherigen Felduntersuchungen, sowie den Live-Views auf die Daten in SUN Mobil, sind die Produkte bzw. Ergebnisse der anderen deutschen Projektpartner (z.B. Satellitendaten, Ergebnisse der Kartierungen) ein sehr wichtiger Bestandteil von Locust-GIS. Diese Produkte wurden in den GeoServer[®] übergeben und stehen zur Visualisierung in Locust-GIS zur Verfügung.

Die in Locust-GIS integrierten Karten, Satellitenbilder oder Auswertungen der Projektpartner lassen sich über ein QGIS-Plugin exportieren. In SUN Mobil erfolgt die Kartenintegration dann über den im Zuge dieses Projektes weiterentwickelten Rasterdatenimport. Die Karten bzw. Sattelitbilder oder UAV Befliegungen aus Locust-GIS, stehen dadurch bei den Felduntersuchungskampagnen in SUN Mobil offline in der App zur Verfügung.

Installation von Locust-GIS

Da die webGIS Komponente von Locust-GIS, ebenso wie SUN Mobil auf einem Cloudserver installiert ist, war eine Installation auf lokalen Servern der kasachischen Projektpartner und Stakeholdern nicht notwendig. Durch den Cloudserver fallen für die Projektpartner keine Wartungs- und Updateaufwände an. Der Locust-GIS webGIS Viewer wurde in den letzten beiden Kampagnen im Mai und Juli bzw. Juli vorgestellt.

1.3.2 Quellwerke GmbH

Für Erstellung der mobilen Applikation wurden die Aufgaben mit dem Partner VBSUN geteilt, wobei wir für die technische Umsetzung verantwortlich waren und VBSUN bei den fachlichen Bereichen technisch unterstützen hatten.

Mobil App

Spezifikation der SUN Mobil Weiterentwicklung

Auf Grund der fachlichen Anforderungen in Bezug auf die flächenhafte Erfassung in Form von Polygonen und weiteren GIS-Funktionalitäten wie z.B. der automatischen Ermittlung von Flächen, wurde die Entscheidung getroffen den Datenbankserver von MySQL zu PostgreSQL zu wechseln. PostgreSQL bringt mit der PostGIS Erweiterung sehr viele GIS-Funktionen mit, die Datenbank-seitig direkt genutzt werden können.

Für eine bessere Performance bei der Übertragung von Daten aus SUN Mobil App zu SUN Mobil web, wurde im Rahmen der Spezifikation festgelegt, große Teile der Schnittstelle von REST (HTTP) auf Websockets umzustellen. Vor allem im Bereich der binären Datenübertragung (Bilder, Karten) wird eine viel bessere Performance erreicht. Weiteres Optimierungspotential im Sinne der Performance-Steigerung machte im Bereich der Datenbank-Modellierung aus.

Für die Anforderungen in den Bereichen Internationalisierung (I18N) sowie des fachlich spezifizierten Rollen-Rechte-Systems für den Multiuser-Einsatz, musste das Klassenmodell von SUN Mobil Web angepasst und erweitert werden und war daher Bestandteil der technischen Spezifikation.

Da es in Zukunft nicht nur in der App sondern auch in der Web-Anwendung eine Kartenansicht geben soll, wurden im Rahmen des Spezifikations-Tasks Technologien evaluiert, die sowohl im App- als auch im Web-Umfeld eingesetzt werden können um hier eine Wiederverwendung zu

erreichen. Zudem muss das zukünftige Kartenmodul die gesetzten Anforderungen in Bezug auf die automatische Generierung der Kartenteilbilder (Tiles) erfüllen.

Anpassungen SUN Mobil Web und SUN Mobil App

SUN Mobil besteht aus zwei Komponenten: eine Server-Komponente und ein App-Client für die beiden Plattformen iOS (Apple) und Android. Die App ist speziell für den Feldeinsatz konzipiert und daher auf keine Internetverbindung bei der Erfassung von Daten angewiesen. Bestehende Daten werden vor einem Feld- bzw. Kontrollgang in die App importiert und während eines Kontrollgangs mit Daten angereichert. Nach einem Kontrollgang werden die Daten aus der App wieder auf den Server exportiert. Für den Im- bzw. Export wurde im Zuge des Projektes Locust-Tec zwischen Server und App-Client auf eine Websocket-Verbindung umgestellt, da die bisherige Synchronisation nicht ausreichend performant war, um insbesondere größere Bild oder Kartendaten zwischen Server und App zu synchronisieren. Durch die Umstellung auf eine Socket-Verbindung wurde neben einer besseren Performance bei der Übertragung eine qualitativ hochwertigere Integrität der Daten gewährleistet und auf Ausnahmen entsprechend reagiert werden.

Für die Erstellung neuer Fachschalen bzw. die Anpassung vorhandener Fachschalen auf kundenspezifische Anforderungen war bereits vor dem Project Locust-Tec ein Admin-Modul vorhanden. Das Admin-Modul ist Bestandteil der oben genannten Webapplikation. Um bei der Erstellung von Fachschalen eine hohe Qualität des Datenmodells zu erreichen, wurde ein erweitertes Regelwerk für die Validierung erstellt und implementiert. Als Erweiterung in diesem Bereich ist die Möglichkeit anzusehen, Attribute in Abhängigkeit zueinander setzen zu können. Ebenfalls eine wichtige Funktion für das Locust-Tec Projekt.

SUN Mobil verfügt neben der tabellarischen Ansicht der Daten (Master-Detail) auch über eine Kartenansicht. Die Kartenansicht wird mit eigenen Karten oder Bildmaterial realisiert. Hierfür werden Luftbilder oder Karten georeferenziert und in sogenannte Tiles (rechteckige Bildteile) konvertiert. Für jeden Vergrößerungsfaktor müssen eigene Tiles generiert werden. Dieser Vorgang ist bisher für die Verwendung in SUN Mobil noch nicht automatisiert und erfordert einen hohen, mehrstufigen manuellen Aufwand. Die erstellten Tiles werden vom App-Client automatisch geladen, sofern diese für ein Projekt zur Verfügung gestellt werden. In der früheren Version ist nur der App-Client mit einer Kartenansicht ausgestattet. Eine Kartenansicht für die Webapplikation wurde im Rahmen dieses Tasks implementiert. Dabei wurde im Sinne der Wiederverwendung (Synergien) auf die gleiche Technologie gesetzt, wie im App-Umfeld. Die automatisierte Erstellung der Tiles bzw. die wahlweise Verwendung von offenem Kartenmaterial oder WMF-Karten stellt darüber hinaus eine signifikante Verbesserung der Lösung dar.

Karte

Daten: кубышки / Eggs Filter anwenden Aktionen Neuer Datensatz

10 Einträge anzeigen

1 bis 10 von 63 Einträgen

Zurück 1 2 3 4 5 6 7 Nächste

Alles auswählen
 Auswahl aufheben
 Zu einem Kontrollgang hinzufügen

ID	Status	Gesperrt	район / Rayon	сельский округ / City	Дата начала / Start date	Geometrie	Erstellt am	Aktionen
48	●	<input checked="" type="checkbox"/>	Аксуский	Алгабаский	01.09.2021 00:00:00	Typ: Polygon Koordinaten	01.09.2021 16:12:29	

Abbildung 48: Kartenansicht in SUN Mobil Web mit Open Street Map.

● 2023-09-11 09:14:23.787 - Теренкөл - Береговой

Виды саранчи / Locust species:

область / Oblast:

район / Rayon:

сельский округ / City:

ТОО/КХ/ФХ / Name:

вид сельхозугодий / Land use:

номер поля / field id:

площадь поля в га / Field size in ha:

количество проб / Count of samples:

Обнаружено кубышек - Всего / observed eggpod - count:

Обнаружено кубышек - поврежденные / observed eggpod - condition damaged:

Обнаружено кубышек - :

Gesperrt
 Status:

Bilder (0)

Koordinaten

Systemfelder

Datensatz-ID	100
GUID	c3b6b5a9-bc15-4b96-89dd-ef954228978c
Status	5
Erstellt am	13.09.2023 09:14:22
Erstellt von	Ельмира Куандыкова
Aktualisiert am	13.09.2023 09:43:02
Aktualisiert von	Ельмира Куандыкова
Kontrollgang	Теренкөл

Abbildung 49: Kartenansicht Objekt-Detailseite in SUN Mobil Web mit Luftbild.

SUN Mobil war vor dem Locust-Tec Projekt nur im deutschsprachigen Gebiet im Einsatz. Daher war die Lösung noch nicht internationalisiert. Für den internationalen Einsatz wurde die Lösung für die Mehrsprachigkeit und die Lokalisierung aufbereitet. Hierzu wurde sowohl das Klassenmodell als auch das Datenbankmodell erweitert, um mit den länder- und sprachspezifischen Daten umgehen zu können. Zudem wurden im Web- und App-Umfeld Sprachdateien eingeführt, die abhängig von der ausgewählten Sprache für die Übersetzung der Frontends geladen werden. Hierfür wird der Übersetzungsstandard XLIFF verwendet. Um Verständnis-Probleme mit den kasachischen Partnern während der Entwicklung zu vermeiden, wurde das Datenbank-Modell während der Entwicklung für die Kommunikation und die Nutzung in Schulungen und Workshops zweisprachig (Englisch und Russisch) angelegt. Nachdem die Daten erfasst und mit dem Server synchronisiert sind, werden über eine Exportschnittstelle XML-Dumps bzw. CSV-Dateien für das Ziel-GIS (Geoinformationssystem) erstellt. Die Datenbank wurde von MySQL auf PostgreSQL umgestellt und die PostGIS Erweiterung installiert. Dadurch wurde die Möglichkeit geschaffen, dass das Locust-GIS System auf Basis von QGIS direkt auf die Datenbank von SUN Mobil zugreifen kann. Für den Zugriff auf die Datenbank wurde ein Datenbank-Benutzer mit reduzierten Berechtigungen erstellt, um die Konsistenz der Daten in der SUN Mobil Datenbank zu garantieren. Wie vorab von VBSUN fachlich beschrieben, gibt es Datenfelder, die automatisch berechnete Werte enthalten sollen. Hierzu gehören Felder wie die Fläche eines Polygons oder die Anzahl der Nymphen pro Quadratmeter. Diese Anforderung stellt eine neue Funktion für SUNMOBIL dar und wurde für die Locust-Tec Fachschale umgesetzt. Es wurde der Datentyp „Calculated Value“ eingeführt. Bei diesem Datensatz ist es möglich eine sogenannte Berechnerklasse an ein Datenbankfeld zu binden. Diese Berechnerklasse kann beliebige Berechnungen vornehmen und dabei auf andere Werte desselben Objektes oder auf Werte verknüpfter Objekte zurückgreifen.

Attribut	
Name	count_nymph_sqm
Anzeigename	количество личинок на кв.м / count nymph per sqm
Schlüssel	<input type="checkbox"/>
Unique (Stab)	<input type="checkbox"/>
Label	Nam
Datentyp	Calculated Value
Objektverknüpfung	02 старшее и младшее / Paving
Projektobjekt. Auf Elternobjekt beschränken	ohne (alle zulassen)
Kalkulator-Klasse	\App\Calculator\LocustTechNymphCountCalculator
Time to Future Optionen	
Polygon size unit	Square meter (m²)

Abbildung 50: Festlegung eines Datenfeldes als Calculated Value Feld.

```

11 class LocustNymphCountCalculator extends \App\Model\ProjectObjectAttribute\Calculator implements \App\Model\ProjectObjectAttribute\CalculatorClassInterface
12 {
13
14     public function compute(ProjectObject $object, Record $record, ProjectObjectAttribute $context): string
15     {
16         if (!$record->getRecordId() && !empty($record->getCustomAttributes())) {
17             $count_nymph_per_sample = $record->getCustomAttributes()["count_nymph_per_sample"];
18             $count_of_samples = $record->getCustomAttributes()["count_of_samples"];
19
20             if (!empty($count_nymph_per_sample) && !empty($count_of_samples)){
21                 return round($count_nymph_per_sample/$count_of_samples, $precision: 1);
22             }else{
23                 return 'data missing for calculation';
24             }
25         }
26
27         return '';
28     }
29 }
30 }

```

Abbildung 51: Beispiel Berechnerklasse für Anzahl Nymphen pro Quadratmeter.

Eine weitere Komponente der Webapplikation ist ein Generator für Berichte. Über eine Zusammenstellung von Filtern, die auch für die weitere Verwendung gespeichert werden können, werden mehrstufige HTML-Berichte erzeugt, die als PDF-Datei gespeichert oder direkt ausgedruckt werden können. Der Generator wurde im Rahmen des Projektes um Funktionen erweitert, die die Verwendung von Bild- und Kartenmaterial innerhalb der Berichte ermöglichen. Zudem wurden PDF-Templates für die Generierung Locust-Tec spezifischer PDF-Berichte konzipiert und erstellt.

Eine weitere wichtige Funktion ist die Möglichkeit Daten mit mehreren Benutzern gleichzeitig erfassen zu können. Die im Projektantrag beschriebene Sperrfunktion wurde entfernt und ein „echtes“ Multiuser-Konzept umgesetzt. Die bisherige Benutzerverwaltung im Admin-Panel wurde hierfür um ein Rollen- und Rechtemodell erweitert. Auf eine App synchronisierte Objekte werden auf dem Server jetzt nicht mehr gesperrt und können somit auch auf einen anderen App-Client synchronisiert werden. Beim zurückspielen der Daten werden diese entweder zusammengefasst oder als Doubletten gekennzeichnet und können durch den Benutzer des Admin-Panels nachträglich manuell berichtigt werden.

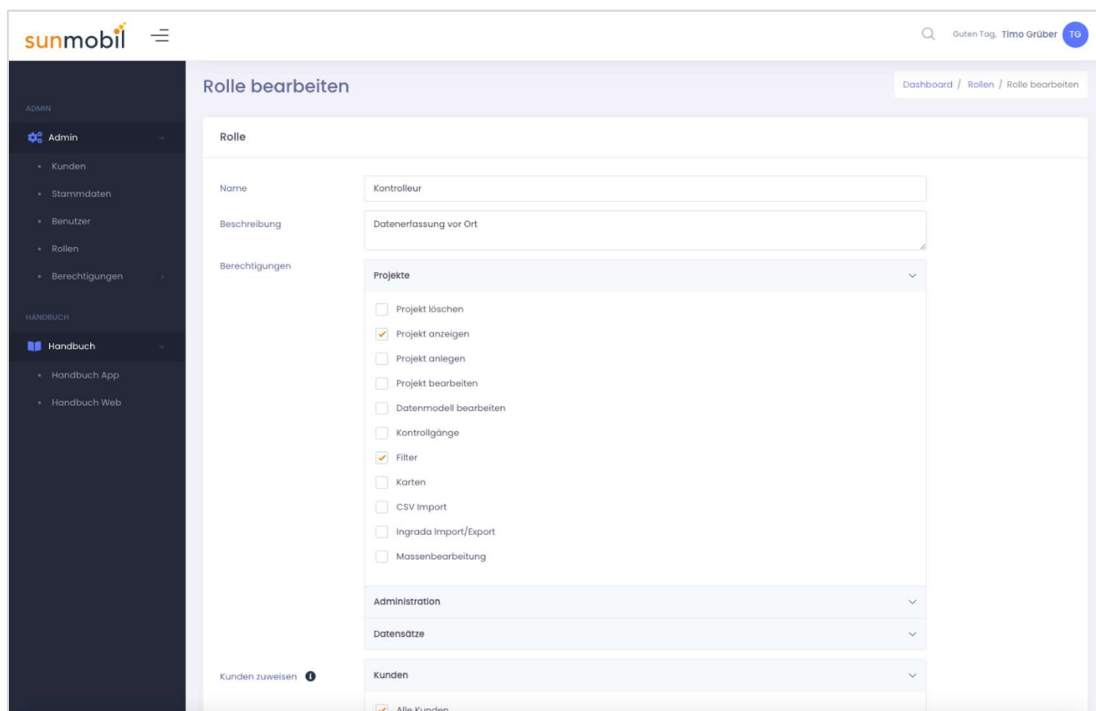


Abbildung 52: Ansicht Benutzerverwaltung im SUN Mobil Web Admin Panel.

Eine weitere Anforderung, welche im Projektantrag beschrieben wurde, stellt die Erfassung von Geodaten in Form von Flächen (Polygonen) dar. Für die Umsetzung dieser Funktion hat man sich in Zusammenarbeit mit dem Partner VBSUN entschieden auf das Datenbanksystem PostgreSQL umzusatteln. Da, mit der Verwendung von Polygonen, viele weitere Funktionsmöglichkeiten entstehen (z.B. automatische Berechnung von Flächen) wurde zudem die Verwendung der Postgres-Erweiterung PostGIS abgestimmt. Sowohl die Verwendung bzw. Erstellung von Polygonen in der App- als auch der Web-Komponente wurden in diesem Task von QW unter der Verwendung des PostGIS Datentyps Geometry technisch umgesetzt und durch das Geoinformationszentrum VBSUN fachlich überprüft und qualifiziert.

Lifecycle Management

Die Aufgaben innerhalb des Lifecycle Managements umfasste alle Tätigkeiten, die im Rahmen der gesamten Entwicklungsphase parallel zu der Implementierung der Funktionen angefallen waren. Da an der Umsetzung der beschriebenen Anforderungen mehrere Entwickler arbeiten und um Datenverluste vorzubeugen setzt Quellwerke auf das Versioning Management System GIT (Gitlab). Hier wird sowohl der Quellcode der App- als auch der Webanwendung von SUN Mobil versioniert. Das Versionierungssystem ist zudem zentrale Basis für die Einrichtung der Development-Umgebungen sowie für die Deployments auf Test- und Live-Server. Da die Aufgaben der Versionierung und der Deployments wiederkehrend sind und über die gesamte Projektlaufzeit durchgeführt werden müssen, sind sie Teil des Lifecycle Managements.

Der Quellcode der App ist zwar in GIT versioniert, kann aber nicht wie die Web-Anwendung auch über GIT deployed (verteilt) werden. Im Falle der App, egal ob für Android oder für iOS, müssen jeweils native App-Builds erstellt werden, die dann auf den Mobilien Geräten installiert werden können. Da im Rahmen des Projektes die kasachischen Projektpartner mit Android-Tablets für die Felderfassung ausgestattet wurden, musste nach einer Lösung gesucht werden, neue App-Versionen aus der Ferne automatisch an die Android-Devices zu verteilen um zu gewährleisten, dass alle App-User die gleiche Version der App nutzen. Man entschied sich für das Mobile Device Management System Mobile Device Manager Plus verwendet, welches bis zur Verwaltung von 25 Devices kostenlos genutzt werden kann. Neben der SUN Mobil Web Instanz, die zu Testzwecken auf einem Managed Server in Deutschland installiert wurde, war für die Nutzung im Feld und Offline-Betrieb eine lokale Client-Server Umgebung notwendig. Insbesondere bei den Feldkampagnen im Süden Kasachstans, war bereits vor Antritt klar, dass keine Internetverbindungen zur Verfügung stehen würden. Aus diesem Grund hat Quellwerke ein lokales System realisiert um eine Verbindung zu SUN Mobil Web für die App-Clients zu simulieren und das Gesamtsystem ausreichend gut im Feld testen zu können. Die Daten, die während der Feldkampagnen mit dem lokalen Server synchronisiert wurden, wurden im Nachgang auf den echten Server migriert.

Going Live: Installation auf Zielsever; Dokumentation

SUN Mobil ist für die deutschen Kunden von VBSUN in der aktuellen Version im Einsatz. Um eine Unabhängigkeit zur Locust-Tec Fachschale zu bekommen, wurde eine dedizierte SUN Mobil Web Instanz erstellt und auf einem Managed Server in Deutschland installiert. Das

Locust-Tec Live-System kann über die Subdomain <https://locust-tec.sunmobil.app> aufgerufen werden. Die Datenbanken für alle SUN Mobil Fachschalen und Projekte werden auf einem eigenen Cloud-Server gehostet, auf dem lediglich die PostgreSQL Datenbank installiert ist. Eine Installation vor Ort in Kasachstan ist somit nicht notwendig. Bevor das Locust-Tec Live-System für die Nutzung im Live-Betrieb freigegeben wurde, wurden umfangreiche Live-Tests durchgeführt. Im Rahmen der beiden letzten Kasachstan-Reisen wurden den Partnern vor Ort das Live-System präsentiert und die Nutzung in Form von Workshops geschult. In Zusammenarbeit mit VBSUN sowie dem DLR-DFD sind zudem Anwendungsvideos in mehreren Sprachen erstellt und den kasachischen Partnern zur Verfügung gestellt worden.

1.3.3 Pavlodar „Republican Methodological Center of Phytosanity Diagnostics and Forecasts“

Die Rolle dieses Partners war im gesamten Projekt eine entscheidende. Durch die mehr als 20-jährige Erfahrung beim Monitoring, wurde die wichtigsten Inhalte sowohl bzgl. der Heuschreckenökologie und -biologie als auch administrative Vorgänge beim Monitoring und Bekämpfung an die deutschen Verbundpartner vermittelt. Die Mitarbeiter wurden mehrfach zur Nutzung der entwickelten Applikation geschult und gaben stetig hilfreiches Feedback für die Verbesserung und Akzeptanz der SUN Mobil Locust-Tec Fachschale.

1.3.4 Kasachisches Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Quarantäne (KRI-PPQ)

Das KRI-PPQ hat im Laufe des Projektes die Entwicklung der Applikation mit seinem Wissen und Austausch mit wissenschaftlichen Mitarbeitern unterstützt und gefördert. Organisatorische Erlaubnisse über die Feldkampagnen und experimentelle Tests wurden durch den Partner mit den zuständigen Behörden offiziell abgewickelt und organisiert. Auch bei der Entwicklung der UAV Auswertungen gab es produktiven Austausch. Vor allem die Zeitpunkte wann UAV Befliegungen bzgl. Witterung und Heuschreckenverhalten am sinnvollsten sind, spielen eine wichtige Rolle um nutzbares Bildmaterial zu erzeugen.

1.4 Arbeitspaket 4000 Bekämpfung

1.4.1 Horizont group GmbH

Die Fa. Horizont group hatte die Aufgabe existierende elektrische Gitter der Prof. Dr. Frithjof Voss Stiftung – Stiftung für Geographie (zwei Gebrauchsmuster zur Bekämpfung von Schädfluginsekten mit Hochspannungsgitter) in experimentellen Versuchen weiterzuentwickeln und das Potential als zusätzliche und giftfreie Methode der Heuschreckenbekämpfung zu bewerten. Hier wurde sowohl der präventive Bekämpfungsfall (während der Entwicklungsphase der Nymphen), als auch der Abwehrfall (während einem Ausbruch oder Plage) untersucht.

Sichtung Status Quo und Bewertung interne/externe Anforderungen

Evaluation existierender Gebrauchsmuster, Ermittlung interner und externer Einflussfaktoren

Bei dieser Aufgabe wurden Schutzrechte für mechanische, akustische sowie auf der Basis von Dampf und Lockmitteln Systeme zur Bekämpfung von Heuschrecken und ähnlichen Insekten recherchiert und sondiert. Es wurden keine weiteren inhaltlich vergleichbaren Schutzrechte mit elektrischen Gittern gefunden, welche mit dem bekannten Gebrauchsmuster kollidieren.

Priorisierung externer Einflussfaktoren und Konsolidierung im Lasten-/ Pflichtenheft

Durch Vorversuche unter Laborbedingungen mit Wüstenheuschrecken (Zuchtfarm) und mittels eines ersten Prototyps des Metalldraht-Gitters wurden die für den Generator zur Bekämpfung notwendigen elektrischen Spannungen ermittelt (8.000 bis 12.000 Volt). Die Anforderungen für den Prototypen basierten auf spezifischen geographischen Gegebenheiten in Abstimmung mit kasachischen Experten des Partner KRI-PPQ:

- 1) Manueller Betrieb: Mit min. zwei Personen schiebbarer Heuschreckenbekämpfungswagen inkl. Gitter und Auffangbehälter für Heuschrecken. Optional: Zusätzliche seitliche modulare Erweiterungen des Gitters inkl. Auffangbehälter, welche an beiden Seiten in der mittleren Achse zwischen den beiden Rädern befestigt werden können.
- 2) Anhängend oder Schub: Ähnlich wie im manuellen Betrieb mit Anschluss an ein Quad, Geländewagen oder in der finalen Ausbaustufe an einen Traktor. Weitere Anschlussmöglichkeit für einen Wagen mit Auffangbehälter bzw. Bunker zur Lagerung und besseren Abtransport der Insekten.

Entwicklung und Prüfung Prototypen vor Ort

1. Prä-Test in Kasachstan und Auswertung

Erster Prä-Test im Süden von Kasachstan (Turkistan Region) wurden im April 2019 durchgeführt (Bedingungen: Steppenlandschaft mit gleichmäßigem mono- und dikotylem Aufwuchs etwa 20 cm hoch, Nymphen der Marokkanischen Wanderheuschrecke im 2. bis 3. Stadium mit einer Länge ca. 7mm, Breite ca. 3mm). Die Zuführung wurde in verschiedenen Höhen und Abhängungen zu den Seiten getestet. Zinken, Ketten, etc. wurden als Stimulus von Pflanzen und Boden zur Sprungauslösung der Heuschrecken geprüft. Die Tests wurden zu

verschiedenen Tageszeiten durchgeführt, um entsprechende Aktivitätszustände der Nymphen mit einzubeziehen. Durch die Bekämpfung konnten keine negativen Einflüsse auf Flora und Fauna vor Ort festgestellt werden. Der beste Bekämpfungserfolg wurde mit einer bodennah geführten Folie, einem verkleidetem Fangtrichter und dem liegenden geführtem Fanggitter erzielt (Abbildung 53). Der Bekämpfungserfolg konnte aufgrund der Sprunghaftigkeit der Nymphen nicht bestimmt werden, wurde aber als niedrig eingestuft. Zweiter Feldtest wurde im Norden von Kasachstan (Pavlodar Region) im Juni 2019 durchgeführt (Bedingungen: Steppenlandschaft mit mono- und dikotylen Aufwuchs, der in Büscheln unregelmäßig bis zu 70 cm hoch aufragt, Nymphen der Italienischen Schönschrecke im 2. bis 3. Stadium, Länge ca. 10 mm, Breite ca. 4 mm). Durch die geringe Anzahl vorhandener Nymphen im Zielgebiet (aufgrund der meteorologischen Bedingungen und Populationsrückgang) konnte nur die Konstruktion, nicht aber der Bekämpfungserfolg getestet werden.



Abbildung 53: Prototyp Nr. 1 im stehenden Einsatz (links) und im liegenden Einsatz mit Fangplane (rechts).

2. Prä-Test in Kasachstan

Nach den beiden Feldkampagnen 2019 erfolgte eine weitere Recherche zu Fanggeräten von Heuschrecken. Die Rechercheergebnisse und die Ergebnisse aus beiden Prä-Tests sind in das Lasten- und Pflichtenheft eingegangen. Die Konstruktion für einen weiteren Prototypen und Prä-Test wurde abgeschlossen und der Prototyp Nr. 2 entwickelt (Abbildung 54, Abbildung 55).



Abbildung 54: Skizze zum Prototyp Nr. 2.



Abbildung 55: Prototyp Nr. 2 im Feld beim zweiten Prä-Test in 2022.

Erste Tests, bei denen der Prototyp Nr. 2 mit einem Auto gezogen wurde, wurden im Februar 2022 erst in Deutschland auf mechanische Funktionen erfolgreich getestet. Der Prototyp wurde in Mai 2022 für die Marokkanischen Wanderheuschrecken im Süden Kasachstans getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass es Probleme mit der Geländetauglichkeit der Mehrfachachse gibt und die Ausrichtung des Gitters entscheidenden Einfluss auf den Tötungserfolg hat. Ergebnisse führten für letzte Anpassungen und dem Prototyp Nr. 3, der wieder im Süden Kasachstans April 2023 eingesetzt und getestet (Abbildung 56). Die Beobachtungen der letzten Feldversuche zeigten alle, dass die Höhe des Gitters überdimensioniert sei. Da die Heuschrecken im 2. und 3. Stadium nur in selten Fällen höher als 20 cm in das Gitter springen. Das Gitter wurde auch wieder so ausgerichtet, dass die bekämpften Heuschrecken nicht für einen Kurzschluss sorgen konnten, wenn sie nach unten im Gitter rutschen. Wie im Vorjahr auch, wurden an den Seiten Fanghilfen mit Planen angebracht und zur Befestigung des Generators und der Stromquelle ein stabiles Holzbrett auf dem Wagen montiert. Durch die Verwendung der PKW-Anhängerachse ergab sich ebenfalls der Vorteil, dass die Position der Deichsel variabel gehalten werden konnte. Dadurch wurde erreicht, dass die Fangvorrichtung seitlich zum Zugfahrzeug wirken konnte.

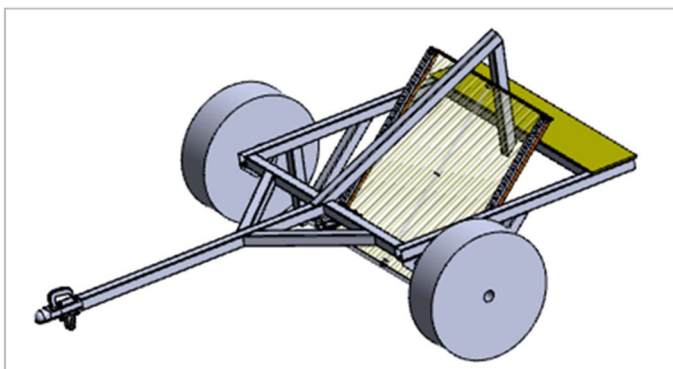


Abbildung 56: Skizze von Prototyp Nr. 3 (links) und im Feld (rechts).

Auf der Abbildung 57 ist ein großer Band von Heuschrecken in Bewegung am Boden zu sehen. Eine Strategie, die in Absprache mit Experten vor Ort erprobt wurde, war die ruhenden Akkumulation von Heuschrecken zu überfahren, wenn diese bei gesenkten Temperaturen und wenig Sonnenstrahlung, vor allem morgens und abends, ruhen. Die andere Strategie war es diese Ansammlung von Heuschrecken in der Bewegung in verschiedenen Winkeln zu überfahren, um so möglichst viele Heuschrecken zu fangen.



Abbildung 57: Ein Band (Akkumulation von Heuschrecken im Nymphenphase) der Marokkanischen Wanderheuschrecke während der Feldkampagne in April 2023.

Die ruhenden Heuschrecken zu überfahren hat sich als nicht effektiv herausgestellt. Durch die Inaktivität der Tiere, werden diese höchsten mechanisch durch das Gitter von den Pflanzen gelöst. Bei dieser Art der Berührung ergeben sich auch immer wieder Probleme durch Kurzschlüsse mit den Pflanzen, da die Berührung mit dem Tierkontakt einher geht. Die geschätzte Effektivität bei dieser Fangmethode lag selbst bei mehreren Überfahrten (bis zu sechs Mal getestet) nie höher als 10 bis 20% der gesamten Heuschreckenanzahl.

Als deutlich effektiver stellte sich die klassische Methode mit der neuen Fangvorrichtung heraus. Hierbei ergaben sich jedoch auch deutliche Unterschiede in den verschiedenen Ansätzen. Auf Hinweis der örtlichen Behörden wurde die Fangvorrichtung so gebaut, dass die Achse seitlich versetzt zum Fahrzeug läuft, damit erreicht man, dass die Heuschrecken durch

das Zugfahrzeug aufgeschreckt werden und zur Seite springen und dann direkt aufgesammelt werden von der Fangeinrichtung, falls diese auf der richtigen Seite läuft. Am effektivsten war die Methode parallel zum sich bewegenden Band zu fahren. Dabei wurden Fangeffizienzen von bis zu 80% geschätzt. Die Fangkapazitäten des Wagens gerieten hierbei an ihre Grenzen. Bei dieser Bekämpfungsstrategie ist auch wie 2022 schon aufgefallen, dass die Heuschrecken trotz geänderter Anbringung des Gitters vermehrt an den Gitterstäben kleben bleiben und dadurch ein Kurzschluss verursacht wird. Des Weiteren wurden bis zu drei Hochspannungsgeneratoren, sowie ein starkes Weidezaungerät mit einer Ausgangsleistung von bis zu fünf Joule (J) Output (höchste zugelassene Ausgangsenergie in Europa) parallel oder getrennt voneinander auf das Gitter geschaltet. Die Wirksamkeit konnte durch verschiedene Anordnungen deutlich gesteigert werden. In einer einzelnen Überfahrt mit drei voneinander getrennten Abschnitten auf dem Gitter konnte eine Wirksamkeit von bis zu 80% geschätzt werden. Jedoch ergaben sich durch die hohe Spannung auch sicherheitsbedenkliche Risiken. Durch die deutliche erhöhte Spannung im Falle der verschiedenen Anordnungen gab es zu Stromüberschlägen auf dem ganzen Wagen, selbst durch Zentimeter starken Kunststoff. So dass die Versuche eingestellt werden mussten.

Ergebnis des 2023 Feldversuchs in Kasachstan: Ein kompakterer und leichter Anhänger nach den Vorstellungen der Feldversuche aus 2022, der einen deutlich höheren Fangerfolg und eine bessere Geländegängigkeit hat als der Vorgänger. Leider jedoch aufgrund der Kurzschlussproblematik mit einer ähnlichen geringen Bekämpfungswirksamkeit im Feld verbleibt. Die Bekämpfungswirksamkeit konnte durch diverse Anordnungen und Erhöhung der Ausgangsspannung sowie -energie nicht signifikant verbessert werden.

Auswertung und Design Review

Von den verschiedenen Prototypen erwies sich der Prototyp Nr. 3 am erfolgreichsten. Er wies die höchsten Fangquoten auf, hatte die höchste Praxistauglichkeit mit geringstem Gewicht und zudem die niedrigsten technischen Ausfälle im Feld. Trotz aller Änderung an den Prototypen blieb das Grundproblem immer gleich, dass durch die Kurzschlussproblematik die Bekämpfungswirksamkeit bei hohem Durchsatz gering, bis gar nicht vorhanden ist. Es wurden diverse Strategien erprobt und haben keinen signifikanten Erfolg ohne wachsendes Risiko für die Anwender gebracht. Hier sollte für eine eventuelle Folgeforschung die Weiterentwicklung der Gitterstäbe mit Materialien, die eine Anhaftung verhindern, im Vordergrund stehen.

Bekämpfung der Wüstenheuschrecke (Zielgebiet Ostafrika)

Anpassung Prototypen Wüstenheuschrecke

Der Prototyp entstand aus dem Gitter des Fanggeräts für die Prä-Tests aus Kasachstan. Nach den ersten Recherchen und einer leider aufgrund von Corona nicht stattgefundenen Reise, hat man sich für eine tragbare Variante mit einem Griff entschieden (Abbildung 58).

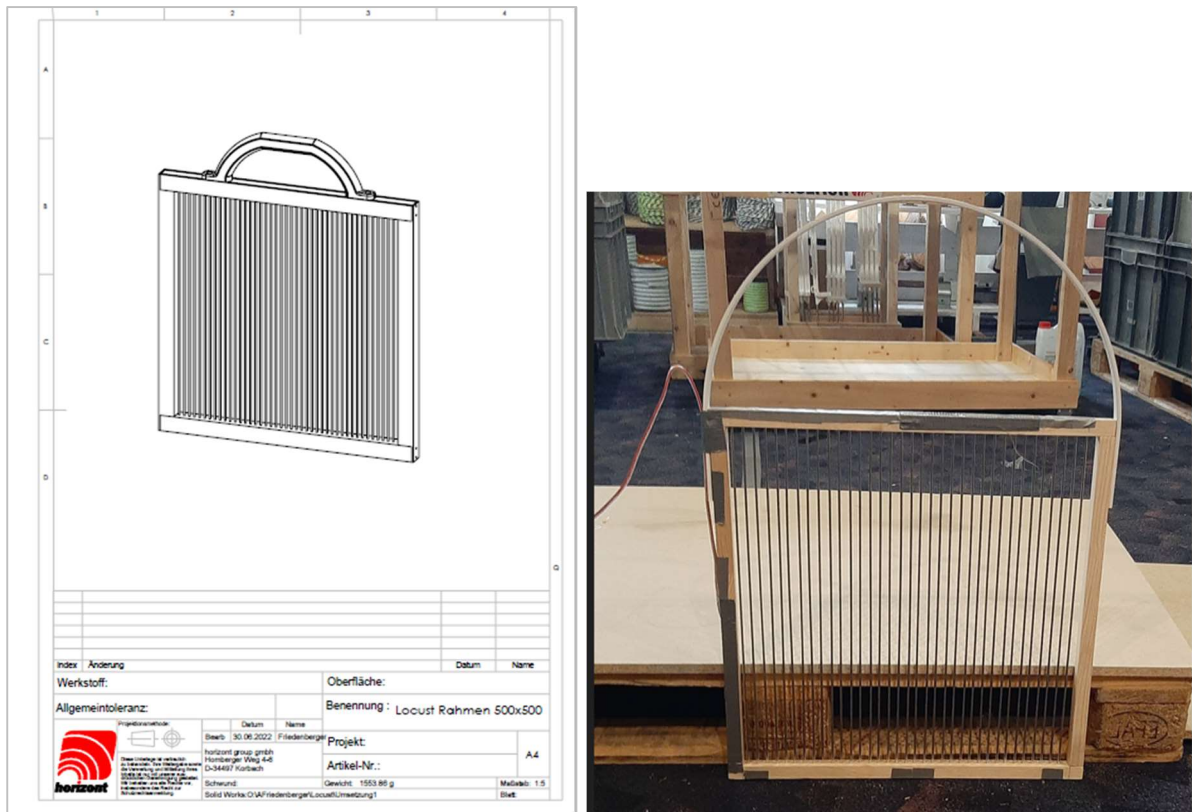


Abbildung 58: Finale technische Zeichnung Prototyp Handgitter (left) erster Prototyp Handgitter (right).

1. Prä-Test (Ostafrika) und Auswertung

Im Jahr 2021 konnten aufgrund der Coronabeschränkungen keine Reisen durchgeführt werden und somit auch keine Versuche vor Ort während der andauernden Plage stattfinden. Als Alternative fand ein größerer Test bei der Heuschreckenzuchtfarm *Reptile Food Handels- & Zucht GmbH* in Aurachtal statt. Dabei wurden verschiedene Entwicklungsphasen der Heuschrecken in unterschiedlichen Mengen getestet (Abbildung 59). Die Versuche haben ergeben, dass das Fanggitter hinsichtlich Drahtabstand und Rahmen weiterentwickelt werden muss, da in der getesteten Form zu viele Anhaftungen von Insekten durch die Rahmenkonstruktion verursacht wurden. Dadurch wurden die Effektivität und dauerhafte Stromversorgung negativ beeinträchtigt. Deshalb musste zum nächsten Prä-Test eine Anpassung an die Gitterabstände und eine Veränderung der elektrischen Leistungsfähigkeit stattfinden.



Abbildung 59: Fertige Prototypen mit unterschiedlichen Gitterabständen (links) und Versuchsaufbau unter Laborbedingungen (rechts).

2. Prä-Test (Ostafrika) und Auswertung

Im Jahr 2023 wurde früh klar, dass es in diesem Jahr keine verstärkten Ausbrüche von Wüstenheuschrecken in Ostafrika (Fokus auf Kenia) geben würde. Deshalb fanden die Versuche für das Handgitter unter Laborbedingungen statt. Hierzu wurden Heuschrecken in verschiedenen Stadien, aber hauptsächlich adulte Wüstenheuschrecken, die bereits flugfähig sind, getestet. Es wurden zwei Gitter mit unterschiedlichen Gitterstababständen miteinander in Hinblick auf Fangeffizienz und Bekämpfungswirksamkeit verglichen. Bei Versuchen mit einzelnen Heuschrecken im Gitter war die Bekämpfungswirksamkeit nahezu 100%, sobald mehr als drei Heuschrecken parallel auf dem Gitter sind, nimmt diese rapide ab. Für die Entwicklung des Handgitters wurde die Entscheidung getroffen, diese nicht an Partner abzugeben, da das gesundheitliche Risiko durch ungeschultes Personal zu hoch sei.

1.4.2 Kasachisches Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Quarantäne (KRI-PPQ)

Das KRI-PPQ hat bei den Arbeiten innerhalb des AP 4000 einen wesentlichen Teil beigetragen und Fa. Horizont bei der Konzipierung verschiedene Prototypen unterstützt. Hier kann vor allem der Beitrag der Entomologen mit langjähriger Erfahrung bei der Bekämpfung von Heuschreckenausbrüchen zu unterschiedlichen Verhaltensweisen (z.B. zu unterschiedlichen Tageszeiten, Lebensstadien, meteorologische Bedingungen) herausgehoben werden. Bei allen experimentellen Versuchen im Feld waren die Experten von KRI-PPQ vor Ort und gaben Verbesserungsvorschläge bzgl. der mechanischen Einrichtung ab, skizzierten die praktizierten Techniken, um die Vorrichtungen praxisnah und anwendbar zu konstruieren.

1.5 Arbeitspaket 5000 Dissemination

Der Veröffentlichung und Weitergabe der Projektergebnisse bekommt in Locust-Tec Projekt einen hohen Stellenwert. Im AP 5000 „Dissemination“ gab es entsprechend einer Reihe an Maßnahmen und Aktivitäten, die der Verbreitung und Veröffentlichung der Projektergebnisse sowie der Förderung der Projektsichtbarkeit gedient haben. Alle Projektpartner haben stets mit notwendigen Materialien, Informationen und Ihrer Verfügbarkeit (z.B. Erstellung des Projektvideos, Teilnahme an Konferenzen) zu diesen Arbeitspaket beigetragen, die unter der Leitung von DLR-DFD stand.

1.5.1 DLR-DFD

Verbreitung und Veröffentlichung

Projektwebsite

Eine stets aktuelle Projektwebsite in Englisch wurde zu Beginn des Projektes eingerichtet und laufend verbessert (Design) als auch mit laufenden Aktivitäten aktualisiert. Die Projektwebseite informiert über das Projektvorhaben und -ziele, über die beteiligten Projektpartner, sowie über das BMBF als fördernde Institution. Aktuelle Aktivitäten, Publikationen und relevante Projektergebnisse werden entsprechend präsentiert.

Projektwebseite: <https://locust-tec.eoc.dlr.de/> (Letztes Update 31.01.2024)

Publikationen

Ein wichtiger Bestandteil einer internationalen Forschungskooperation sind gemeinsame wissenschaftliche Veröffentlichungen der deutschen und kasachischen Partner in einschlägigen Fach-Journalen. Im Laufe des Projektes konnten fünf Publikationen in internationalen peer-review Zeitschriften veröffentlicht werden (Liste der Veröffentlichung im Kapitel 6). Des Weiteren wurde die Sichtbarkeit der Projektaktivitäten durch verschiedene weitere Medien vorangetrieben, wie z.B. durch Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der CLIENT-II adelphi, sowie durch Aktivitäten des regionalen Projektbüros CASIB in Almaty, Kasachstan. Es gab auch zahlreiche Beiträge in nicht-wissenschaftlichen Publikationsreihen, oder soweit wie möglich auch in Form von Hörfunk- oder Printmedien Beiträgen für ein breites, nicht-wissenschaftliches Publikum.

Liste der nicht-wissenschaftlichen Veröffentlichungen

- Kurzinfo Locust-Tec Projekt auf der DLR Homepage:
https://www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-11882/20871_read-53721
- BMBF Konferenz CLIENT-II in Berlin am 17-18.09.2019: Locust-Tec Poster
<https://www.bmbf-client.de/sites/default/files/2019-11/LocustTec%20Poster.pdf>
- Kurzinfo Locust-Tec Projekt auf der CLIENT-II Homepage:
<https://www.bmbf-client.de/projekte/locust-tec>
- Beitrag zum „Länderprofil Kasachstan“ über das Locust-Tec Projekt und Partnerschaft

<https://www.gate-germany.de/fileadmin/dokumente/Publikationen/Laenderprofile/GATE-Germany-Laenderprofil-Kasachstan.pdf>

- BMBF Konferenz CLIENT-II am 26-28.11.2021: Locust-Tec Präsentations-Video: <https://www.bmbf-client.de/publikationen/video-project-presentation-locust-tec>
- Präsentation beim Webinar "The role of innovative technologies in the sustainable development of the agricultural sector in Kazakhstan" der Deutsch-Kasachischen Universität (DKU) in Zusammenarbeit mit CASIB (07.12.2021-08.12.2021)
- Projektvideo auf der "CASIB Regionale Stakeholder-Konferenz Zentralasien 2022" (18.11.2022-19.11.2022 in Taschkent, Usbekistan)
- Newsletter zu CLIENT-II Projekt Aktivitäten: <https://www.bmbf-client.de/neuigkeiten/locust-tec-feldkampagne-suedkasachstan-erfolgreich-abgeschlossen>
- BMBF FONA Meldung (16.08.2023): https://www.fona.de/en/current-issues/news/230814_Projektabschluss_CLIENTII_Locust-tec_en.php
- CLIENT-II Projekte und deren Beitrag zu SDGs (07.12.2023): <https://www.bmbf-client.de/neuigkeiten/sdg-erfolgsstory-locust-tec>
- Interview WDR5 Quarks Magazin (ab Minute 39:33): <https://www1.wdr.de/mediathek/audio/wdr5/quarks/wissenschaft-und-mehr/audio-social-media-und-demokratie---elektroautos---long-covid-100.html>
- SRF2 Impuls Magazin: <https://www.swr.de/swr2/wissen/neues-projekt-forschungsteam-will-heuschreckenschwaerme-vorhersagen-100.html>

Förderung der Projektsichtbarkeit Konferenzen, Workshops, Messen

Zur Förderung der Projektsichtbarkeit im nationalen und internationalen Kontext gab es im Rahmen des Projektes zahlreiche Teilnahmen an fachrelevanten nationalen und internationalen Konferenzen und Workshops. Des Weiteren wurde im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit verstärkt auf „verwertbare“ und „fortsetzungsfähige“ Aktivitäten (z.B. Networking, Konsortienvernetzung, Teilnahme an fachlichen und öffentlichen Diskussionen) geachtet.

Locust-Tec Workshop

Im Laufe des Projektes gab es fünf Projektworkshops der Locust-Tec Projektpartner und Stakeholder in Kasachstan und Kenia. Es wurden sämtliche Forschungsarbeiten und Projektergebnisse den Partnern und Stakeholdern, als auch weiteren interessierten Teilnehmern von Forschungsinstitutionen, nationalen Behörden sowie internationalen Organisationen vorgestellt und diskutiert. Des Weiteren wurden Potential und Anknüpfungspunkte für Folgeaktivitäten und weitere Anwendungsgebiete im Rahmen dieser Workshops eruiert. Der Fokus lag dabei die Ergebnisse bei staatlichen Stellen in Kasachstan

(Komitee „Pflanzenschutz und Quarantäne“ des kasachischen Ministeriums für Landwirtschaft), weiteren Instituten (v.a. Ostafrika, z.B. ICPAC, ICIPE, FAO, DLCO) vorzustellen und für eine national weiten Implementierung zu werben bzw. zukünftige Aktivitäten anzubahnen.

Projektfilm

Im Rahmen der Feldkampagnen wurde das Projektteam von professionellem Kamerateam begleitet, anschließend interviewend um das Projekt und die Relevanz dieser Forschung für allgemeines Publikum greifbar vorzustellen.

- DLR Pressemitteilung (31.08.2023): <https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2023/03/satelliten-erkennen-wo-heuschrecken-plagen-entstehen>
- Locust-Tec Projektvideo (31.08.2023): <https://www.youtube.com/watch?v=sh1p4pq2S84&t=8s>

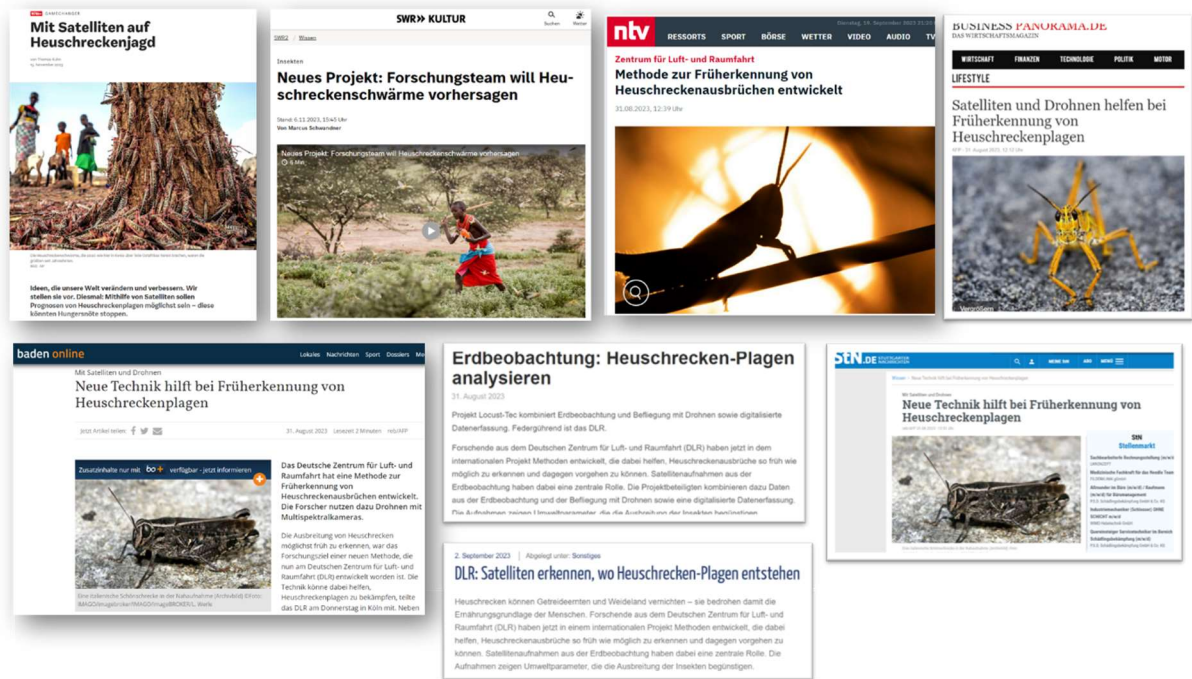


Abbildung 60: Auszug Medien-Echo auf das Locust-Tec Projektvideo.

1.5.2 Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither

Publikationen

Nicht-wissenschaftlichen Veröffentlichung:

- Artikel im FORUM 2023-04-03 „Locust-Tech. Der geodätische Beitrag zum Heuschreckenmonitoring in Kasachstan“
https://www.bdvi.de/application/files/8316/8000/5582/FORUM_1-2023_Heuschreckenmonitoring.pdf

Förderung der Projektsichtbarkeit

Konferenzen, Workshops, Messen

- Vortrag von Thorsten Schwing am 17.09.2019 auf dem Kongress der INTERGEO in Stuttgart über unsere Tätigkeiten im Bereich UAV Befliegung, Auswertung von Multispektralbilddaten und die Weiterentwicklung unserer Geodatenerfassungskomponente SUN Mobil für das vom BMBF geförderte Projekte Locust-Tec.
- Vortrag von Thorsten Schwing im Zuge der Deutsch-Zentralasiatische Fachkonferenzreihe "Wissenschaft trifft Wirtschaft – Innovationen für Nachhaltigkeit" online vom 29.-30.06.2021. Projektvorstellung (siehe: <https://zentralasien.ahk.de/veranstaltungen/event-details/deutsch-zentralasiatischefachkonferenzreihe-wissenschaft-trifft-wirtschaft-innovationen-fuer-nachhaltigkeit>)
- Vortrag von Thorsten Schwing im Zuge des 13. Vermessungsingenieurtag an der Hochschule für Technik, Stuttgart, am 12.11.2021. (siehe: <https://www.hftstuttgart.de/vermessung/veranstaltung/vermessungsingenieurtag>)
- Vortrag beim Verbändeseminar der Vermessungsverbände Baden-Württembergs „Digitale Welt der Geodäsie“, online, am 02.12.2021. (siehe: <https://bw.dvw.de/08/aktuelles/3951-verbaendeseminar-digitale-welt-der-geodaesie>)
- Vortrag am 10.06.2022 beim Bundeskongress der öffentlich bestellten Vermessungsingenieure in Heidelberg. Vortragstitel „Locust-Tec – Der geodätische Beitrag beim Heuschreckenmonitoring in Kasachstan“ siehe: https://www.bdvi.de/application/files/6416/5036/0168/BDVIKongress2022_Einladung_190422.pdf

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Für das Gesamtvorhaben wurde innerhalb der 64-monatigen Projektlaufzeit ein Betrag von insgesamt 2.124.735,46€ ausgegeben (85% Personalkosten, 4% Reisekosten, 11% sonstige Sachkosten). Die durch das BMBF finanzierte Mittel belaufen sich auf 1.459.218,73€. Der durch die deutschen Unternehmen gebrachte Eigenanteil beläuft sich auf 665.516,73€.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Projektantrag definierten wissenschaftlichen Aufgaben und notwendige Arbeiten wurden im Laufe des Projekts bestätigt. Sowohl der organisatorische Aufwand dieses multidisziplinären Projektes, als auch der Arbeitsaufwand für inhaltliche Aufgaben waren angemessen um die Ergebnisse zu erreichen und insgesamt das Projekt erfolgreich abzuschließen. Aufgrund der Corona-Pandemie und dadurch ausgefallenen Feldkampagnen in den Zielländern mussten wir im Verlauf bedarfsorientierte Anpassungen vornehmen (z.B. Versuche unter Laborbedingungen, Onlineschulungen). Für die wirtschaftlichen Partner (VBSUN & QW) ergaben sich aufgrund der zahlreichen Anpassungsvorschläge von Seiten der lokalen Partner sogar ein Zusatzaufwand. Bereits nach den ersten Projekttreffen mit den kasachischen Partnern und Stakeholder war die Notwendigkeit einer medienbruchfreien und digitalen Dokumentation der von Heuschrecken befallenen Gebiete eindeutig klar. Die bis dato vorgenommene Dokumentation war überwiegend analog, lückenhaft und fehleranfällig. Um die vor dem Projektstart definierten Ziele von Locust-Tec zu erreichen waren umfangreiche Anpassungen und Weiterentwicklungen an SUN Mobil erforderlich. Davon profitierten die kasachischen Partner und Stakeholder, wie oben unter Kapitel 1 beschrieben, da sie ab nun mit unserer SUN Mobil Fachschale „Locust Tec“ inklusive dem dazugehörigen Locust-GIS die arbeiten voll digital und medienbruchfrei vornehmen können. In diesem Zusammenhang stellte der technische Aufwand einer bedürfnisorientierten Applikation nach Wünschen der Partner einen enormen Aufwand dar. Technologische Entwicklung bedarf außerdem zusätzlichen Aufwand um die Applikation auf den neuesten Stand der Technik zu entwickeln. Alle Arbeiten waren angemessen und zusätzliche Herausforderungen wurden durch eine Erhöhung der Eigenmittel von wirtschaftlichen Partnern (VBSUN & QW) bewerkstelligt. Die geleisteten Arbeiten bzgl. der Gitteranwendung waren notwendig und angemessen, um die Verwendbarkeit und Praxistauglichkeit zu testen.

4. Verwertbarkeit der Ergebnisse

4.1 DLR-DFD

Mit unseren Aktivitäten konnten wir am DLR-DFD zusätzliche Kompetenzen im Anwendungsbereich bzgl. Heuschreckenmanagement gewinnen. Neben der Erschließung von potentiellen Partnern in Kasachstan, Usbekistan, Kenia und Äthiopien, konnte unser technisches Knowhow in Satellitendatenprozessierung und -auswertung für die Thematik des Pestmanagement erweitert werden. Die Ergebnisse wurden mit der wissenschaftlichen Community in Konferenzbeiträgen und Fachzeitschriften geteilt und so zu der Entwicklung in diesen Themenfeld beigetragen. Entwickelte Konzepte werden weiter für Capacity-Building-Programme, Universitätslehre und Akquirieren von weiteren Forschungsprojekten verwendet werden und so weitere Implementierung in der Praxis fördern.

4.2 Vermessungsbüro Schwing & Dr. Neureither

Wir profitieren von den technischen und funktionellen Weiterentwicklungen an SUN Mobil inklusive der Geodatenbank des Locust-GIS, da die Applikation SUN Mobil nun einen größeren Markt zur Verfügung gestellt werden kann und durch die Funktionserweiterung, neue Themen bedient werden können, welche ohne die Weiterentwicklung nicht möglich gewesen wären. Neben den Arbeiten im Bereich von SUN Mobil profitiert unser Büro von dem Knowhow Aufbau im Bereich des UAV-Systems, insbesondere im Bereich der Auswertung und Verarbeitung von Multispektralaufnahmen. Nun und in Zukunft können wir das erlernte und erarbeitete Wissen auch bei anderen Fragestellungen im Bereich der Schadensdetektierungen anwenden. Beispielsweise haben wir bereits unser Wissen im Bereich der Borkenkäfer Detektierung in heimischen Wäldern erfolgreich angewandt.

Unabhängig von den Wissens- und technischen Kompetenzen, welche in dem Projekt aufgebaut wurden, waren die Einblicke in die Tätigkeiten der (nationalen und internationalen) Kooperationspartnern eine große Bereicherung und können potenziell auch in Zukunft weiterhin positiv und erfolgreich für ggf. Folgeprojekte genutzt werden. Gerne stellen wir unser erarbeitetes Knowhow auch für Folgeprojekte zur Verfügung.

4.3 Quellwerke GmbH

Im Rahmen des Projektes und der Weiterentwicklung der SUN Mobil App und der Web-Komponente konnten wir neue Technologien nutzen und Knowhow aufbauen, welches auch auf andere App- und Web-Projekte übertragbar ist. Vor allem ist die Nutzung der PostgreSQL Datenbank und der PostGIS Erweiterung im Bereich der technischen Realisierung von GIS-Anwendungen für den Einsatz in anderen Kundenprojekten sehr interessant und ist daher eine sehr gute Referenz im Vertriebsprozess. Auch im Bereich der Internationalisierung von Software-Anwendungen konnten wir neues Wissen aufbauen, welches sehr gut in anderen Projekten zum Einsatz kommen kann. Darüber hinaus sind in unserer Branche internationale Projekte sehr gute Referenzen. In Kundengesprächen haben wir häufig von Locust-Tec berichtet und dadurch Wettbewerbsvorteile gegenüber Mitbewerben vorweisen können.

4.4 Horizont group GmbH

Für Horizont group sind vor allem der angefertigte Prototyp und die Erfahrung in der Heuschreckenbekämpfung bei den Bedingungen vor Ort zu nennen. Der Prototyp wurde anhand des Geländes und der vorhandenen Vegetation entwickelt und könnte in zukünftigen Projekten mit anderen Methoden zur Bekämpfung der Heuschrecken weiterentwickelt werden.

5. Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Laufe des Projektes hat die FAO aufgrund der Plage in Ostafrika im Bereich der Vorhersage und Monitorings für die Wüstenheuschrecke weitere Fortschritte getätigt. Eine übersichtliche Plattform (Locust Hub) und freier Zugang zu Felddaten ermöglicht nun neue Forschungsansätze und Methodenentwicklung für die Wüstenheuschrecke (<https://locust-hub-hqfao.hub.arcgis.com/>). Die durchgeführten Arbeiten während und nach der Plage 2019-2021 führten somit zu einer Verbesserung der Locust Watch Webseite, Sichtbarkeit und Datenverfügbarkeit. Auch für Zentralasien und Kaukasus ist die FAO weiterhin aktiv und führt für die drei gefährlichen Heuschreckenarten ähnliche Aktivitäten durch. Allerdings kann die Datenbasis für die Felddaten, aber vor allem die räumlichen Geoinformationsprodukte weiterhin als in der Entwicklungsphase angesehen werden (<https://www.fao.org/locusts-cca/en/>).

6. Veröffentlichungen der Ergebnisse

1. Klein, I., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2021): „*Application of Remote Sensing Data for Locust Research and Management - A Review*“, *Insects* 12(3), 233; <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/3/233/htm>
2. Klein, I., van der Woude, S., Schwarzenbacher, F., Muratova, N., Slagter, B., Malakhov, M., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2022): „*Predicting suitable breeding areas for different locust species – A multi-scale approach accounting for environmental conditions and current land cover situation*“, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 107, 102672, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102672>
3. Klein, I., Cocco, A., Ureyen, S., Mannu, R., Floris, I., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2022): „*Outbreak of Moroccan locust in Sardinia (Italy): A Remote Sensing Perspective*“, *Remote Sens.* 2022, 14(23), 6050; <https://doi.org/10.3390/rs14236050>
4. Klein, I., Ureyen, S., Eisfelder, C., Pankov, V.I., Oppelt, N., Kuenzer, C. (2023): „*Application of geospatial and remote sensing data to support locust management*“, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 117, 103212, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103212>
5. Landmann, T., Agboka, K.M., Klein, I., Abdel-Rahman, E.M., Kimathi, E., Mudereri, B.T., Malenge, B., Mohamed, M.M., Tonnang, H.E. (2023): „*Towards early response to desert locust swarming in eastern Africa by estimating timing of hatching*“, *Ecological Modelling*, 484, 110476, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110476>
6. Locust-Tec Projektvideo (Stand 2022): <https://www.youtube.com/watch?v=sh1p4pq2S84&t=8s>

1. ISBN oder ISSN Keine Angaben	2. Berichtsart Schlussbericht
3. Titel Locust-Tec - Einführung innovativer und umweltschonender Technologien für das Heuschrecken-Management in Kasachstan	
4. Autoren [Name, Vorname] Klein, Igor Schwing, Thorsten Grüber, Timo Osterkamp, Jörn	5. Abschlussdatum des Vorhabens Juli 2023
	6. Veröffentlichungsdatum September 2024
	7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institutionen [Name, Adresse] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) Münchner Straße 20 82234 Weßling Vermessungsbüro und Geo-Informationszentrum Schwing und Dr. Neureither Schmelzweg 4 74821 Mosbach Quellwerke GmbH Friedrichsdorfer Landstraße 6/7 69412 Eberbach horizont group gmbh Division Animal Care Homberger Weg 4-6 34497 Korbach	9. Ber. Nr. Durchführende Institution Keine Angaben
	10. Förderkennzeichen 01LZ1702A 01LZ1702C 01LZ1702D 01LZ1702E
	11. Seitenzahl 59
12. Fördernde Institution [Name, Adresse] Bundesministerium für Bild und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 5
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 60
16. Zusätzliche Angaben keine Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) keine Angaben	

18. Kurzfassung

In verschiedenen Regionen der Welt sind Heuschreckenausbrüche und -plagen schon immer eine ernste Bedrohung für die Landwirtschaft, die Ernährungssicherheit und die Umwelt gewesen. In Zentralasien, dem Kaukasus, Südeuropa und Südamerika gab es auch in den letzten Jahren zahlreiche lokale und überregionale Heuschreckenausbrüche verschiedener Heuschreckenarten, in Ostafrika gar eine Plage der Wüstenheuschrecke (2019-2021). Zunehmend heiße und längere Dürrezeiten in temperierten Klimazonen und häufigere außergewöhnliche Starkniederschläge in Wüstengebieten – bedingt auch durch den Klimawandel – begünstigen die Ausbrüche ebenso wie eine Änderung der Landnutzung in den Habitaten der Heuschrecken. Abgesehen von der direkten Bedrohung der Ernährungssicherheit durch Heuschrecken, ist deren Bekämpfung meist mit großräumigem Einsatz giftiger Chemikalien verbunden. Zur Verbesserung dieser Situation hat das deutsch-kasachische Projekt Locust-Tec in der BMBF-Fördermaßnahme CLIENT-II innovative Technologien zur Überwachung und zur Vorhersage von Heuschreckenausbrüchen in Kasachstan entwickelt und erprobt. Kasachstan, mit insgesamt drei gefährlichen Heuschreckenarten (*Calliptamus italicus*, *Dociostaurus maroccanus*, *Locusta migratoria migratoria*), die durchgehend beobachtet und kontrolliert werden müssen, hat zum einen jahrzehntelange Erfahrung und starke Expertise auf dem Gebiet des Heuschreckenmanagements. Zum anderen gibt es aufgrund der riesigen zu überwachenden Flächen auch viel Potential zur Einführung von neuen Technologien (z.B. im Bereich der Digitalisierung, Anwendung von Satelliten- und Geoinformationsdaten und Reduzierung der Pestizideinsätze).

Mit Hilfe von Satellitendaten und Geoinformationsdaten konnten die Habitats der untersuchten Heuschreckenarten räumlich mit besserem Detaillierungsgrad modelliert werden. Eine solche, auf eine bestimmte Spezies ausgerichtete Kartierung mit hoher räumlicher Auflösung, ermöglicht eine verbesserte Priorisierung und Planung beim regelmäßigen Monitoring zur präventiven Bekämpfung und Identifizierung wahrscheinlicher Ausbruchshotspots. Des Weiteren kann die entwickelte *Locust-Tec Fachschale* innerhalb der *SUN Mobil App* und *SUN Mobil Web* als digitaler Ersatz für aktuell im Einsatz benutzte analoge Feldprotokolle eingesetzt werden. Die Felddaten können nun digital überprüft, abgezeichnet und weitergeleitet werden, sodass eine rasche Bekämpfung betroffener Flächen rechtzeitig stattfinden kann, um die zu behandelten Flächen zu reduzieren und somit einen geringeren Einsatz von Pestiziden zu ermöglichen. Die Erkennung von Heuschreckenakkumulationen und Vegetationsschäden mit Hilfe einer Drohne waren im Süden Kasachstans möglich. Die Entwicklung und Versuche mit dem Hochspannungsgitter haben gezeigt, dass das Konzept unter Realbedingungen und damit verbundener hoher Populationsdichte der Heuschrecken nur zum Teil funktioniert. Aufgrund der sehr hohen Anzahl an Heuschrecken während der gregären Entwicklungsphasen der Nymphen (präventive Kontrolle) bzw. während einer Plage, konnten am Hochspannungsgitter getestete Materialien nicht über längere Zeit den Massen standhalten.

Die entwickelten Technologien aus dem Locust-Tec Projekt können skaliert und in anderen Regionen angewendet werden. Auf diese Weise hat das Projekt und dessen Ergebnisse das Potenzial, auch einen wichtigen Beitrag zur weltweiten Ernährungssicherheit (SDG 2) sowie zum Schutz lokaler Ökosysteme (SDG 15) zu leisten. Darüber hinaus leistet das Projekt auch indirekt einen Beitrag zu SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ sowie zu SDG 12 „Nachhaltige/r Konsum und Produktion“ und SDG 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“. Ein Video gibt eine übersichtliche Zusammenfassung über das Locust-Tec Projekt (Stand Ende 2022): <https://www.youtube.com/watch?v=sh1p4pq2S84&t=8s>

19. Schlagwörter

Heuschrecken, Plagen, Satellitendaten, Geodaten, Mobile Applikation, grenzüberschreitende Schädlinge, GIS, UAV, Hochspannungsgitter, Reduzierung von Pestiziden, Nachhaltiges Schädlingsmanagement, Kasachstan, Zentralasien, Italienische Schönheuschrecke, Marokkanische Wanderheuschrecke, Wüstenheuschrecke

20. Verlag

keine Angaben

21. Preis

keine Angaben

1. ISBN or ISSN Not specified	2. report type Final report
3. title Locust-Tec - Introduction of innovative and environmentally friendly technologies for locust management in Kazakhstan	
4. authors [surname, first name] Klein, Igor Schwing, Thorsten Grüber, Timo Osterkamp, Jörn	5. date of completion of the project July 2023
	6. publication date September 2024
	7. form of publication Final report
8. implementing institutions [name, address] German Aerospace Center (DLR) German Remote Sensing Data Center (DFD) Münchner Straße 20 82234 Weßling Vermessungsbüro und Geo-Informationszentrum Schwing und Dr. Neureither Schmelzweg 4 74821 Mosbach Quellwerke GmbH Friedrichsdorfer Landstraße 6/7 69412 Eberbach horizont group gmbh Division Animal Care Homberger Weg 4-6 34497 Korbach	9. report No. Performing institution Not specified
	10. funding code 01LZ1702A 01LZ1702C 01LZ1702D 01LZ1702E
	11. page number 59
12. funding institution [name, address] Federal Ministry of Education and Research (BMBF) 53170 Bonn	13. literature references 5
	14. tables 1
	15. figures 60
16. additional information not specified	
17 Submitted to (title, place, date) not specified	

18. summary

In various regions of the world, locust outbreaks and plagues have always posed a serious threat to agriculture, food security and the environment. In Central Asia, the Caucasus, Southern Europe and South America, there have also been numerous local and regional locust outbreaks of various locust species in recent years, and even a plague of the desert locust in East Africa (2019-2021). Increasingly hot and longer periods of drought in temperate climate zones and more frequent exceptional heavy rainfall in desert areas - also due to climate change - are favoring the outbreaks, as is a change in land use in the locusts' habitats. Apart from the direct threat to food security posed by locusts, their control is usually associated with the large-scale use of toxic chemicals. To improve this situation, the German-Kazakh project Locust-Tec has developed and tested innovative technologies for monitoring and predicting locust outbreaks in Kazakhstan as part of the BMBF funding measure CLIENT-II. Kazakhstan, with a total of three dangerous locust species (*Calliptamus italicus*, *Dociostaurus maroccanus*, *Locusta migratoria migratoria*) that need to be continuously monitored and controlled, has decades of experience and strong expertise in the field of locust management. On the other hand, there is also a lot of potential for the introduction of new technologies (e.g. in the field of digitalization, application of satellite and geoinformation data and reduction of pesticide use) due to the huge areas to be monitored.

With the help of satellite data and geoinformation data, the habitats of the locust species studied could be modeled spatially with a better level of detail. This type of mapping with high spatial resolution, which focuses on a specific species, enables improved prioritization and planning during regular monitoring for preventive control and identification of probable outbreak hotspots. Furthermore, the developed *Locust-Tec mobile application* can be used within the *SUN Mobil app* and *SUN Mobil Web* as a digital replacement for analog field protocols currently in use. The field data can now be digitally checked, signed off and forwarded so that affected areas can be quickly controlled in appropriate time in order to reduce the areas to be treated and thus reduce the use of pesticides. The detection of locust accumulation and vegetation damage using a drone was possible in southern Kazakhstan. The trials with the high-voltage grid have shown that the concept only partially works under real conditions and the associated high population density of locusts. Due to the very high number of locusts nymphs during the gregarious phase (preventive control) or during an infestation, tested materials of the high-voltage grid could not withstand the masses over a longer period of time.

The technologies developed in the Locust-Tec project can be scaled up and applied in other regions. In this way, the project and its results also have the potential to make an important contribution to global food security (SDG 2) and the protection of local ecosystems (SDG 15). In addition, the project also indirectly contributes to SDG 3 "Good Health and Well-being", SDG 12 "Sustainable Consumption and Production" and SDG 17 "Partnerships for the Goals". A video provides a summary of the Locust-Tec project (as at the end of 2022): <https://www.youtube.com/watch?v=sh1p4pq2S84&t=8s>

19. keywords

Locusts, plagues, satellite data, geodata, mobile application, transboundary pests, GIS, UAV, high-voltage grid, pesticide reduction, sustainable pest management, Kazakhstan, Central Asia, Italian locust, Moroccan locust, desert locust

20. publisher

not specified

21. price

not specified