

StartClim2016

Klimawandel in Österreich – Grundlagen, Monitoring und Entwicklung weiterer Maßnahmen zur Anpassung

Endbericht

Projektleitung

Institut für Meteorologie
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien
Univ.-Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb

Auftraggeber

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung
Österreichische Bundesforste
Land Oberösterreich
Umweltbundesamt

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt

Wien, November 2017

StartClim2016

„Klimawandel in Österreich - Grundlagen, Monitoring und Entwicklung weiterer Maßnahmen zur Anpassung“

Projektleitung

Institut für Meteorologie
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Gregor Mendel Straße 33, 1190 Wien
URL: <http://www.startclim.at/>
<http://www.wau.boku.ac.at/met.html>

Redaktion

Helga Kromp-Kolb, Nikolaus Becsi
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Wien, November 2017

Druck, Jänner 2018

Beiträge aus StartClim2016

StartClim2016.A: Monitoring zur Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität

Umweltbundesamt GmbH: Stefan Schindler, Franz Essl, Wolfgang Rabitsch, Maria Stejskal-Tiefenbach

StartClim2016.B: Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Aktivitätsphasen von Tieren am Beispiel der Amphibien in Österreich und Nutzung der Pflanzenphänologie als Indikator

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, BOKU: Christina Czachs, Christiane Brandenburg, Birgit Gantner, Manfred Pintar, Caren Hanreich
Institut für Meteorologie, BOKU: Erich Mursch-Radlgruber

StartClim2016.C: BioRoh- Biogene Rohstoffe im Spannungsdreieck Flächenverfügbarkeit, Klimawandel und künftige Ertragsverhältnisse

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Michael Englisch, Robert Jandl, Rainer Reiter
Umweltbundesamt GmbH: Andreas Bartel, Rosemarie Stangl, Gerhard Zethner, Helmut Gaugitsch, Wolfgang Lexer

StartClim2016.D: Bewusstseinsbildung als Motor für gesellschaftliche Transformation im Kontext des Klimawandels? Wie Gemeinden und Regionen im Rahmen der Klimaschutz- Programme e5 und KEM Klimaschutz-Bewusstsein erleben und umsetzen.

Österreichisches Institut für Raumplanung: Ursula Mollay, Joanne Tordy
MSC SORA: Evelyn Hacker, Florian Oberhuber

StartClim2016.E: Erkennung von Borkenkäferbefall mittels Unmanned aerial vehicle (UAV)

Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, BOKU: Markus Immitzer, Kathrin Einzmann, Clement Atzberger

StartClim2016.F: Migration, Klimawandel und soziale und ökonomische Ungleichheiten

Ludwig Boltzmann Institut für Menschenrechte: Monika Mayrhofer, Margit Ammer

Wissenschaftliche Leitung und Koordination

Institut für Meteorologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien
Univ. Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb, Nikolaus Becsi

Wissenschaftlicher Beirat

Dr. Jill Jäger, Independent Scholar und Gastprofessorin an der BOKU
Prof. Dr. Hartmut Graßl, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Universität Hamburg
Dr. Roland Hohmann, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Schweiz

Koordinierungsgremium

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

Elfriede Fuhrmann, Helmut Hojesky, Birgit Kaiserreiner, Michael Keller, Barbara Kronberger-Kießwetter, Andreas Pichler, Drago Pleschko, Florian Rudolf-Miklau, Heinz Stiefelmeyer, Ruth-Maria Wallner

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung

Ingrid Elue, Gudrun Henn, David Rezac-Kowald, Christian Smoliner, Monika Wallergraber

Österreichische Bundesforste

Monika Kanzian, Norbert Putzgruber

Land Oberösterreich

Andreas Drack

Umweltbundesamt

Maria Balas, Karl Kienzl

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt
Maria Balas, Lukas Strahlhofer

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung -----	7
1 Das Forschungsprogramm StartClim -----	11
2 StartClim2016.A: Monitoring zur Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität -----	12
3 StartClim2016.B: Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Aktivitätsphasen von Tieren am Beispiel der Amphibien in Österreich und Nutzung der Pflanzenphänologie als Indikator -----	14
4 StartClim2016.C: Biogene Rohstoffe im Spannungsdreieck Klimawandel, künftige Ertragsverhältnisse und Flächenverfügbarkeit -----	17
5 StartClim2016.D: Bewusstseinsbildung als Motor für gesellschaftliche Transformation im Kontext des Klimawandels? Wie Gemeinden und Regionen im Rahmen der Klimaschutz-Programme e5 und KEM Klimaschutz-Bewusstsein erleben und umsetzen -----	19
6 StartClim2016.E: Erkennung von Borkenkäferbefall mittels Unmanned aerial vehicle (UAV) -----	22
7 StartClim2016.F: Migration, Klimawandel und soziale und ökonomische Ungleichheiten -----	25
8 Literaturverzeichnis -----	28
9 Abbildungsverzeichnis -----	53
Anhang -----	54

Kurzfassung

Das Forschungsprogramm StartClim widmet sich seit 2008 dem Thema Anpassung an den Klimawandel. In StartClim2016 befassten sich die Projekte mit Fragestellungen verschiedener Themenbereiche, welche die Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie an den Klimawandel wissenschaftlich unterstützen. Zwei Projekte thematisierten Monitoring Systeme im Naturschutz, ein Projekt untersuchte das Spannungsfeld zwischen Flächenverfügbarkeit und biogenen Rohstoffen, Ein Projekt beschäftigte sich mit gesellschaftlicher Transformation, ein Projekt behandelte Forstschädlinge, und ein Projekt forschte im Themenbereich Klimawandel und Migration.

„Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ stellt ein Konzept vor, das der Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Biodiversität dient. Das Konzept deckt sowohl Auswirkungen auf Biotoptypen als auch auf Artenreichtum, -diversität, -verbreitung und -abundanz als auch phänologische Veränderungen ab. Im Konzept ist vorgeschlagen, dass sowohl Datensätze aus bestehenden Biodiversitätsmonitoring-Programmen zur Analyse von Klimawandelauswirkungen herangezogen, als auch komplementäre Datenerhebungen zu besonders relevanten Artengruppen initiiert werden sollen. Das Konzept beinhaltet eine Zusammenstellung jener Ökosysteme und Organismengruppen, für die ein Erkenntnisgewinn zu den Klimawandelfolgen notwendig ist. Für bestehende österreichweite Monitoring-Programme (GLORIA, ÖWI, BINATS, ÖBM-Kulturlandschaft, WRRL-Monitoring, FFH-Monitoring; Vogel-monitoring-Programme) werden vorhandene Datensätze und adäquate Analysemöglichkeiten vorgestellt und mit einem Zeitrahmen versehen. Folgende zusätzliche Monitoring-Programme sollten eingerichtet werden: In nivalen und alpinen Höhenzonen sollten die GLORIA-Erhebungen für Gefäßpflanzen auf weitere österreichische Gebirgsregionen ausgeweitet werden. Ein Monitoring der Biotoptypen wäre an feuchten und trockenen Sonderstandorten prioritär zu initiieren, im Wald ein Gefäßpflanzenmonitoring und in Fließ- und Stillgewässern ein Amphibien- und Libellenmonitoring. Für feuchte Sonderstandorte sollte ein Monitoring von Moosen, Gefäßpflanzen, Bäumen, Amphibien und Libellen eingerichtet werden, an trockenen Sonderstandorten ein Monitoring von Gefäßpflanzen, Reptilien, Schnecken, Heuschrecken, Tagfaltern und Bienen. Prioritär sollte auch für alle geschützten Arten ein Monitoring eingerichtet werden. Die Programme sollten 2018/19 vorbereitet und ab 2020 in Fünfjahresintervallen durchgeführt werden.

In Österreich werden jedes Jahr tausende Amphibien überfahren, wenn sie auf ihrer jährlichen Laichwanderung Straßen überqueren. Da alle Amphibienarten in Österreich als bedrohte Arten gelten, werden an besonders frequentierten Stellen Amphibienzäune aufgebaut, die Tiere in Kübeln gesammelt und ein- bis zweimal pro Tag sicher über die Straße gebracht. Die Organisation dieser Freiwilligenarbeit wäre wesentlich leichter, könnten Beginn und Ende der Laichwanderungen wenigstens einige Tage vorhergesagt werden.

Das Projekt AmphiKlim identifizierte mögliche auslösende Faktoren für Amphibienwanderung und pflanzenphänologische Phasen, die als „Frühwarnsystem“ dienen könnten. Temperatur in Kombination mit Niederschlag wurde als wichtigster Auslöser der Amphibienwanderung identifiziert. Als Schwellenwerte für ein Einsetzen der Amphibienwanderung gilt eine Tagesdurchschnittstemperatur zwischen 3-6°C (vgl. u. A. Kromp-Kolb et al., 2003; Münch, 1998). Niederschlag begünstigt die Wanderung und ist vor allem in Hinblick auf die Verfügbarkeit von Laichmöglichkeiten (Wasserstand der Teiche, Tümpel, temporären Gewässer) von großer Bedeutung. Klimatische Veränderungen könnten sich dahingehend auswirken, dass die Tiere trotz geeigneter Temperatur, aber aufgrund fehlenden Niederschlags, nicht bzw. erst verspätet zu wandern beginnen. Phänologisch ist dies in Österreich laut Informationen aus ExpertInneninterviews bereits an einem späteren Wanderbeginn bzw. einer zunehmend

komprimierten Wanderung der einzelnen Amphibienarten (Arten wandern zunehmend zeitgleich) erkennbar. Nach Einschätzung der ExpertInnen wird gerade die Trockenheit unter den Amphibien Klimagewinner (Wechselkröte) und -verlierer (Grasfrosch, Springfrosch) hervorbringen.

Hinsichtlich der Voraussage des Wanderbeginns durch Indikatorpflanzen konnte ein möglicher Zusammenhang mit der Blüte der Hasel, der Frühlingsknotenblume bzw. der Salweide ermittelt werden: Die Tiere beginnen durchschnittlich etwa 5 Tage nach Eintreten der ersten Blüte zu wandern (Hasel 9 Tage, Frühlingsknotenblume 5 Tage, Salweide 2 Tage); wobei es hier je nach Standort teils zu starken Abweichungen kommt.

Diese Aussagen sind nur begrenzt belastbar, weil die unterschiedliche Handhabung von Monitoring und Management der Amphibienwanderungen in Österreich im Allgemeinen zu mangelnder Datenverfügbarkeit und -qualität führt. Um besser abgesicherte und präzisere Aussagen für Vorhersage und zeitliche Entwicklung des Beginns der Laichwanderungen zu ermöglichen, müssten eine vereinheitlichte/standardisierte Datenerfassung (Aufnahmebögen) und eine österreichweite Datenbank eingeführt werden. Die vorliegende Untersuchung lässt erwarten, dass mit einer verbesserten Datenbasis hinreichend verlässliche Aussagen über den Nutzen von Zeigerpflanzen zur Eingrenzung der Wanderzeitpunkte ermöglicht würden und sich dadurch der zusätzliche Aufwand der Dokumentation auch für die Freiwilligen lohnen würde. Da sich mit fortschreitendem Klimawandel die Zeigerpflanzen/-phasen ändern könnten – unterschiedliche Arten reagieren unterschiedlich schnell auf Klimaveränderungen – müsste die Dokumentation kontinuierlich weitergeführt, und hinsichtlich der möglichen Zeigerpflanzen angepasst werden.

Das Spannungsdreieck Klimawandel, künftige Ertragsverhältnisse und Flächenverfügbarkeit wird durch die das gesamte Bundesgebiet umfassenden Studien, welche Produktionsverhältnisse auf den landwirtschaftlichen bzw. den forstlichen Flächen behandeln, umrissen.

Szenarien mit „starkem“ Klimasignal, lassen in der Ackerfläche starke Ertragseinbrüche erwarten und daraus folgernd erhöhte Flächenkonkurrenz. Simulationen mit einem „moderaten“ Klimasignal bezüglich Temperaturanstieg kommen mehrheitlich zum Ergebnis, dass es in Österreich dann zu steigender Biomasseproduktion kommt, wobei es im Ackerland insgesamt zu Produktionseinbußen kommt, im Grünland jedoch zu teilweise erheblichen Produktionsgewinnen. In Szenarien, die sowohl die Beendigung von Agrarumweltzahlungen als auch Zahlungen für benachteiligte Gebiete umfassen, kommt es zu flächenhaften Aufforstungen. Sowohl in Szenarien mit einem „moderaten“ aber auch mit „starkem“ Klimasignal ist die Versorgung mit Holz für die energetische als auch stofflich-chemische Nutzung gegeben. Die höchsten Ertragseinbrüche betreffen den sommerwarmen Osten. Wenn diese nicht durch Importe kompensiert werden, kommt es zu starker Flächenkonkurrenz. Bei der Bewirtschaftung von Boden leiten Markt- und Fördersituation für Agrarprodukte das Verhalten der Produzenten. Ein explizites Ziel der aktuellen Politik die Abhängigkeit von importierter fossiler Energie zu verringern, kann nicht erreicht werden, ohne die Nahrungs- und Futtermittelproduktion massiv zu beeinträchtigen oder Nahrungs- und Futtermittel oder die Rohstoffe für Biodiesel zu importieren.

Zur effizienten Verwendung begrenzter landwirtschaftlicher Flächen im Zuge verstärkter stofflich-chemischer und energetischer Nutzung werden daher in Zukunft eine mehrfache, kaskadische Nutzungen von entscheidender Bedeutung sein.

Die Studie „Bewusstseinsbildung als Motor für gesellschaftliche Transformation im Kontext des Klimawandels“ beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit die beiden Klimaschutzprogramme „e5 Programm für energieeffiziente Gemeinden“ und „Klima- und Energiemodellregionen (KEM)“ des Klima- und Energiefonds Bewusstseinsbildung als Beitrag zum Umdenken in Richtung klimaschonendes Verhalten insbesondere bei EntscheidungsträgerInnen auf kommunaler Ebene einfordern und welche Erfahrungen die Akteure bei der Umsetzung

machten. Beide Programme eint das Ziel gemeinsam lokal aktive Klimapolitik zu betreiben und Bewusstseinsbildung als integralen Bestandteil zu begreifen. Die Ausgangssituation der Programme und auch die Programmdurchführung sind jedoch sehr verschieden wobei die Hauptunterschiede in der Ausrichtung (Gemeinde vs. Region), den Vorgaben (Maßnahmenkatalog vs. freie Schwerpunktsetzung) und den finanziellen Mitteln (Investition vs. Zugang zu Geldern) liegen. Die Untersuchung der drei Fallstudienregionen, in der KEM und e5 gegenübergestellt wurden, zeigte keine Widersprüche zwischen den Programmen, im Gegenteil – die Programme ergänzen sich gut.

Grob lassen sich vier Kategorien bewusstseinsbildender Maßnahmen erkennen: Öffentlichkeitsarbeit, Vorbildwirkung der Gemeinde, Projekte in Bildungseinrichtungen, sowie Veranstaltungen und Projekte mit Partizipationscharakter. Darüber hinaus wird die erfolgreiche Umsetzung klimaschonender Projekte als beste Bewusstseinsbildung beschrieben, die am ehesten NachahmerInnen findet.

Beide Programme, aber auch das Klimabündnis, etablierten ein sehr gut angenommenes Netzwerk, das den Austausch oder die Weitergabe von Informationen zu gelungenen Veranstaltungen, Projekten und Ansätzen unter den TeilnehmerInnen erleichtert.

Als Herausforderung wird vor allem die Langfristigkeit der Bemühungen bewusstseinsbildender Maßnahmen beschrieben, ebenso wie die Suche nach Vorbildern und die Abhängigkeit von der Politik. In diesem Zusammenhang wurde der Wunsch laut, BürgermeisterInnen verstärkt zu themenrelevanten Weiterbildungen motivieren zu können.

Am offensichtlichsten zeigten sich Wirkungen der Aktivitäten im Bereich Bewusstseinsbildung bei jenen Personengruppen, die sich aufgrund ihrer aktiven Rolle im Programm regelmäßig mit den Themen Energieeinsparung und Klimaschutz auseinandersetzten, insbesondere den Arbeitsteams der jeweiligen Programme. In den Schilderungen zeigt sich, dass an dieser Stelle die Wirkung bisweilen über reine Bewusstseinsbildung hinausgeht und sich bereits in konkreten, veränderten Handlungsweisen niederschlägt. Allerdings wirken sowohl KEM als auch e5 nicht isoliert, sondern sind eingebettet in internationale, nationale, regionale und lokale Bemühungen Klimaschutz zu thematisieren und zu betreiben. Die beiden Programme leisten dazu mit ihren jeweiligen Aktivitätsschwerpunkten einen Beitrag.

Viele Wälder sind durch den Klimawandel vermehrt Stress durch höhere Temperaturen und/oder weniger Niederschlag, sowie Extremereignisse wie Stürme und Starkwinde ausgesetzt. Zusätzlich ist mit einem erhöhten Schädlingsdruck zu rechnen. Für Mitteleuropa sind insbesondere Borkenkäfer zu nennen, deren potentiell vermehrtes Auftreten in Nadelwäldern ein beträchtliches ökologisches und ökonomisches Risiko darstellt, da sie sich sehr rasch ausbreiten und beträchtlichen Schaden anrichten können. Es ist daher von Bedeutung, schnelle und einfache Methoden zu entwickeln, mit denen der Waldbestand auf frühe Zeichen eines Befalles überprüft werden kann.

Dieser steigende Bedarf an rasch verfügbaren, verlässlichen und flächendeckenden Daten von Waldflächen führt zu einem steigenden Einsatz von Fernerkundungsmethoden für die Überwachung. Diese basierten bisher vor allem auf satelliten- und flugzeuggetragenen Fernerkundungssensoren, deren Daten immer höheren Informationsgehalt und bessere Qualität aufweisen. In den letzten Jahren ist auch ein Anstieg von unbemannten Luftfahrzeugen (englisch Unmanned Aerial Vehicle, UAV) für die Datengewinnung zu beobachten. Durch deren rasche Einsatzbereitschaft und die flexiblen Einsatzmöglichkeiten bieten sich derartige Systeme an, auch für die Erfassung von Schadereignissen in Wäldern eingesetzt zu werden. Im Rahmen von StartClim wurden einerseits Möglichkeiten zur Auffindung von bereits verfärbten Bäumen getestet, andererseits unterschiedliche Kamerasysteme auf deren Eignung zur Früherkennung, vor der bei Begehungen erkennbaren Verfärbung, untersucht. Die Lokalisierung von durch Kupferstecherbefall geschwächter Bäume (Beginn der Verfärbung im Baumwipfel) mittels Aufnahmen einer handelsüblichen Kamera (rot-grün-blau, RGB) und eines niedrigpreisigen UAVs zeigte deutliche Vorteile gegenüber der sehr zeitaufwändigen Feldbe-

gehung. Die geschädigten Bäume sind aus der Luft deutlich besser erkennbar und durch unterschiedliche Methoden kann ihr Standort auch sehr gut bestimmt werden.

Für den Vergleich von unterschiedlichen Kamerasystemen für die Erfassung von Vitalitätsverlusten an Waldbäumen wurden mehrere Kameras auf einem UAV montiert um die zeitgleiche Bildaufnahme sicherzustellen. Neben einer handelsüblichen RGB-Kamera kamen dabei auch Multispektral- und Thermalkameras zum Einsatz. Da im Untersuchungszeitraum kein neuer Borkenkäferbefall auftrat, konzentrierten sich die Untersuchungen auf bereits von Beginn an geschädigte Fichten. Die geschädigten Kronenteile waren am besten in den Daten der 6-Kanal-Multispektralkamera mit sehr engbandigen Kanälen erkennbar. Werden diese Daten in einer üblichen Falschfarbdarstellung betrachtet, stechen die geschädigten Wipfel deutlich hervor. Für eine derartige Erfassung von geschädigten Bäumen müssen baumartenspezifische Unterschiede beachtet werden. So kann die Zapfenbildung bei Tannen zu ähnlichen Veränderungen in Vegetationsindizes (Kombination mehrere Spektralkanäle) bzw. der spektralen Signatur führen, wie das Absterben von Nadeln. Daher ist bei der Einzelbaumanalyse immer die Vorabbestimmung der Baumart ratsam. Erste Untersuchungen diesbezüglich zeigten, dass dies mit den vorliegenden Daten ebenfalls möglich ist. Insgesamt können, bei gut geplantem Einsatz UAVs eine wesentliche Unterstützung für die forstliche Praxis darstellen. Je nach Ausstattung des UAVs können diese rein zur Lokalisierung bestimmter Punkte oder auch zu detaillierten Analysen wie Baumartenunterscheidung oder die Erfassung von Vitalitätsveränderungen verwendet werden. UAVs und passende Kamerasysteme können somit wichtige Werkzeuge für die durch den Klimawandel bedingten zusätzlichen Monitoringherausforderungen in Wäldern darstellen.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Migrationsbewegungen sind in den letzten Jahren in den Mittelpunkt wissenschaftlicher, politischer und öffentlicher Debatten gerückt. Migrationsbewegungen im Kontext des Klimawandels sind vielfältig und stehen in enger Verbindung mit sozialen, ökonomischen, politischen und anderen Aspekten. Dieses Kurzzeit-Projekt zielte darauf ab, den Forschungsstand zu möglichen Migrationsszenarien und deren Relevanz für Europa und Österreich zu erheben und relevante statistische Daten zu diesen Szenarien zu analysieren. Ein wichtiger Ansatzpunkt war dabei die Berücksichtigung von in diesem Kontext relevanten sozialen und ökonomischen Ungleichheiten.

Im Zuge der Forschungen wurde deutlich, dass die Diskussion um passende Begriffe und Konzepte, um dieses komplexe Phänomen Migration und Klimawandel zu fassen, noch immer zentral ist. Daher enthält das Projekt eine kurze Präsentation der wichtigsten Aspekte in Bezug auf die kontroverse Diskussion um Begrifflichkeiten. Weiters werden die relevantesten Migrationsszenarien vorgestellt und diskutiert. Der Fokus liegt dabei auf folgende Szenarien: Migration aufgrund plötzlicher Umweltereignisse, langfristige Umweltveränderungen bei denen Migration sehr oft als Adaptionstrategie verstanden wird, Vertreibungen aufgrund von Konflikten in Zusammenhang mit Umweltveränderungen und die Frage der sogenannten „trapped populations“. Forschungen zeigen, dass Migrationsbewegungen im Zusammenhang mit diesen Szenarien vielfältig, divers, komplex und kontextspezifisch sind und wesentlich mit der Frage von Ungleichheiten verbunden sind. Ein Großteil der Migrationsbewegungen wird nicht internationale, sondern interne Migration umfassen. Migrationsdynamiken in diesem Zusammenhang nach Europa sind noch nicht sehr gut erforscht. Migration ist auch mit hohen Kosten verbunden. Das lässt vermuten, dass viele Menschen - auch wenn sie gefährdet sind - einfach nicht die nötigen Mittel aufbringen können, um zu migrieren. Ein letzter Abschnitt beschäftigt sich mit möglichen Ansatzpunkten für Adaptionmaßnahmen in diesem Kontext.

1 Das Forschungsprogramm StartClim

Das Forschungsprogramm StartClim ist ein flexibles Instrument, das durch die kurze Laufzeit und die jährliche Vergabe von Projekten rasch aktuelle Themen im Bereich Klimawandel aufgreifen kann. Es wird von einem Geldgeberkonsortium finanziert, das derzeit neun Institutionen umfasst:

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (seit 2003)
- Bundesministerium für Gesundheit (2005, 2006, 2007)
- Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (seit 2003)
- Land Oberösterreich (seit 2012)
- Österreichische Bundesforste (seit 2008)
- Österreichische Nationalbank (2003, 2004)
- Österreichische Hagelversicherung (2003, 2004, 2006, 2007, 2008)
- Umweltbundesamt (2003)
- Verbund AG (2004, 2007)

Seit 2008 widmet sich StartClim Themen zur Anpassung an den Klimawandel. Seit StartClim2012 hatte das Programm zum Ziel, die Umsetzung der nationalen Anpassungsstrategie für Österreich mit wertvollen wissenschaftlichen Beiträgen zu unterstützen.

Die sechs Teilprojekte in StartClim2016 behandeln verschiedene Aspekte, die für die Anpassung an den Klimawandel in Österreich von Bedeutung sind. Darin geht es um

- das Monitoring von Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität
- das Monitoring von Auswirkungen des Klimawandels auf Aktivitätsphasen von Tieren
- die Analyse Biogener Rohstoffe im Spannungsfeld Flächenverfügbarkeit, künftige Erträge und Klimawandel
- die Forschung zu Bewusstseinsbildung als Motor für gesellschaftliche Transformation
- das Erkennen von Borkenkäferbefall mittels Unmanned aerial vehicle
- sowie Migration und Klimawandel

Im vorliegenden, zusammenfassenden Kurzbericht werden die Ergebnisse aller Teilprojekte kurz und allgemein verständlich beschrieben. Dieser Bericht erscheint auch in englischer Sprache. Die ausführlichen Berichte der einzelnen Teilprojekte sind in einem eigenen Sammelband zusammengefasst, der ebenso wie die Teilprojekte auf der StartClim-Webpage (www.startclim.at) elektronisch erhältlich ist. Zusätzlich werden eine CD-ROM mit allen StartClim-Berichten und ein Folder mit einer Kurzzusammenfassung der Ergebnisse in beschränkter Auflage erstellt.

2 StartClim2016.A: Monitoring zur Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität

„Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ stellt ein Konzept vor, das der Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität dient. Das Konzept basiert auf den folgenden Annahmen: (i) es ist wesentlich, die Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität in großer taxonomischer und räumlicher Breite zu erfassen und (ii) die Erkenntnisse zu den Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität sind zeitnah notwendig, um Naturschutzstrategien und –maßnahmen an die Realitäten des Klimawandels möglichst bald und möglichst gut anpassen zu können. Das vorliegende Konzept deckt sowohl Auswirkungen auf Biotoptypen als auch auf Artenreichtum, -diversität, -verbreitung und -abundanz sowie phänologische Veränderungen ab. Es beinhaltet eine Zusammenstellung jener Ökosysteme, Organismengruppen und Biotoptypen, für die ein Erkenntnisgewinn zu den Klimawandelfolgen notwendig ist. Bestehende Biodiversitätsmonitoring-Programme sollten zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen fortgeführt und erweitert, komplementäre Datenerhebungen zu besonders relevanten Artengruppen initiiert werden (Abbildung).

Im Detail sind Daten und Erhebungsdesign der fortzuführenden österreichweiten Programme GLORIA, Österreichische Waldinventur (ÖWI), Biodiversity-Nature-Safety (BINATS), ÖBM-Kulturlandschaft, Monitoring im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRM-Monitoring) und Monitoring im Rahmen der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Monitoring) sowie für diverse Vogelmonitoring-Programme von BirdLife Österreich dargestellt. Als am besten anwendbare methodologische Ansätze wurden der Vergleich von Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten, die Änderung der Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften, sowie die zeitliche Änderung der altitudinalen Verbreitungsmuster erkannt und den einzelnen Monitoringprogrammen zugeordnet. Ebenso sind die Vor- und Nachteile der Analyse von Klimawandelauswirkungen mit bzw. ohne Klimadaten erörtert und für die Österreich verfügbare Klimadaten dargestellt.

Im Zuge der Analyse jener Ökosysteme und Artengruppen, für die ein Monitoring zu Klimawandelfolgen als notwendig erachtet wird, schlagen wir als Projektergebnis einige prioritär zu bewertenden Kombinationen Ökosystem/Artengruppe vor, für die ein neues Monitoring einzurichten ist: In nivalen und alpinen Höhenzonen sollten die GLORIA-Erhebungen für Gefäßpflanzen auf weitere österreichische Gebirgsregionen ausgeweitet werden. Ein Monitoring der Biotoptypen wäre an feuchten und trockene Sonderstandorten prioritär zu initiieren, im Wald eine Gefäßpflanzenmonitoring und in Fließ- und Stillgewässern ein Libellenmonitoring. Für feuchte Sonderstandorten sollte ein Monitoring von Moosen, Gefäßpflanzen, Bäumen und Libellen eingerichtet werden, an trockenen Sonderstandorten ein Monitoring von Gefäßpflanzen, Reptilien, Schnecken, Heuschrecken, Tagfaltern und Bienen. Ein Amphibienmonitoring sollte an Gewässern und feuchten Sonderstandorten durchgeführt werden. Prioritär sollte auch für all jene geschützten Arten ein Monitoring eingerichtet werden, für die derzeit noch keines umgesetzt wird.

Nach einer Planungs-, und Ausschreibungsphase (2018 und 2019) sollte die Durchführung von Datenanalysen und zusätzlichen Erhebungen ab 2020 im Fünfjahresrhythmus erfolgen. Für die Monitoring-Programme GLORIA, ÖWI, BINATS, WRRM und Vogelmonitoring liegen 2020/21 bereits Daten aus mindestens zwei Erhebungsdurchgängen vor und können vergleichend hinsichtlich der Identifizierung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität analysiert werden. Auch für Phenowatch und andere ausgewählte Phänologiemonitoring-Programme sollten 2020/21 erste Analysen durchgeführt werden.

In den Jahren 2025/2026 werden zusätzliche Daten aus den derzeit bestehenden Monitoring-Programmen verfügbar sein (in der Regel ein weiterer Durchgang), für ÖBM-Kulturlandschaft und das FFH-Monitoring wären die Datensätze der zweiten Erhebungsdurchgänge verfügbar und könnten erstmals hinsichtlich Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität analysiert werden. Bei den neu zu initiierenden Monitoring-Programmen käme es zur Zweiterhebung, die im Anschluss (2026/2027) bereits erste Analysen zu Klimawandel-

folgen zulassen würde. Weitere Durchgänge sind alle fünf Jahre notwendig, da der Klimawandel und seine Auswirkungen fortschreiten und die Datenreihen aufgrund der regelmäßigen Erhebungen immer länger und aussagekräftiger werden.

Artengruppe (inkl. Biotoptypen)	Nival	Alpin	Subalpin	Wald	Offenes Kulturland	Urban	Fließgewässer	Stillgewässer	Feuchtgebiete ¹	Trockenrasen ²
Biotoptypen			☑ 5.3		☑ 5.3		☑ 5.4	☑ 5.4		
Pilze										
Bodenorganismen										
Moose										
Phytoplankton							☑ 5.4	☑ 5.4		
Makrophyten							☑ 5.4	☑ 5.4		
Gefäßpflanzen	☑ 5.1	☑ 5.1	☑ 5.3		☑ 5.3					
Bäume			☑ 5.3	☑ 5.2	☑ 5.3					
Säugetiere										
Vögel			☑ 5.6	☑ 5.6	☑ 5.6	☑ 5.6	☑ 5.6	☑ 5.6		
Reptilien										
Amphibien										
Fische							☑ 5.4	☑ 5.4		
Schnecken										
Spinnen										
Makrozoobenthos							☑ 5.4	☑ 5.4		
Libellen										
Heuschrecken			☑ 5.3		☑ 5.3					
Tagfalter			☑ 5.3		☑ 5.3					
Wanzen										
Käfer										
Bienen										
Ameisen										
Stechmücken						☑ 5.5				
geschützte Arten (z.B. FFH)	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5	☑ 5.5

¹ feuchte Sonderstandorte wie z.B. Moore, Auen, Feuchtwiesen, etc.

² trockene Sonderstandorte, wie z.B. Trockenrasen, Halbtrockenrasen, Sanddünen, etc.

Abb. 1: Prioritäre Monitoring-Programme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die österreichische Biodiversität. Dargestellt sind Monitoring Programme für Artengruppen (inkl. Biotoptypen) in den Ökosystemen Nival, Alpin, Subalpin, Wald, Offenes Kulturland, Urban, Fließ- und Stillgewässer, feuchte Sonderstandorte sowie trockene Sonderstandorte. Grüner Hintergrund: Prioritäres Monitoring-Programm; gelber Hintergrund: Monitoring-Programm sinnvoll, aber nicht prioritär; oranger Hintergrund: Monitoring-Programm nicht notwendig. Grauer Hintergrund: Artengruppe ist im Lebensraum (fast) nicht existent. ☑: Bestehendes Monitoring-Programm. Superscript: Nummer des Kapitels, indem das jeweilige bestehende Monitoring-Programm beschrieben ist.

3 StartClim2016.B: Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Aktivitätsphasen von Tieren am Beispiel der Amphibien in Österreich und Nutzung der Pflanzenphänologie als Indikator

Amphibien wandern im Jahresverlauf von Wasser- zu Landlebensräumen und sind von Gewässern als Laichplatz abhängig. Zum Schutz der in Österreich als gefährdet eingestuften Amphibien werden an stark frequentierten Straßen Amphibienzäune aufgebaut und die Tiere durch freiwillige HelferInnen ein- oder zweimal pro Tag in Kübeln sicher über die Straße getragen (Zaun-Kübel-Methode).

Entwicklung, Lebensrhythmus bzw. Aktivitätszeiten der Amphibien sind stark an Umwelteinflüsse wie Temperatur, Niederschlag oder Tageslänge gebunden, daher variieren Wanderungsbeginn und der Betreuungszeitraum der Zäune je nach Standort und Jahr. Durch die absehbaren Veränderungen des Klimas sind auch Änderungen der Entwicklungsphasen bzw. Aktivitätsphasen von Amphibien (phänologische Ereignisse/Phasen) zu erwarten.

Derzeit orientiert man sich beim Zaunaufbau an Witterungsbedingungen, ersten Sichtungen oder ersten überfahrenen Amphibien. Eine bessere Eingrenzung der Wanderzeiträume und effektivere Gestaltung der Schutzmaßnahmen könnte die Nutzung pflanzenphänologischer Erscheinungen wie z.B. der ersten Blüte der Frühlingsknotenblume darstellen. Ein "Frühwarnsystem" würde helfen, Zeit und Arbeitskraft der freiwilligen HelferInnen möglichst sinnvoll einzusetzen.

Das Projekt StartClim2016.B untersuchte mögliche auslösende Faktoren für Amphibienwanderungen, Zusammenhänge zwischen Amphibien- und Pflanzenphänologie sowie etwaige Verschiebungen der Frühjahrswanderung und identifizierte als „Frühwarnsystem“ nutzbare pflanzenphänologische Phasen.

Auslöser der Frühjahrswanderung der Amphibien

Laut Fachliteratur werden Amphibienaktivität und Entwicklungsphasen der Pflanzen v.a. von Temperatur, Wasserverfügbarkeit (Niederschlag) und Tageslänge gesteuert. Auch in ExpertInneninterviews wurde die Temperatur als stärkster äußerlicher Anreiz zum Start der Wanderung genannt, was jedoch immer im Kontext mit Niederschlag zu sehen ist.

Einen Zusammenhang zwischen Beginn der Wanderung (hier: Tag des Aufbaus der Schutzanlagen/Beginn der Betreuungsmaßnahmen) und der Temperatur (Durchschnittstemperatur des Tages, durchschnittliche Temperatur um 7 Uhr) zeigte auch die statistische Gegenüberstellung dieser Faktoren. Der Zusammenhang von Temperatur und Wanderung zeigte sich etwa bei der Analyse der täglichen Amphibienzahlen einer Wanderstrecke, wo im Großteil der untersuchten Jahre die Amphibienzahlen parallel zur Temperatur stiegen und sanken. Fehlender Niederschlag kann dazu führen, dass Amphibien trotz geeigneter Temperaturen nicht wandern, sodass dieser in Kombination mit der Temperatur auch als wanderungsauslösender Faktor definiert wird. Umgekehrt findet an niederschlagsreichen Tagen mit zu geringen Temperaturen (ca. $<3^{\circ}\text{C}$) keine Wanderung statt. In der Literatur sind hinsichtlich Schwellenwerten bzw. die Wanderung auslösenden Faktoren nur wenige konkrete Angaben zu finden: als Schwellenwerte für die Wanderung werden oftmals Tagesdurchschnittstemperaturen im Bereich von 3 bis 6 Grad definiert (vgl. u. a. Kromp-Kolb et al., 2003; Münch, 1998). Auch zu den Niederschlagsverhältnissen fehlen quantitative Angaben. Laut Literatur und ExpertInneninterviews finden vor allem in lauen, niederschlagsreichen Frühjahrsnächten die größten Wanderbewegungen statt. Andererseits beginnen Amphibien bei langer anhaltender Trockenheit und passender Temperatur trotz fehlender Niederschläge zu wandern.

Bis jetzt konnte ein früherer Beginn der Wanderung auf Grund klimawandelbedingter steigender Temperaturen nicht nachgewiesen werden. Vielmehr zeigt die Auswertung starke Schwankungen im Wanderbeginn, welche laut ExpertInnen jedoch nicht ungewöhnlich sind, sowie eine Tendenz hin zu einem späteren Wanderbeginn bzw. einer zunehmend komprimierteren Wanderung der einzelnen Amphibienarten (Arten wandern zunehmend zeitgleich).

Nach Einschätzung der ExpertInnen wird v.a. zunehmende Trockenheit unter den Amphibien Klimagewinner (Wechselkröte) und -verlierer (Grasfrosch, Springfrosch) hervorbringen.

Amphibienschutzmaßnahmen und Monitoring

Organisation und Durchführung von Amphibienschutzmaßnahmen stellen Verantwortliche (KoordinatorInnen) z.T. vor große Herausforderungen (Personalressourcen, eingeschränkte finanzielle Mittel, etc.) und werden unterschiedlich gehandhabt. Die Organisation wird teilweise durch Vereine geregelt und beinhaltet z.B. Koordination von Aufbau (z.B. durch die Straßenmeisterei) und Betreuung der temporären Anlagen (Zaun-Kübel-Methode), die v.a. durch freiwillige HelferInnen (idealerweise mehrere Personen) erfolgt. Entsprechend unterschiedlich verläuft auch das Monitoring an den Wanderstrecken: die Bandbreite reicht von mehr oder weniger standardisierter Datenerfassung, Datensammlung in zentralen Datenbanken und der Auswertung und Berichterstellung bis hin zu keiner Sicherung und Weitergabe der Daten. Auch die Datenqualität ist sehr unterschiedlich (Bestimmung von Art, Gattung, Geschlecht der Tiere, Zählung der Individuen oder gar keine Erfassung).

Pflanzen als „Frühwarnsystem“ für die Amphibienwanderung

Unter Berücksichtigung der von ExpertInnen und StreckenbetreuerInnen erwünschten Vorlaufzeit von bis zu zwei Wochen wurde die erste Blüte von Hasel, Frühlingsknotenblume bzw. Salweide als „Zeigerphasen“ identifiziert: Die Tiere beginnen ca. 5 Tage nach Eintreten der ersten Blüte zu wandern; wobei es hier je nach Standort und Jahr zu Abweichungen kommt. Eine gesicherte Auswahl von pflanzenphänologischen Phasen ist nur mit einer verbesserten Datenbasis bzw. langjährigen Beobachtungen an der Wanderstrecke möglich.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der gängigen Managementsysteme und angesichts der aktuellen Situation im Umgang mit den Daten und der knappen Betreuungsressourcen scheint eine standardisierte Nutzung von Pflanzen als Indikatoren derzeit als unsicher, zumal die Betreuung der Wanderstrecken sowie eine standardisierte Erhebung von Arten, Anzahl der Individuen sowie anderer relevanter Daten vorrangig erscheint. Lokal werden Pflanzen z.T. bereits jetzt (indirekt oder „unbewusst“) als Zeiger für den nahenden Wanderbeginn wahrgenommen, jedoch nicht als Entscheidungshilfe für den Start der Betreuungsmaßnahmen herangezogen. Die knappen Betreuungsressourcen lassen laut ExpertInnen zudem keine Ausweitung der Betreuungszeiten (Zaunaufbau/-kontrolle vor den ersten Wanderbewegungen) zu. Eine Anwendung des „Zeigersystems“ wäre daher erst denkbar, wenn ein lokaler pflanzenphänologischer Ansatz so ausgereift ist, dass er verlässliche Hinweise auf den Beginn der Wanderzeiten liefert. Um die Möglichkeit der Pflanze als Zeiger für die Amphibienwanderung voranzutreiben, müssen StreckenbetreuerInnen für das Thema sensibilisiert und auffällige pflanzenphänologische Phasen im Zeitraum der Wanderaktivitäten der Amphibien über mehrere Jahre aufgezeichnet werden. Der Aufbau eines Beobachtungsnetzes bis hin zur Entwicklung von Apps/Aktionen im Rahmen von Citizen Science wären hierbei mögliche Schritte. Zudem sollte die Verknüpfung mit anderen, lokalen Aktionen geprüft werden. Die vorliegende Untersuchung lässt erwarten, dass mit einer verbesserten Datenbasis hinreichend verlässliche Aussagen über den Nutzen von Zeigerpflanzen zur Eingrenzung der Wanderzeitpunkte ermöglicht würden und sich dadurch der zusätzliche Aufwand der Dokumentation auch für die Freiwilligen lohnen würde. Da sich mit fortschreitendem Klimawandel die Zeigerpflanzen verändern könnten – unterschiedliche Arten reagieren unterschiedlich schnell auf Klimaveränderungen –, müsste die Dokumentation kontinuierlich weitergeführt und hinsichtlich der möglichen Zeigerpflanzen angepasst werden.

Angesichts der Situation der Amphibien (alle heimischen Arten sind gefährdet) und der Klimaszenarien für die zukünftigen Jahre kann nur durch ein Maßnahmenpaket aus Lebensraummanagement, -vernetzung (Landschaftsstrukturen und permanente Schutzanlagen) und Schutzmaßnahmen ein Fortbestand der Amphibienpopulationen gesichert werden.

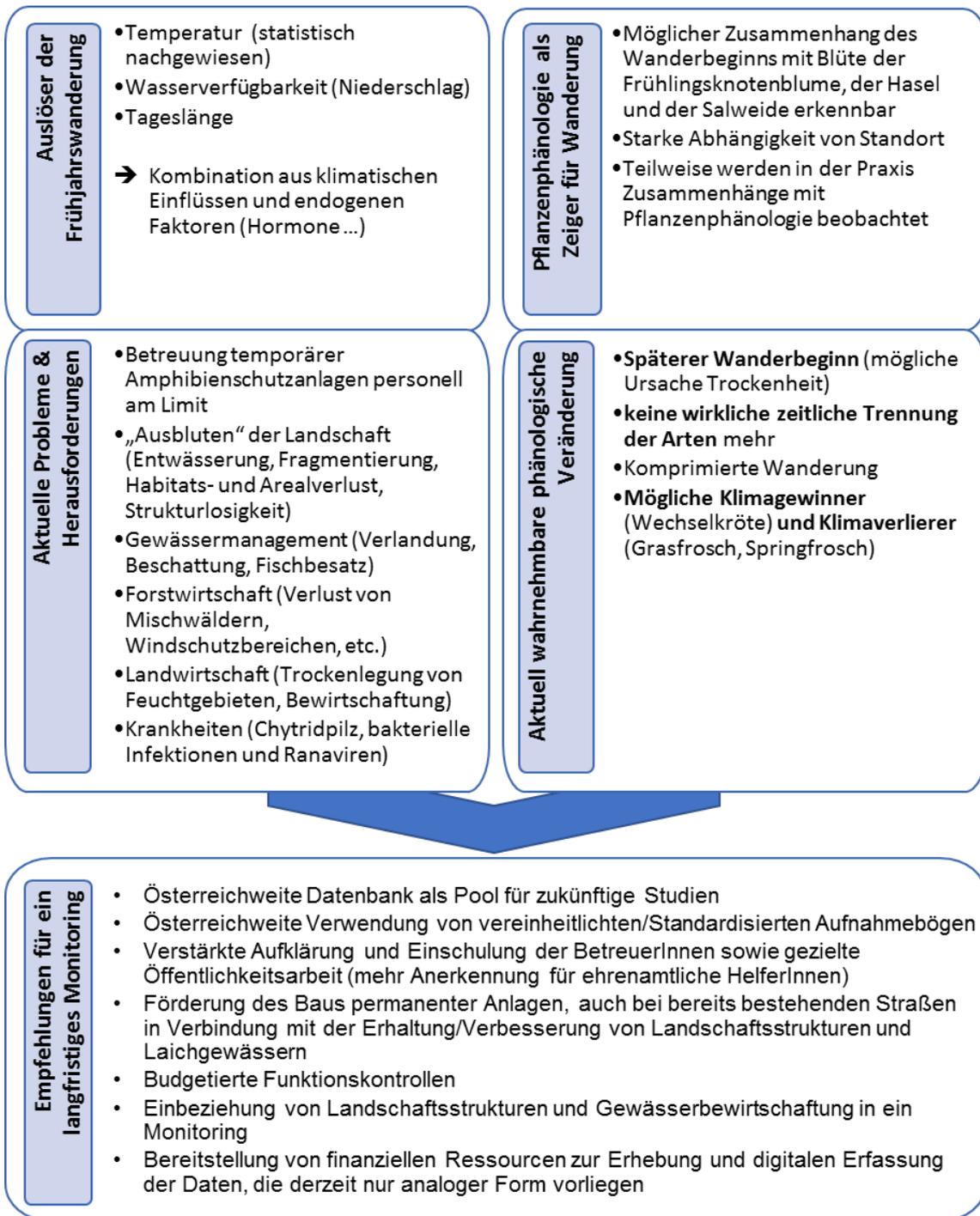


Abb. 2: Zusammenfassende, schematische Darstellung der Ergebnisse des Forschungsprojektes

4 StartClim2016.C: Biogene Rohstoffe im Spannungsdreieck Klimawandel, künftige Ertragsverhältnisse und Flächenverfügbarkeit

Die zunehmende Nutzung biogener Rohstoffe wird als Beitrag zum Übergang zu nachhaltigen Wirtschaftsformen angesehen und dient insbesondere als Maßnahme zum Klimaschutz. Dabei ist sowohl an die energetische als auch an stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe (NAWAROS) gedacht. Auch die Sekundärnutzung biogener Abfallstoffe wie Gülle aus der Tierhaltung kann als Ressource für weitere Nutzungen dienen.

Diese neu entstehenden Ansprüche an die Primärproduktion erfordern die Verfügbarkeit entsprechender Flächen. Gleichzeitig gehen jedoch die verfügbaren Kulturlächen der Land- und Forstwirtschaft durch den Ausbau von Siedlungen und Infrastrukturen zurück. Zusätzlich sind Auswirkungen des Klimawandels auf die erzielbaren Erträge zu erwarten.

Diese Literaturstudie versucht, aus dem in verschiedenen Projekten erarbeiteten Wissen über Produktion und Bedarf an biogenen Rohstoffen, Flächenverfügbarkeit, zukünftigen Erträgen und Klimawandel ein Gesamtbild für Österreich zusammenzufügen.

Flächenbedarf und Flächenänderungen

Grundlage für Diskussionen um Flächenbedarf und –potenziale ist die gesamte Staatsfläche Österreichs, die sich nicht ändert. Durch Inanspruchnahme von Flächen durch Siedlung, (Verkehrs-)Infrastrukturen und andere Verbauung sowie durch die Aufgabe der Nutzung wird jedoch die für Primärproduktion (Land- und Forstwirtschaft) zur Verfügung stehende Fläche ständig kleiner. Waren 1970 noch ca. 660.000 ha nicht einem Land- und Forstwirtschaftlichen Betrieb zugeordnet, so waren es 2013 bereits über 1 Mio ha, der Großteil davon geht auf Kosten von Grünlandflächen. Forstwirtschaftlich genutzte Fläche hat dabei sogar zugenommen, meist auch auf Kosten des Grünlands. Der Trend ist weiter steigend.

Als Maßnahmen, die zu vermehrtem Angebot an biogenen Rohstoffen führen können, werden Abbau von landwirtschaftlicher Überschussproduktion, Intensivierung der Landwirtschaft und Produktionssteigerung, Substitutionseffekte durch Futtermittelproduktion als Nebenprodukt der Herstellung von Biotreibstoff, sowie geändertes Ernährungsverhalten genannt.

Der Druck auf die verfügbaren Produktionsflächen und damit auch entstehende Konkurrenz verschiedener Nutzungsansprüche ist wesentlich von den möglichen Erträgen abhängig. Diese wiederum werden durch ein sich in den nächsten Jahrzehnten weiter änderndes Klima beeinflusst.

Primärproduktion und Erträge

Je nach Klimawandelszenario werden unterschiedliche Effekte erwartet: Allgemein wird sich der Klimawandel auf den Ackerbau stärker auswirken, als auf das Grünland. Für Szenarien, die einen starken Klimawandel und steigende Häufigkeit von Dürreperioden besonders im Osten annehmen, werden deutliche Ertragseinbrüche im Ackerland erwartet. Geht man davon aus, dass zuerst die menschliche Nahrung vor dem Futter für Tiere Vorrang hat, und die Nutzung von Fasern und die energetische Nutzung nachgereiht sind (food-feed-fiber-tank-Logik), stehen bei diesem Szenario geringere Mengen oder Flächen für die stofflich-chemische oder energetische Verwertung zur Verfügung. Die energetische oder stoffliche Verwertung von Holzbiomasse aus dem Wald wird in gewissem Umfang möglich sein, da jedenfalls ca. 30 % der Biomasse bei der Ernte als Energieholz anfällt.

Unter der Annahme moderaten Klimawandels ergeben Modelle im Acker ebenfalls meist Ertragseinbußen, im Grünland jedoch deutlich höhere Produktionsmengen, welche die produzierte Biomasse, gemeinsam mit den Zuwächsen im Wald, in Summe ansteigen lässt. Denkbare Produktionsfortschritte im Ackerbau, wie durch technischen Fortschritt, Intensivierung, Reduktion von Ernteverlusten, oder Bewässerung, reduzieren die ermittelten Verluste

und überkompensieren sie sogar, so dass Teilflächen für die Erzeugung von Bioenergie oder NAWAROS genutzt werden könnten.

Andererseits führen in manchen Szenarien die angenommenen politischen Rahmenbedingungen zu einer starken Extensivierung der Ackerwirtschaft, sodass die genannten Produktionsgewinne, auch durch gestiegenen Bedarf infolge der Bevölkerungszunahme wieder aufgezehrt werden, und der Selbstversorgungsgrad für Ackerfrüchte sinkt. Wenn steigende Erzeugerpreise für Bioenergie bzw. Biomasse, z.B. durch Förderungen gestützt, erzielbar sind, sind auch größere Aufforstungen zu erwarten, die dann noch größer ausfallen, wenn zusätzlich die Agrarumweltzahlungen und Zahlungen an benachteiligte Gebiete zurückgefahren werden.

Die erzielbaren Preise und damit auch Förderungen werden als starker Faktor für die Gestaltung der Landnutzung gesehen. Durch eine Erhöhung der Agrarumweltzahlungen kann eine Extensivierung der Landwirtschaft und eine deutliche Vermehrung der ökologischen Vorrangflächen erreicht werden. Andererseits führt eine Beendigung dieser Zahlungen unter den formulierten Klimawandelszenarien zu einer Intensivierung der Landwirtschaft mit erhöhten Treibhausgasemissionen, einem Verschwinden der ökologischen Vorrangflächen, Verringerung der Biodiversität und Veränderung des Hemerobiegrades (= Naturnähe der Vegetation). Weiters wird eine Erhöhung der sektoralen Bruttowertschöpfung berechnet, bei gleichzeitigem Absinken des Einkommens der Produzenten.

Nutzungspfade und Rohstoffqualitäten

Die FTI-Strategie der österreichischen Bundesregierung für die biobasierte Industrie zeigt Entwicklungspfade in der Rohstoffbereitstellung (landwirtschaftliche Rohstoffe, forstwirtschaftliche Rohstoffe, Algen als Rohstoff), in der Produktentwicklung (Bau- und Dämmstoffe, biogene Verbundstoffe, Biopolymere, Bulkchemikalien, Biotreibstoffe, Düngemittel, biobasierte Spezialprodukte) und auf Ebene der Verarbeitungsprozesse (Fermentation, Vergasung, Pyrolyse, Holzverarbeitung, neue Bioraffinerie-Konzepte) auf. Mögliche Flächenkonkurrenz bzw. Flächenknappheit, die durch veränderte Klimabedingungen verursacht wird, wird nicht thematisiert.

Verfügbarkeit, Markt und Bedarf

Der Bedarf an Biomasse zur stofflichen und energetischen Nutzung kann theoretisch auch durch Importe abgedeckt werden, was zur Entlastung der Produktionsflächen in Österreich führt. Die Konkurrenz der Nutzungen um die Fläche in Österreich hängt damit auch immer von der Lage am europäischen bzw. internationalen Markt ab.

Jedenfalls ist eine effiziente Verwendung der begrenzten landwirtschaftlichen Flächen in Hinblick auf verstärkte stofflich-chemische und energetische Nutzung von Biomasse erforderlich, wofür sich insbesondere eine mehrfache, kaskadische Nutzung durch integrierte Konzepte für die energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse (u. a. Bioraffinerien) sowie Reststoffnutzung anbieten. Rohstoffe der Forstwirtschaft (keine Nutzungskonkurrenz zur Lebensmittelproduktion) könnten vermehrt genutzt werden. „Externe“, gesellschaftliche Effekte auf den Flächenbedarf wie die Versiegelung (Flächeninanspruchnahme) oder der Verlust durch Lebensmittelabfälle müssen minimiert werden. Weitere Optionen sind die Nutzung des technischen Fortschritts (z.B. in Sortenzüchtung, Biotechnologie, Fortschritte in der Tierzucht), die Optimierung des Flächenertrags im Rahmen einer nachhaltigen Nutzung, die Entwicklung von Technologien und Verfahren zur stofflichen und energetischen Nutzung von biogenen Rohstoffen, Konzepte zu grünen Bioraffinerien (Grünlanderhaltung), sowie die Begrenzung von Verlusten in Produktion und Aufarbeitung. Die mögliche Flächeneinsparung durch die Umstellung der Ernährungsgewohnheiten auf eine empfohlene ausgewogene Ernährung würde den Flächenbedarf zur Bereitstellung der Ernährung bei gleichbleibender Intensität der landwirtschaftlichen Produktion um 30 % reduzieren.

5 StartClim2016.D: Bewusstseinsbildung als Motor für gesellschaftliche Transformation im Kontext des Klimawandels? Wie Gemeinden und Regionen im Rahmen der Klimaschutz-Programme e5 und KEM Klimaschutz-Bewusstsein erleben und umsetzen

In den Diskussionen um das Thema Klimawandel nimmt der Aspekt Bewusstseinsbildung eine Schlüsselfunktion ein, von dem zumeist erhofft wird, dass diese im Weiteren einen Umdenkprozess anstoßen und eine gesellschaftliche Transformation einläuten kann. In Österreich sind hierzu mehrere (inter-)nationale Programme und Initiativen aktiv: Allen voran das Klimabündnis mit beinahe 1000 teilnehmenden Städten und Gemeinden, die 2000-Watt-Gesellschaft mit zwei Mitgliedsstädten in Vorarlberg, das Covenant of Mayors mit 16 Kommunen und das Netzwerk der Local Governments of Sustainability (ICLEI) mit zwei Städten. In Oberösterreich wird das Programm für oberösterreichische Energiespar-Gemeinden (E-GEM) angeboten. Die Studie fokussiert auf einer Gegenüberstellung der beiden österreichischen Programme Klima- und Energiemodellregionen (KEM) des Klima- und Energiefonds der Bundesregierung sowie das Programm für energieeffiziente Gemeinden (e5). Die beiden Programme zeichnen sich einerseits durch ihre große Ausbreitung aus (beinahe 900 Gemeinden nehmen im Rahmen von 99 KEMs teil; das e5 Programm läuft in 7 Bundesländern in knapp 200 Gemeinden) und andererseits durch ihre grundsätzlich gleichen Anforderungs- und Umsetzungsprofile innerhalb der Programme und Bundesländer. Vor allem aber sind es zwei wesentliche Initiativen, die u.a. auch den Wandel bei Entscheidungen und Verhaltensweisen der BürgerInnen und EntscheidungsträgerInnen im Sinne des Klimaschutzes anstreben. Die Studie beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit die beiden Klimaschutzprogramme Bewusstseinsbildung als Beitrag zum Umdenken in Richtung klimaschonendes Verhalten insbesondere bei EntscheidungsträgerInnen auf kommunaler Ebene einfordern und welche Erfahrungen die Akteure bei der Umsetzung machten.

Um dieser Frage nachzugehen wurde ein Fallstudienansatz gewählt. Drei Regionen, die sowohl als KEM agieren als auch e5 Gemeinden umfassen, wurden dafür ausgewählt: Baden (NÖ), Weiz-Gleisdorf (Stm) und Vorderwald (Vbg). Interviews mit neun EntscheidungsträgerInnen der KEM Regionen bzw. e5 Gemeinden sowie mit zwei Programmverantwortlichen von KEM und e5 auf übergeordneter Ebene und einem Mitglied des Beirates des Klimabündnisses Österreichs der gleichzeitig auch Klimaschutzbeauftragter des Landes OÖ ist, bildeten den Kern der Informationsgewinnung und wurden durch Literaturrecherche und einem Ergebnisworkshop ergänzt. Die Gesamtzahl von 12 Interviews ist an der Untergrenze der qualitativen Forschungsmethodik zu sehen. Dies wurde bei der Interpretation der erzielten Ergebnisse mit bedacht. Für deren Repräsentativität bestärkend war der Umstand, dass - trotz großer Unterschiede zwischen den Regionen und Gemeinden – dennoch weitgehende Übereinstimmung in der Einschätzung der InterviewpartnerInnen erkennbar war.

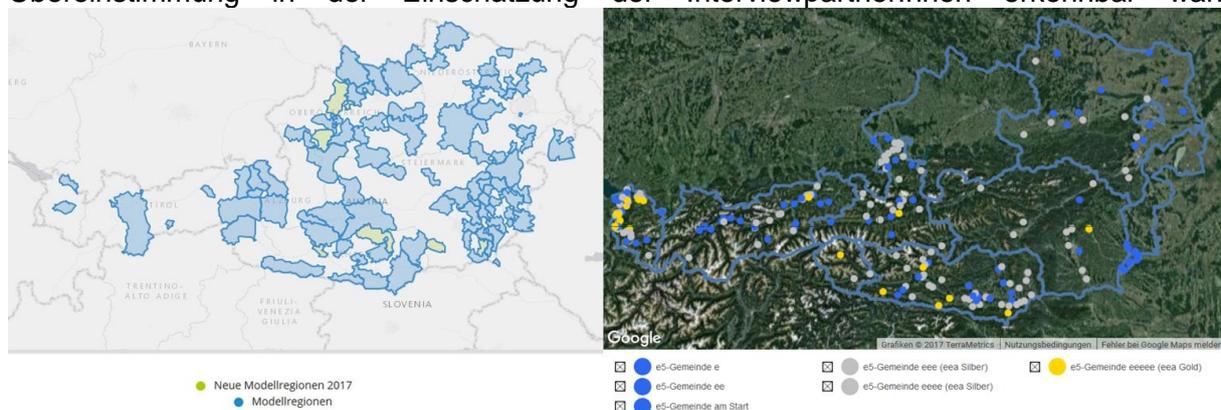


Abb. 3: links: Klima- und Energiemodellregionen, rechts: e5 Gemeinden

Beide Programme eint das Ziel gemeinsam lokal aktive Klimapolitik zu betreiben und Bewusstseinsbildung als integralen Bestandteil zu begreifen. Die Ausgangssituation der Programme und auch die Programmdurchführung sind jedoch sehr verschieden, wobei die Hauptunterschiede in der Ausrichtung (Gemeinde vs. Region), den Vorgaben (Maßnahmenkatalog vs. freie Schwerpunktsetzung) und den finanziellen Mitteln (Investition vs. Zugang zu Geldern) liegen. Bei e5 war die Evaluierung der Maßnahmen von Anfang an eine der Grundfesten des Programms, KEMs führte sie 2015 nachträglich ein. In Summe wird e5 von unseren InterviewpartnerInnen als stärker umsetzungsorientiert empfunden.

Die Untersuchung der drei Fallstudienregionen, in der KEM und e5 gegenübergestellt wurden, zeigten sich keine Widersprüche zwischen den Programmen, im Gegenteil – die Programme ergänzen sich gut, vorausgesetzt die handelnden AkteurInnen tauschen sich regelmäßig aus. Während dies auf nationaler Ebene schon geschieht, ist es auf regionaler Ebene noch stark personenabhängig. In dieser Beziehung ist es auch wichtig, die Verantwortungsebenen sauber zu trennen. Die Verantwortlichen sind gefordert darauf zu achten, dass die Gemeinden – bei gleichzeitiger Umsetzung von KEM und e5 – ihre Verantwortung nicht auf die Region, bzw. den oder die KEM ManagerIn auslagern.

Nach den Schilderungen der InterviewpartnerInnen lassen sich grob vier Kategorien an bewusstseinsbildenden Maßnahmen identifizieren: Öffentlichkeitsarbeit in lokalen und regionalen Medien, Vorbildwirkung/Vorreiterrolle von Gemeinden (z.B. thermische Sanierung von gemeindeeigenen Gebäuden), Projekte zur Bewusstseinsbildung in Schulen und Kindergärten sowie Veranstaltungen bzw. Projekte mit Partizipationscharakter (e-car sharing, etc.). In den Schilderungen wird kaum zwischen „bewusstseinsbildenden“ und „anderen“ Maßnahmen unterschieden. Die InterviewpartnerInnen scheinen überzeugt, dass eine erfolgreiche Umsetzung klimaschonender Projekte die beste Bewusstseinsbildung ist und am ehesten NachahmerInnen findet.

Beide Programme etablierten je ein Netzwerk, das den Austausch oder die Weitergabe von Informationen zu gelungenen Veranstaltungen, Projekten und Ansätzen unter den TeilnehmerInnen erleichtert. Auch das Klimabündnis – das Programm mit den österreichweit meisten Mitgliedern unter den Kommunen – offeriert eine große Anzahl an Angeboten im Bereich der Information und Bewusstseinsbildung sowie Projektarbeit. Diese Hilfestellungen von Seiten der Programme bzw. anderer Mitglieder sind für AkteurInnen auf Gemeindeebene sehr hilfreich und werden gerne angenommen um Bewusstseinsbildung voranzutreiben. In OÖ werden Gemeinden von Landesseite zusätzlich finanziell durch das Förderprogramm „Bewusstseinsbildende klimarelevante Maßnahmen und Aktionen in Oberösterreich“ unterstützt. Von Seiten der Programmverantwortlichen auf Landes – bzw. Bundesebene, insbesondere bei e5, wird es allerdings als zunehmend herausfordernd beschrieben, für alle Gemeinden und deren „Entwicklungsstufen“ ein passendes Angebot zu präsentieren.

Als Herausforderung wird die für die gesellschaftliche Transformation in einer Region notwendige Langfristigkeit der Bemühungen für bewusstseinsbildende Maßnahmen beschrieben, für die über lange Zeiträume Motivation aufzubringen ist und die kontinuierliche Arbeit notwendig macht. Nicht immer als leicht erweist es sich aus Sicht der Befragten auch, vor Ort Vorbilder bzw. Vorreiter zu finden, die Alternativen vorleben und davon berichten wollen. Zudem sind die Programmumsetzung und damit auch die Aktivitäten im Bereich der Bewusstseinsbildung stark abhängig vom politischen Rückhalt. Insofern wird auch die Mutlosigkeit der Politik aus Angst vor den nächsten Wahlen als Herausforderung erlebt. In diesem Zusammenhang wurde der Wunsch der Programmverantwortlichen laut, BürgermeisterInnen verstärkt zu themenrelevanten Weiterbildungen motivieren zu können. Ressourcenknappheit ist ebenfalls ein Thema.

Am offensichtlichsten zeigten sich Wirkungen der Aktivitäten im Bereich Bewusstseinsbildung bei jenen Personengruppen, die sich aufgrund ihrer aktiven Rolle im Programm regelmäßig mit den Themen Energieeinsparung und Klimaschutz auseinandersetzten, insbesondere den Arbeitsteams in den Gemeinden der jeweiligen Programme. In den Schilderungen zeigt sich, dass an dieser Stelle die Wirkung bisweilen über reine Bewusstseinsbildung hinausgeht und sich bereits in konkreten, veränderten Handlungsweisen niederschlägt.

Allerdings wirken sowohl KEM als auch e5 nicht isoliert, sondern sind eingebettet in internationale, nationale, regionale und lokale Bemühungen Klimaschutz zu thematisieren und zu betreiben. Die beiden Programme leisten dazu mit ihren jeweiligen Aktivitätsschwerpunkten einen Beitrag.

6 StartClim2016.E: Erkennung von Borkenkäferbefall mittels Unmanned aerial vehicle (UAV)

Viele Wälder sind durch den Klimawandel vermehrt Stress durch höhere Temperaturen und/oder weniger Niederschlag, sowie Extremereignisse wie Stürme und Starkwinde ausgesetzt. Zusätzlich ist mit einem erhöhten Schädlingsdruck zu rechnen. Für Mitteleuropa sind insbesondere Borkenkäfer (Buchdrucker und Kupferstecher) zu nennen, deren potentiell vermehrtes Auftreten in Nadelwäldern ein beträchtliches ökologisches und ökonomisches Risiko darstellt, da sie sich sehr rasch ausbreiten und beträchtlichen Schaden anrichten können. Es ist daher von Bedeutung, schnelle und einfache Methoden zu entwickeln, mit denen der Waldbestand auf frühe Zeichen eines Befalles überprüft werden kann.

Dieser steigende Bedarf an rasch verfügbaren, verlässlichen und flächendeckenden Daten von Waldflächen führt zu einem steigenden Einsatz von Fernerkundungsmethoden für das Wald Monitoring. Diese basierten bisher vor allem auf satelliten- und flugzeuggetragenen Fernerkundungssensoren, deren Daten immer höheren Informationsgehalt und bessere Qualität aufweisen. In den letzten Jahren ist aber auch ein Anstieg von unbemannten Luftfahrzeugen (englisch Unmanned Aerial Vehicle, UAV) für die Datengewinnung zu beobachten. Diese Systeme zeichnen sich durch flexible Einsatzmöglichkeiten und Daten in sehr hoher räumlicher Auflösung aus. Nachteilig ist die nach wie vor beschränkte Fläche, die mit UAVs überflogen werden kann. Für die Erfassung von Schadereignissen in Wäldern z.B. die Detektion von Windwurfflächen oder eben auch das Auffinden von z.B. durch Borkenkäferbefall geschädigten noch stehenden Bäumen ist die Flächenleistung jedoch in vielen Fällen ausreichend.

In dieser Arbeit wurden einerseits Möglichkeiten zur Auffindung von bereits verfärbten Bäumen untersucht, andererseits unterschiedliche Kamerasysteme auf deren Eignung zur Früherkennung solcher Bäume getestet.

Das Auffinden von durch Kupferstecherbefall geschwächten Bäumen, bei denen die Verfärbung im Baumwipfel beginnt, mittels im sichtbaren Wellenlängenbereich aufgenommenen Bildern von einem niedrigpreisigen UAVs aus, zeigte deutliche Vorteile gegenüber der sehr zeitaufwändigen Feldbegehung. Die geschädigten Bäume sind aus der Luft deutlich besser erkennbar und ihr Standort ist durch geeignete Methoden auch sehr gut feststellbar. Im einfachsten Fall wird ein Überblick der Waldfläche aus der Luft mittels UAV gewonnen, welcher an einem geeigneten Punkt gestartet wird und durch Schwenkung der Kamera eine kreisförmige Fläche von bis zu 50 ha erfasst. Für die Ermittlung der genauen Position des geschädigten Baumes wurden zwei Möglichkeiten getestet. In der ersten Variante wird der Baum mit dem UAV überflogen, ein Foto mit Zusatzinformation aufgenommen, welches u.a. auch die Position der Bildaufnahme beinhaltet. Die zweite Variante verwendet die Aufnahme von zwei Bildern aus unterschiedlichen Positionen und nutzt die unterschiedlichen Blickwinkel um die genaue Baumposition zu bestimmen (geodätische Methode des Vorwärtseinschneidens).

Für den Vergleich von unterschiedlichen Kamerasystemen zur Erfassung von Vitalitätsverlusten an Waldbäumen wurden mehrere Kameras auf einem UAV montiert, um die zeitgleiche Bildaufnahme sicherzustellen. Neben einer handelsüblichen Kamera, die im sichtbaren Spektralbereich (rot-grün-blau, RGB) misst, kamen dabei auch Multispektralkameras mit 3 und 6 Kanälen, welche auch die Reflexionen im Nahen Infrarot erfassen, sowie eine Thermalkamera (Messung im thermalen Infrarot) zum Einsatz. Da im Untersuchungszeitraum in den mehrmals beflogenen Testflächen kein neuer Borkenkäferbefall auftrat, konzentrierten sich die Analysen auf von Beginn an geschädigte Fichten. Die bereits deutlich verfärbten Fichtenwipfel sind in den RGB-Aufnahmen eindeutig erkennbar. Noch besser eignet sich die 6-Kanal-Multispektralkamera mit sehr engbandigen Kanälen. Werden diese Daten in einer üblichen Falschfarbdarstellung betrachtet, stechen die geschädigten Wipfel deutlich hervor (Abb.). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Berechnung von Vegetationsindizes, die mehrere Spektralkanäle miteinander kombinieren. Dadurch können geschwächte Baumkronen sehr

gut identifiziert werden. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen waren auf den Bilddaten der 3-Kanal-Multispektralkamera die abgestorbenen Kronenteile praktisch nicht erkennbar, was auf die sehr breiten und stark überlappende Spektralkanäle zurückzuführen ist. Die Daten der Thermalkamera waren sehr stark durch die Sonneneinstrahlung beeinflusst, was dazu führte dass die Unterschiede zwischen sonnenbeschienenen und beschatteter Flächen alle anderen Effekte übertönten. Eine Analyse dieser Daten war daher nicht erfolgsversprechend.

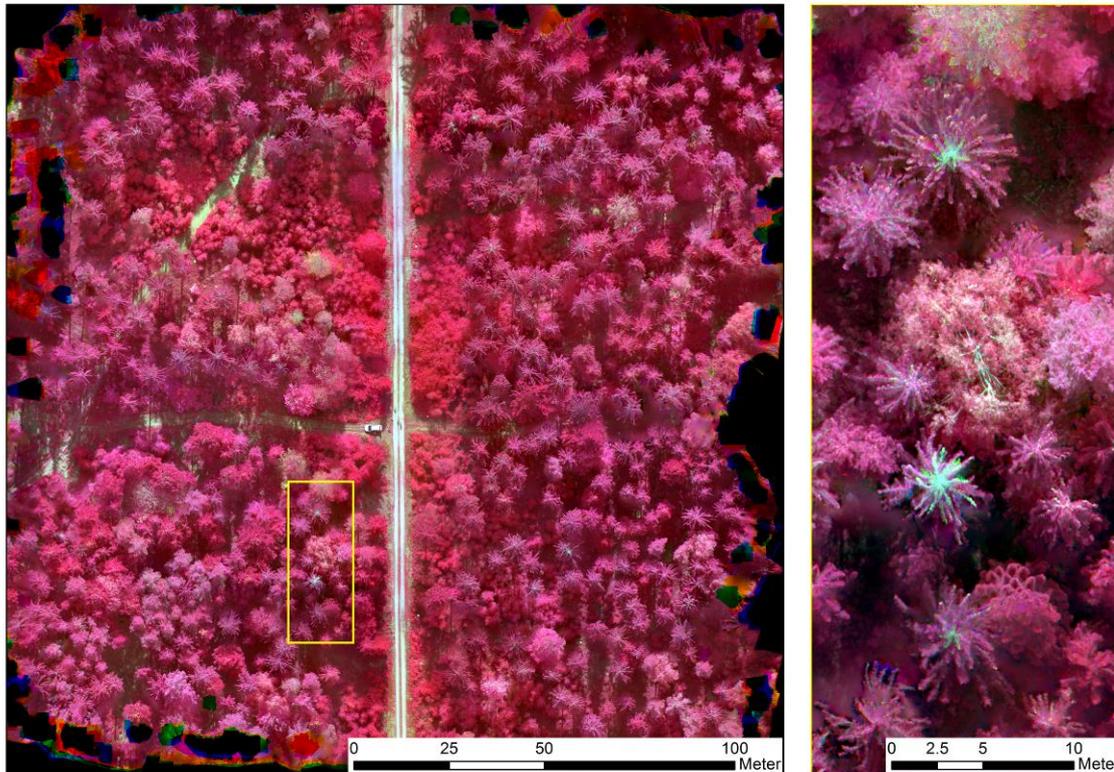


Abb. 4 Falschfarbendarstellung (CIR) (Gesamtbild und Detailaufnahme) mit den Kanälen 6,4,2 der Aufnahme mit der 6-Kanal-Multispektralkamera des Testgebietes vom 24.09.2016. In der Detailaufnahme (rechte Abbildung, entspricht gelbem Feld in der linken Darstellung) sind die Baumkronen von drei unterschiedlich geschwächten Fichten deutlich erkennbar (hellblaue Wipfel)

Für die Erfassung von geschädigten Bäumen bzw. Baumteilen müssen baumartenspezifische Unterschiede beachtet werden. So kann die Zapfenbildung bei Tannen zu ähnlichen Veränderungen führen, wie das Absterben von Nadeln. Daher ist bei der Einzelbaumanalyse immer die Vorabbestimmung der Baumart ratsam. Erste Untersuchungen diesbezüglich zeigten, dass die spektralen Eigenschaften vor allem bei der Erfassung mit der 6-Kanal-Multispektralkamera dazu geeignet sind.

Eine weitere Herausforderung bei der Analyse von Aufnahmen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten sind die unterschiedlichen Beleuchtungssituationen, bedingt durch die Kronenstruktur in Kombination mit dem je nach Tages- bzw. Jahreszeit unterschiedlichen Sonnenstand. Diese Unterschiede erschweren vor allem auch die multitemporale Auswertung (mehrere Aufnahmen an unterschiedlichen Tagen) von Baumkronen bzw. Kronenteilen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei gut geplantem Einsatz UAV eine wesentliche Unterstützung für die forstliche Praxis darstellen können. Bereits UAVs mit einfacher Ausstattung und relativ einfacher Handhabung lassen sich sehr gut für die Lokalisierung bestimmter Punkte, wie z.B. bereits verfärbte Borkenkäferbäume verwenden. Die neuesten Generationen von Multispektralkameras ermöglicht die Erfassung zusätzlicher Informationen und können z.B. für die Unterscheidung von Baumarten genutzt werden. Ebenso bestehen die Erwartungen an derartige Kameras Vitalitätsveränderungen von Vegetation frühzeitig, idealerweise bevor diese mit dem menschlichen Auge erfassbar sind, zu erkennen. Falls

diese Veränderung in den Daten erkennbar ist, wird die große Herausforderung sein, den richtigen Zeitpunkt für die Befliegung zu treffen. Fernerkundungssensoren auf unterschiedlichen Ebenen (vom UAV bis zum Satellit) können somit wichtige Werkzeuge für die durch den Klimawandel bedingten zusätzlichen Monitoringherausforderungen in Wäldern darstellen.

7 StartClim2016.F: Migration, Klimawandel und soziale und ökonomische Ungleichheiten

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Migrationsbewegungen sind in den letzten Jahren in den Mittelpunkt wissenschaftlicher, politischer und öffentlicher Debatten gerückt. Migrationsbewegungen im Kontext des Klimawandels sind vielfältig und stehen in enger Verbindung mit sozialen, ökonomischen, politischen und anderen Aspekten. Aus diesem Grund ist es schwierig, kausale Beziehungen zwischen Klimawandel und Migration eindeutig festzustellen. Dieses Projekt befasste sich mit dem Forschungsstand zu möglichen Migrationsszenarien, im Sinne der Art der auslösenden Klimafaktoren, wie sie in der primär sozial- und geisteswissenschaftlichen Literatur diskutiert werden, um erste Aussagen zur möglichen Relevanz für Europa und Österreich ableiten und relevante statistische Daten zu diesen Szenarien analysieren zu können. Ein wichtiger Ansatzpunkt war dabei die Berücksichtigung von in diesem Kontext relevanten sozialen und ökonomischen Ungleichheiten. Konkrete, mit spezifischen Klimaänderungen verbundene, geographisch verortete Szenarien wurden nicht betrachtet. Ein wichtiger Ansatzpunkt war dabei die Berücksichtigung von in diesem Kontext relevanten sozialen und ökonomischen Ungleichheiten. Der Klimawandel wird sich vor allem indirekt über soziale, ökonomische, politische und andere Faktoren auf Migration auswirken. Seriöse Schätzungen hinsichtlich der Frage, wie viele Menschen im Zusammenhang mit Klimaveränderungen migrieren werden, sind aufgrund der Komplexität dieser Migrationsdynamiken nicht möglich. Dies wird auch durch das Intergovernmental Panel on Climate Change bestätigt, das darauf hinweist, dass es aufgrund der komplexen, multi-kausalen Zusammenhänge keine verlässlichen statistischen Schätzungen bezüglich der zukünftigen Veränderungen von Migration aufgrund des Klimawandels gibt. Das heißt, Schätzungen, die auf direkt- und mono-kausalen Zusammenhängen basieren und diese komplexen und kontextspezifischen Dynamiken nicht berücksichtigen, sind aus wissenschaftlicher Sicht zurückzuweisen. Hinzuzufügen ist dem auch noch, dass die Auswirkungen von Wetterereignissen und Naturkatastrophen auf Migrationsbewegungen kein neues Phänomen ist, sie haben Menschen auch schon in der Vergangenheit dazu bewogen, ihren Heimatort zu verlassen.

In der wissenschaftlichen Literatur werden folgende Szenarien hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Klimawandel und Migration diskutiert:

- Migration aufgrund plötzlicher Wetterereignisse: Dieses Szenario wird oft am direktesten mit Migration in Zusammenhang gebracht. Zahlen zeigen, dass pro Jahr mindestens doppelt so viele Menschen aufgrund von Naturkatastrophen „displaced“ (vertrieben) werden als aufgrund von gewaltsamen Auseinandersetzungen. Das Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC) hat erhoben, dass 2016 23,5 Millionen Menschen aufgrund von Naturkatastrophen ihren Heimatort (zumindest vorübergehend) verlassen mussten, 97 Prozent davon waren klima- oder wetterbezogene Ereignisse. Asien ist der Kontinent, der am schwersten von Naturkatastrophen betroffen ist. 2016 lag der Anteil der Displacements aufgrund von Naturkatastrophen, die in Südasien, Ostasien und im Pazifischen Raum vorkamen, laut IDMC bei 85%. In Europa kommt es nur in einem äußerst geringen Anteil zu Displacements aufgrund von Naturkatastrophen. Naturkatastrophen führen zu einem überwiegenden Anteil zu kurzfristigen, internen Migrationsbewegungen. Das IDMC hat aber anhand von Beispielen aus Japan, Bangladesch, Pakistan, USA, Indonesien und anderen Ländern deutlich gemacht, dass es auch zu längerfristigen Displacements kommen kann. Auch zirkuläre Migrationsbewegungen, bei denen Menschen in regelmäßigen Abständen zu ihrem Ursprungsort zurückkehren, sind möglich. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass es Menschen trotz drohender Gefahren durch Naturkatastrophen nicht möglich ist, zu migrieren oder nicht von der Gefahrenquelle weg sondern zu ihr hin migrieren (z.B. in Städte, die gefährdet sind).

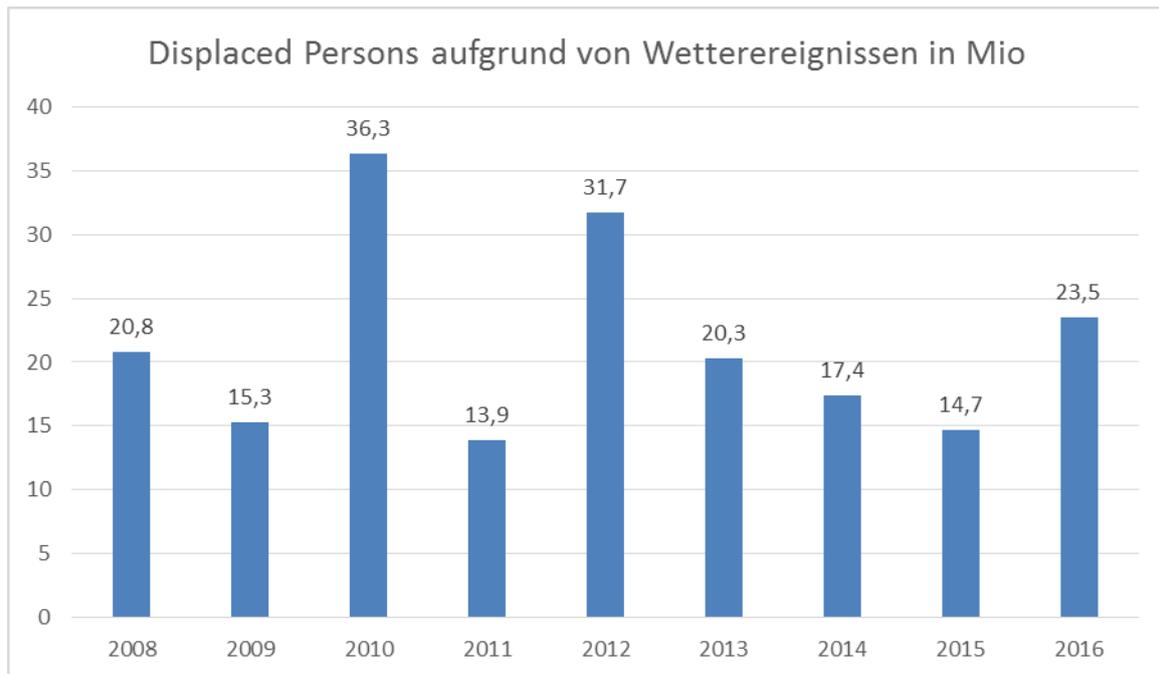


Abb. 5: Von 2008 bis 2016 wurden jährlich durchschnittlich 21,5 Millionen Menschen pro Jahr aufgrund von Wetterkatastrophen vertrieben. Das sind ca. 60.000 Menschen pro Tag. (Daten basierend auf IDMC)

- Langfristige Klimaveränderungen führen zu sehr unterschiedlichen Migrationsformen. Der Einfluss des Klimawandels auf die Migrationsentscheidung ist sehr oft indirekt über soziale und ökonomische Faktoren, wie beispielsweise Einkommensverhältnisse, Erwerbsgrundlagen, Arbeitslosigkeit, Zugang zur Bildung, vorhandene Migrationsnetzwerke und soziale Beziehungen, Armut, Ungleichheiten in Bezug auf Geschlecht, ethnische Zugehörigkeit, Alter etc. Migration wird dabei sehr oft zur Diversifikation von Einkommensquellen genutzt, weil die bisherige, klimaabhängige Einkommensquelle nicht mehr verlässlich ausreicht. Dieses Szenario wird sehr oft mit unterschiedlichen Formen der Arbeitsmigration in Zusammenhang gebracht. Diese Migration wird daher durchaus als Adaptionsstrategie verstanden, das heißt, Migration ist eine Maßnahme sich an den Klimawandel anzupassen. Besonders im Zusammenhang mit langfristigen Klimaveränderungen verbinden sich unterschiedliche Faktoren (soziale, politische, wetterbedingte, ökonomische und andere) in einer sehr komplexen Weise und lassen daher kaum quantitative Schlüsse auf zukünftige Migrationsbewegungen zu.
- Vertreibungen aufgrund von Konflikten in Zusammenhang mit Klimaveränderungen wird als eigenständiges Szenario diskutiert. Aber auch hier haben Forschungen festgestellt, dass beispielsweise die oft mit Klimaveränderungen einhergehende Ressourcenknappheit nicht automatisch zu Konflikten und in weiterer Folge zu Vertreibungen führt. Politische, ökonomische und soziale Faktoren wie beispielsweise Instabilitäten, historische Konflikte, Missmanagement oder Ungleichheiten scheinen eine viel ausschlaggebendere Rolle in diesem Zusammenhang zu spielen.
- Die Frage der sogenannten „trapped populations“ hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dieser Begriff verweist auf Menschen, die aufgrund von Bedrohungen durch den Klimawandel migrieren sollten, weil ihr Leben in Gefahr ist, sie aufgrund fehlender Ressourcen aber dazu nicht in der Lage sind. Vor allem sehr arme Bevölkerungsgruppen, sehr häufig Frauen, Kinder, ältere Menschen und andere benachteiligte Gruppen, werden zunehmend aufgrund fehlender Ressourcen gezwungen sein, in Gefahrenzonen zu bleiben.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Migrationsbewegungen im Zusammenhang mit diesen Szenarien vielfältig, divers, komplex und kontextspezifisch sind und tief mit der Frage von Ungleichheiten verbunden sind.

Es besteht weitgehender Konsens darüber, dass der Klimawandel vor allem sehr starke negative Auswirkungen auf Menschen und Regionen hat, die von Armut betroffen sind und selbst sehr wenig zum Klimawandel beigetragen haben. Europa, inklusive Österreich, ist sowohl weniger von Naturkatastrophen betroffen, auch ist es verglichen mit anderen Weltregionen viel besser in der Lage, sich an den Klimawandel anzupassen. Migration innerhalb Europas aufgrund des Klimawandels wird daher nur eine äußerst geringe Rolle spielen.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Mehrheit der Migrationsbewegungen im Kontext des Klimawandels nicht internationale, sondern interne Migration ausmachen wird. Migrationsdynamiken in diesem Zusammenhang nach Europa sind noch nicht sehr gut erforscht. Migration ist auch mit hohen Kosten verbunden. Das lässt vermuten, dass viele Menschen - auch wenn sie gefährdet sind - einfach nicht die nötigen Mittel aufbringen können, um zu migrieren. Darüber hinaus spielen die sehr restriktiven europäischen Einwanderungspolitiken eine Rolle.

Es gibt eine große Bandbreite von möglichen Ansatzpunkten für politische Maßnahmen inklusive Adaptionenmaßnahmen im Zusammenhang von Klimawandel und Migration, wie beispielsweise die Anerkennung und Ermöglichung von Migration als Adaptionenmaßnahme, den Schutz der Rechte aller MigrantInnen, den Schutz von Menschen, die intern oder über Grenzen hinweg durch Naturkatastrophen vertrieben werden, die Einhaltung von Menschenrechten bei allen Maßnahmen im Kontext des Klimawandels oder Unterstützung von Menschen, Ländern und Regionen, die stark von negativen Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind.

8 Literaturverzeichnis

StartClim2016.A

- ARGE Basiserhebung (2012). Endbericht zum Projekt "Basiserhebung von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung". Bearbeitung Revital Integrative Naturraumplanung GmbH, freiland Umweltconsulting ZT GmbH, eb&p Umweltbüro GmbH, Z_GIS Zentrum für Geoinformatik. Im Auftrag der neun Bundesländer Österreichs. Linz, Wien, Klagenfurt, Salzburg. 461 pp. + Anhang.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15.4 (2012): 365-377.
- Both, C., Visser, M. E. (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411, 296-298.
- Chimani, B., Böhm, R., Matulla, C., Ganekind, M. (2011). Development of a longterm dataset of solid/liquid precipitation *Adv. Sci. Res.* 6, 39–43. doi:10.5194/asr-6-39-2011
- Chimani, B., Matulla, C., Böhm, R., Hofstätter, M. (2012). A new high resolution absolute temperature grid for the Greater Alpine Region back to 1780. *Int. J. Climatol.*
- Dawson, T. P., Jackson, S. T., House, J. I., Prentice, I. C., Mace, G. M. (2011). Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025), 53-58.
- Deutz, A., Greßmann, G., Guggenberger, T., Blaschka, A. (2015). Zur Bedeutung des Klimawandels für die Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten. Endbericht von StartClim2014.D in StartClim2014: Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, ÖBF, Land Oberösterreich.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1652), 2743-2748.
- Devictor, V., van Swaay, C., Brereton, T., Brotons, L., Chamberlain, D., Heliölä, J. et al. (2012). Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2, 121–124. doi:10.1038/nclimate1347
- Dirnböck, T. (2016). CCN-Adapt. Adaptation to Interactive Impacts of Climate Change and Nitrogen Deposition on Biodiversity. Final Report. ACRP.
- Dirnböck, T., Mirtl, M. (2009). Integrated Monitoring of the Effects of Airborne Nitrogen and Sulfur in the Austrian Limestone Alps. Is Species Diversity a Reliable Indicator? *Mountain Research and Development* 29(2), 153-160.
- Dramstad, W. E., Fjellstad, W. J., Strand, G. H., Mathiesen, H. F., Engan, G., Stokland, J. N. (2002). Development and implementation of the Norwegian monitoring programme for agri-cultural landscapes. *Journal of Environmental Management* 64(1), 49-63.
- Dullinger, S., Gattlinger, A., Thuiller, W., Moser, D., Zimmermann, N. E., Guisan, A. et al. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under 21st century climate change. *Nature Climate Change* 2, 619–622. doi:10.1038/nclimate1514
- Dunn, P. O., Winkler, D. W. (2010). Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P. (Eds.) *Effects of Climate Change on Birds*. Oxford University Press, Oxford, 113-128.
- Dvorak, M., Teufelbauer, N. (2008). Monitoring der Brutvögel Österreichs. Arbeitsunterlagen. 2. Auflage. Wien: BirdLife Österreich.

- Essl, F., Gattringer, A., Hülber, K., Kuttner, M., Moser, D., Rabitsch, W., Schindler, S., Wesely, J., Dullinger, S. (2016). Können Naturschutzmaßnahmen die klimawandelbedingten Risiken für Arten kompensieren? *Natur und Landschaft* 91, 480-482.
- Ficker, H. (2014). Thermischer Stress der Bachforelle an der Oberen Traun während des Sommers. Endbericht von StartClim2013.A in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BMLFUW, BMWWF, ÖBF, Land Oberösterreich.
- Gottfried, M., Hantel, M., Maurer, C., Toechterle, R., Pauli, H. & Grabherr, G. (2011). Coincidence of the alpine-nival ecotone with the summer snowline. *Environmental Research Letters*, 6: 014013.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barancok, P., Benito Alonso, J. L. et al. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2, 111-115.
- Grabherr, G., Gottfried, M., Pauli, H. (1994). Climate effects on mountain plants. *Nature* 369, 448.
- Gregory, R. D., Willis, S. G., Jiguet, F., Vorisek, P., Klvanova, A., van Strien, A., Green, R. E. (2009). An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. *Plos One*, 4(3).
- Guisan, A., Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8, 993-1009.
- Haslinger, K., Bartsch, A. (2015). Creating long term gridded fields of reference evapotranspiration in Alpine terrain based on a re-calibrated Hargreaves method. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 12, 5055-5082. doi:10.5194/hessd-12-5055-2015
- Hauk, E., Schadauer, K. (2009). Instruktion für die Feldarbeit der Österreichischen Waldinventur 2007 – 2009 (Fassung 2009). Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft.
- Heinrichs, S., Schulte, U., Schmidt, W. (2011). Veränderung der Buchenwaldvegetation durch Klimawandel? Ergebnisse aus Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen. *Forstarchiv* 82, 48-61.
- Herzog, F., Franklin, J. (2016). State-of-the-art practices in farmland biodiversity monitoring for North America and Europe. *Ambio* 45: 857-871.
- Hiebl, J., Frei, C. (2015). Daily temperature grids for Austria since 1961 – concept, creation and applicability. *Theor. Appl. Climatol.* doi:10.1007/s00704-015-1411-4
- Hofmann, K., Lamprecht, A., Pauli, H., Illmer, P. (2016). Distribution of prokaryotic abundance and microbial nutrient cycling across a high-alpine altitudinal gradient in the Austrian Alps is affected by vegetation, temperature, and soil nutrients. *Soil Microbiology* 72(3): 704-716.
- Kienast, F., Frick, J., Steiger, U. (2013). Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Wissen Nr. 1325, Bundesamt für Umwelt, Bern und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf: 75 S.
- Kienast, F., Frick, J., Van Strien, M. J., Hunziker, M. (2015). The Swiss landscape monitoring program - a comprehensive indicator set to measure landscape change. *Ecological Modelling*, 295, 136-150
- Koch E., Maurer C., Hammerl C., Hammerl T., Pokorny E. (2009). BAC-CHUS grape harvest days and temperature reconstruction for Vienna from the 16th to the 18th century. In: The 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Cairns, Australien, 13.–17.07.2009.

- Koordinationsstelle BDM (2014). Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Umwelt-Wissen Nr. 1410. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Kühn, E., Wiemers, M., Feldmann, R., Musche, M., Harpke, A., Schweiger, O. et al. (2015). Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) und europäische Indikatoren – erste Langzeitergebnisse und ihre Verwendung im Naturschutz. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 98-103.
- Kuttner, M., Essl, F., Peterseil, J., Dullinger, S., Rabitsch, W., Schindler, S. et al. (2015). A new high-resolution habitat distribution map for Austria, Liechtenstein, southern Germany, South Tyrol and Switzerland. *Eco. Mont* 7: 18-29.
- Lexer, M. J., Rabitsch, W., Grabherr, G. et al. (2014). Der Einfluss des Klimawandels auf die Biosphäre und Ökosystemleistungen. In: APCC (Eds) Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, ÖAW, Wien: 467-556.
- Maurer C., Koch E., Hammerl C., Hammerl T., Pokorny E. (2009). BACCHUS temperature reconstruction for the period 16th to 18th centuries from Viennese and Klosterneuburg grape harvest dates. *Journal of Geophysical Research* 114: D22106.
- Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C. et al. (2014). Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science*, 346(6209), 630-631.
- Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., Watson, J. E. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536(7615), 143-145.
- Melcher, A., Pletterbauer, F., Schmutz, S. (2010). Fischfauna und Klimaänderung. In: Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserwirtschaft in Österreich. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien. 135-144.
- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., et al. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis, Published by World Resources Institute, Washington, DC.
- Mirtl, M., Bahn, M., Battin, T., Borsdorf, A., Dirnböck, T., Englisch, M. et al. (2015). Research for the Future – LTER-Austria White Paper 2015 – On the status and orientation of process oriented ecosystem research, biodiversity and conservation research and socio-ecological research in Austria. LTER-Austria Series, Vol. 2, ISBN 978-3-9503986-1-8. LTER Austria-Austrian Long-Term Ecosystem research Network, Vienna, Austria. 74 pp. + Annex 29 pp.
- Moser, D., Ellmauer, T. (2009). Konzept zu einem Monitoring nach Artikel 11 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Österreich. Im Auftrag der Verbindungsstelle der Bundesländer, 130 pp.
- Nemeth, E., Auer, I., Hollösi, B., Teufelbauer, N. (2016). Ein Klima-Einfluss-Index für die Brutvögel Österreichs. Endbericht von StartClim2015.C in StartClim2015: Weitere Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BML-FUW, BMWF, ÖBf, Land Oberösterreich.
- Ökoteam (2012). Klimawandel und sein Einfluss auf die Biodiversität. Grundlagen für ein Monitoring ausgewählter Indikatorarten. Endbericht zum, Projekt Nr. A760674 des Klima- und Energiefonds des Bundes.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol.* 37, 637-669.
- Parmesan, C., Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37.

- Pascher, K., Moser, D., Dullinger, S., Sachslehner, L., Gros, P., Sauberer, N. et al. (2010). Biodiversität in österreichischen Ackerbaugebieten im Hinblick auf die Freisetzung und den Anbau von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen (BINATS – Biodiversity-Nature-Safety). Forschungsbericht im Auftrag der Bundesministerien für Gesundheit, Sektion II und für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Pascher, K., Moser, D., Dullinger, S., Sachslehner, L., Gros, P., Sauberer, N. et al. (2011). Setup, efforts and practical experiences of a monitoring program for genetically modified plants - an Austrian case study for oilseed rape and maize. *Environmental Sciences Europe* 23: 12.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J. L. B. et al. (2012): Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science* 336: 353–355.
- Pauli, H., Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S., Rumpf, S., Winkler, M. et al. (2015). The GLORIA field manual – standard Multi-Summit approach, supplementary methods and extra approaches. 5th edition, GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences & University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, 132 pp., doi 10.2777/823061, ISBN 978-92-79-47947-2.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reier, K., Klettner, C., Grabherr, G. (2007). Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology*, 13, 147-156.
- Peterson, A. T. (2006). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*, 3, 59-72.
- Pfeifer, A., Niehuis, M. Renker, C. (Hrsg., 2011). Die Fang- und Heuschrecken in Rheinland-Pfalz. *Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz*.
- Rabitsch, W., Essl, F. (2009). Endemiten. *Kostbarkeiten in Österreichs Pflanzen- und Tierwelt*. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt und Umweltbundesamt, Wien, 924 pp.
- Rey L., Hunziker, M., StremLOW, M., Arn, D., Rudaz, G., Kienast, F. (2017). Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Bern, Umwelt-Zustand Nr. 1641, Bundesamt für Umwelt, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf: 72 S.
- Russ, W. (2011). Mehr Wald in Österreich. *BFW-Praxisinformation* 24, 3-5.
- Schaumberger, J., Schardt, M., Guggenberger, T., Gallaun, H., Schaumberger, A., Deutz, A., et al., (2005). GIS-gestützte Ermittlung der Veränderung des Lebensraumes alpiner Wildtier-arten (Birkhuhn, Schneehuhn, Gamswild, Steinwild) bei Anstieg der Waldgrenze aufgrund Klimaveränderung. *StarClim2005.F*, Teilprojekt von StartClim2005 „Klimawandel und Gesundheit“. BMLFUW und BMGF.
- Schindler, S., Dirnböck, T., Essl, F., Zink, R., Dullinger, S., Wrba, T., Mirtl, M. (2011). An agenda for Austrian Biodiversity Research at the Long-term Ecosystem Research Network (LTER). In: Pavlinov, I. Y. (ed.) *Researches in Biodiversity: models and applications*, InTech, Vienna. ISBN 979-953-307-253-0, 147-162.
- Schindler, S., O'Neill, F.H., Biró, M., Damm, C., Gasso, V., Kanka, R. et al. (2016). Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. *Biodiversity and Conservation* 25(7), 1349-1382.
- Schindler, S., Sebesvari, Z., Damm, C., Euller, K., Mauerhofer, V., Hermann, A. et al. (2014). Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. *Landscape Ecology* 29(2), 229-244.

- Stefanescu, C., Askew, R. R., Corbera, J., Shaw, M. R. (2012). Parasitism and migration in southern Palaearctic populations of the painted lady butterfly, *Vanessa cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 109(1), 85.
- Stephens, P. A., Mason, L. R., Green, R. E., Gregory, R. D., Sauer, J. R., Alison, J. et al. (2016). Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science*, 352(6281), 84-87.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B.E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. et al. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306, 1783-1786.
- Teufelbauer, N. (2010). Der Farmland Bird Index für Österreich – erste Ergebnisse zur Bestandsentwicklung häufiger Vogelarten des Kulturlandes. *Egretta* 51, 35-50.
- Teufelbauer, N. (2014). Evaluierung LE07-13: Farmland Bird Index für Österreich – Indikator 2013 und 2014: Teilbericht 1: Farmland Bird Index 2013 für Österreich. Im Auftrag des Le-bensministeriums. BirdLife Österreich, Wien.
- Teufelbauer, N., Adam, M., Nemeth, E. (2015). Analyse der Bestände überwinternder Wasservögel in Österreich von 1970-2014. BirdLife Österreich mit Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien. 102 pp.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B. (2005). Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecol. Biogeogr.* 14, 347-357.
- Umweltbundesamt (2016). Schindler, S., Zulka, K.-P., Sonderegger, G., Oberleitner, I., Peterseil, J., Essl, F. et al.: Entwicklungen zur biologischen Vielfalt in Österreich – Schutz, Status, Gefährdung. Umweltbundesamt, Wien. 188 pp.
- Umweltbundesamt (2017). Ellmayer, T., Moser, D., Paternoster, D., Adam, M.: Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich (2016 bis 2018) sowie Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019. 1 Zwischenbericht. Umweltbundesamt, Wien. 51 pp.
- Wahl, J., Dröschmeister, R., Gerlach, B., Grüneberg, C., Langgemach, T., Trautmann, S., Sudfeldt, C. (2015). Vögel in Deutschland – 2014. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Winkler, M., Lamprecht, A., Steinbauer, K. Hülber, K., Theurillat, J.-P., Breiner, F. et al. (2016). The rich sides of mountain summits - a pan-European view on aspect preferences of alpine plants. *Journal of Biogeography* 43: 2261-2273, Doi 10.1111/jbi.12835.
- Zografou, K., Kati, V., Grill, A., Wilson, R. J., Tzirkalli, E., Pamperis, L. N., Halley, J. M. (2014). Signals of climate change in butterfly communities in a Mediterranean protected area. *PloS One*, 9(1), e87245.
- Zweimüller, I., Melcher, A., Pletterbauer, F., Hein, T. (2014). Wie und wo verändern sich die österreichischen Flüsse durch den Klimawandel? Interdisziplinäre Analyse im Hinblick auf Fischfauna und Nährstoffe. Endbericht von StartClim2013.E in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BML-FUW, BMWWF, ÖBF, Land Oberösterreich.

StartClim2016.B

- APCC. (2014). *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14)*. Austrian Panel on Climate Change (APCC). Wien, Österreich: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Arnfield, H., Grant, R., Monk, C., & Uller, T. (2012). Factors influencing the timing of spring migration in common toads (*Bufo bufo*). *Journal of Zoology*, 288, S. 112-118.

- Benard, M. (2015). Warmer winters reduce frog fecundity and shift breeding phenology, which consequently alters larval development and metamorphic timing. *Global Change Biology* 21, 1058-1065.
- Blab, J. (1986). *Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien*. Bonn - Bad Godesberg: Kilda-Verlag.
- Blaustein, A., Belden, L., Olson, D., Green, D., Root, T. &, & Kiesecker, J. (2001). Amphibian Phenology and Climate Change. *Conservation Biology* Vol.16, Nr.6, 1454-1455.
- Böhme, W., & Rödder, D. (2014). Amphibien und Reptilien: Verbreitungs- und Verhaltensänderungen aufgrund der Erderwärmung. In J. Lozán, H. Grassl, & L. &. Karbe, *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. 2. Auflage. *Elektron. Veröffent. (Kap.2.5)*. Abgerufen am 02. 08 2016 von http://www.klimawarnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2014/06/boehme_roedder.pdf
- Brandt, K., & Pagenkopf, T. (2011). *Phänologie - eine interdisziplinäre Wissenschaft zwischen Meteorologie, Klimatologie und Biologie*. Norderstedt: Books on Demand GmbH.
- Cabela, A., Grillitsch, H., & Tiedemann, F. (2001). *Atlas zur Verbreitung und Ökologie der Amphibien und Reptilien in Österreich: Auswertung der Herpetofaunistischen Datenbank der Herpetologischen Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien*. Wien: Umweltbundesamt.
- Carroll, E. A., Sparks, T., Collinson, N., & Beebee, T. (2009). Influence of temperature on the spatial distribution of first spawning dates of the common frog (*Rana temporaria*) in the UK. *Global Change Biology* 15, 467-473.
- Corn, P. (2005). Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation* 28.1, S. 59-67.
- Czachs, C., & Höbart, K. (2010). *Phänologie und Aktivitätsmuster von Amphibien. Masterarbeit*. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Ficetola, G., & & Maiorano, L. (2016). Contrasting effects of temperature and precipitation change on amphibian phenology, abundance and performance. *Oecologia* 181, 683–693.
- Fu, Y., Zhao, H., Piao, S., Peaucelle, M., Peng, S., Zhou, G., . . . Janssens, I. (2015). Declining global warming effects on the phenology of spring leaf unfolding. *Nature*, Vol. 526.
- Gebhart, H., Rammert, U., Schröder, W., & Wolf, H. (2010). Klima-Biomonitoring: Nachweis des Klimawandels und dessen Folgen für die belebte Umwelt. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*(22), S. 7-19.
- Glandt, D. (2016). *Amphibien und Reptilien. Herpetologie für Einsteiger*. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- GPM. (2016). *Global Phenological Monitoring*. (Humboldt-Universität zu Berlin) Abgerufen am 09. 10 2016 von <http://gpm.hu-berlin.de/>
- Grant, R., Chadwick, E., & Halliday, T. (2009). The lunar cycle: a cue for amphibian reproductive phenology? *Animal Behaviour*, 78, S. 349-357.
- Green, D. (2016). Amphibian breeding phenology trends under climate change: predicting the past to forecast the future. *Global Change Biology* .
- Karsten, M. (1986). Eine Analyse der phänologischen Methode in der Stadtklimatologie am Beispiel der Kartierung Mannheims. Heidelberg: Geografisches Institut der Universität Heidelberg.

- Koch, E., & Scheifinger, H. (2005). Phänologie, ein Bio-Indikator für den Klimawandel. *Raumberg Gumpenstein, 50 Jahre meteorologische Beobachtungen in Gumpenstein 1955 - 2004*, 29. November 2005, 17-26.
- Kordges, T., & Weddeling, K. (2015). Immer früher? Langzeitmonitoring (1979–2013) zum Laichbeginn des Grasfrosches (*Rana temporaria*) im Felderbachtal in Hattingen (NRW). *Zeitschrift für Feldherpetologie* 22, 211-222.
- Kromp-Kolb, H., & Gerersdorfer, T. (. (2003). *Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt - derzeitiger Wissenstand, fokussiert auf den Alpenraum und Österreich*. Universität für Bodenkultur Wien.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Maletzky, A. (2010). Verbreitung und Bestand des Springfrosches (*Rana dalmatina* Bonaparte, 1840) im Bundesland Salzburg. (H. d. Salzburg, Hrsg.) *Mitt. Haus der Natur* 18, 18, S. 11-28.
- Malkmus, R. (2012). Eine innere Uhr bestimmt den Lebensrhythmus der Frösche. *Spessart*, 17-22.
- Malkmus, R. (2012). Eine innere Uhr bestimmt den Lebensrhythmus der Frösche. *Spessart*, S. 17-22.
- Menzel, A. (1997). Phänologie von Waldbäumen unter sich änderenden Klimabedingungen - Auswertung der Beobachtungen in den Internationalen Phänologischen Gärten und Möglichkeiten der Modellierung von Phänodaten. *Forstliche Forschungsberichte München*, 164. München: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
- Menzel, A. (2006). Zeitliche Verschiebungen von Austrieb, Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung im Zuge der rezenten Klimaerwärmung. *Forum für Wissen: Wald und Klimawandel*, S. 47-53.
- MONAS HELCOM. (2010). Climate change in the Baltic Sea Area, Draft HELCOM thematic assessment in 2006, Helsinki. In H. Gebhart, U. Rammert, W. Schröder, & H. Wolf, *Klima-Biomonitoring: Nachweis des Klimawandels und dessen Folgen für die belebte Umwelt. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*(22), S. 7-19. (S. 7-19).
- ÖKL - Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von <http://www.mahdzeitpunkt.at/index.php>
- Pampus, M. (2005). Einschätzungen zu möglichen und bereits nachweisbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Biodiversität in Hessen. *Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012, Projektbaustein II: Klimawandel und Klimafolgen in Hessen*, 48-52. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Umwelt u. Geologie.
- Parmesan, C. (2007). Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology* 13, 1860-1872.
- PEP725. (2016). *Pan European Phenology DB*. Abgerufen am 09. 10 2016 von <http://www.pep725.eu/dataset.php>
- Rabitsch, W., & Herren, T. (2013). Klimawandeleffekte heute: Welche Änderungen finden bereits statt? In F. Essl, & W. Rabitsch, *Biodiversität und Klimawandel Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Heidelberg: Springer Spektrum.
- Reading, C. (2003). The effects of variation in climatic temperature (1980-2001) on breeding activity and tadpole stage duration in the common toad, *Bufo bufo*. *The Science of the Total Environment* 310, 231-236.
- Schnelle, F. (1955). Pflanzen- Phänologie (Probleme der Bioklimatologie). Leipzig: Akad. Verl. Ges. Geest & Portig.

- Schröder, W., Pesch, R., & Schmidt, G. (2010). Projektion jahreszeitlicher Pflanzenentwicklungen im Klimawandel. *Angewandte Geoinformatik 2010 - Beiträge zum 22. AGIT-Symposium*. Salzburg.
- Seyfert, F. (2007). *Phänologie* (2. unveränderte Auflage, Nachdruck der 1. Auflage von 1960 Ausg.). Hochwarsleben: Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH.
- Staatsministerium, f. U. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Phaenologie.pdf>
- Szabó, B., Vincze, E., & Czúcz, B. (2016). Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 60 (9).
- Technische Universität, D. (2010). *Entwicklung und Evaluierung eines phänologischen Indikatorsystems zur Optimierung von Mahdterminen für Mahdgutübertragungen und Wiesenpflege am Modell submontaner und montaner Wiesen im Osterzgebirge*. Dresden: TU Dresden.
- Tryjanowski, P., Rybacki, M., & Sparks, T. (2003). Changes in the first spawning dates of common frogs and common toads in western Poland in 1978-2002. *Ann. Zool. Fennici* 40, 459-464.
- Umweltbundesamt. (2016). Abgerufen am 31. 10 2016 von http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/naturschutz/PDFs/Natura_2000/Referenzliste_und_Bewertungen_2007_2013.pdf
- Vu, M., & Trudeau, V. (2016). Neuroendocrine control of spawning in amphibians and its practical applications. *General and Comparative Endocrinology (Article in press)*.
- Wang, C., Tang, Y., & Chen, J. (2016). *Plant phenological synchrony increases under rapid within-spring warming*. Abgerufen am 17. 08 2016 von Scientific reports - a natureresearch journal: <http://www.nature.com/articles/srep25460>
- Wang, H., Rutishauser, T., Tao, Z., Zhong, S., Ge, Q., & Dai, J. (2016). Impacts of global warming on phenology of spring leaf unfolding remain stable in the long run. *Int J Biometeorol.*
- Young-Science. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von ObstVerrückt: http://www.youngscience.at/young_citizen_science/citizen_science_award_2016/obstverrueckt/
- ZAMG. (2015). (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Herausgeber) Abgerufen am 25. 09 2016 von http://www.phenowatch.at/fileadmin/_migrated/content_uploads/Beobachtungsanleitung2015_8.pdf
- ZAMG. (o.J.). *PhenoWatch-ZAMG Pänologie: Über die Phänologie: Phänologie und ZAMG*. Abgerufen am 18. 11 2016 von ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: <http://www.phenowatch.at/ueber-die-phaenologie/phaenologie-an-der-zamg.html>
- ZAMG, a. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: <http://www.phenowatch.at/ueber-die-phaenologie.html>
- ZAMG, b. (o.J.). Abgerufen am 28. 11. 2016 von Naturverrückt: <http://www.naturverrueckt.at/informationen/ueber-naturverrueckt>
- ZAMG, c. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von FarbVerrückt: <http://www.naturverrueckt.at/farbverrueckt/backgroundinfos>

- Agrana (2017). Information zur Bioethanolerzeugung in Österreich: www.agrana.com (abgefragt am 30.04.2017).
- APCC (2014). Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 978-3-7001-7699-2.
- Audsley, E., Pearn, K.R., Simota, C., Cojocaru, G., Koutsidou, E., Rounsevell, M.D.A., Trnka, M., Alexandrov, V., 2006. What can scenario modelling tell us about future European scale agricultural land use, and what not? *Environ. Sci. Pol.* 9, 148–162.
- Bader, M.K.-F., Leuzinger, S., Keel, S.G., Siegwolf, R.T.W., Hagedorn, F., Schleppei, P., Körner, C., 2013. Central European hardwood trees in a high-CO₂ future: synthesis of an 8-year forest canopy CO₂ enrichment project. *J Ecol* 101, 1509–1519.
- Beck, W., 2010. Auswirkungen von Trockenheit und Hitze auf den Waldzustand in Deutschland – waldwachstumskundliche Ergebnisse der Studie im Auftrag des BMEL (Jahrestagung 2010). DVFFA - Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 2010.
- BMLFUW (2008). Erneuerbare Energie 2020. Potentiale in Österreich. Schlussfolgerungen der Task Force „Erneuerbare Energie“, Wien, 39 S.
- BMLFUW (2012). Grüner Bericht 2012. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Wien, 336 S.
- BMLFUW (2015). Holzströme in Österreich. Rohstoff Holz Lebensgrundlage Erneuerbare Energie, Wien 2 S.
- BMLFUW (2016). Erneuerbare Energie in Zahlen 2016. Entwicklung in Österreich Datenbasis 2015, Wien, 43 S.
- BMLFUW (2016). Grüner Bericht 2016. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Wien, 262 S.
- BMLFUW o.J. Biokraftstoffe. Zahlen und Fakten,
- bmvit und Klima- und Energiefonds (2015 Hrg.). *energy innovation austria* 3/2015, 8 S.
- Braun, M., Fritz, D., Braschel, N., Büchsenmeister, R., Freudenschuss, A., Gschwantner, T., Jandl, R., Ledermann, T., Neumann, M., Pölz, W., Schadauer, K., Schmid, C., Schwarz-bauer, P., Stern, T. & Weiss, P. A Holistic Assessment of Green House Gas Dynamics from Forests to the Effects of Wood Products Use in Austria. *Carbon Management*, 2016
- Büchsenmeister, R. 2011. Waldinventur 2007/09. Betriebe und Bundesforste nutzen mehr als den Zuwachs. *BFW-Praxisinformation* 24, 6-9
- Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2017). Verteilung der Kulturarten im Zeitvergleich, <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=780>.
- Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2017). Zusammensetzung der landwirtschaftlich genutzten Fläche <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=780>.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (Hrsg.) (2016). Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2015, Wien, 87 S.
- Calanca, P. (2007) Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes? *Global and Planetary Change*, Volume 57, Issue 1-2, p. 151-160.
- Christian, Re.; Feichtiger, R.; Christian Ru. et al. (2011). Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich. BMVIT, Wien.
- EEÖ – Erneuerbare Energie Österreich (2015). *Energiewende 2013- 2030 – 2050*.

- Eitzinger, J., H. Haberl, B. Amon, B. Blamauer, F. Essl, V. Gaube, H. Habersack, R. Jandl, A. Klik, M. Lexer, W. Rauch, U. Tappeiner und S. Zechmeister-Boltenstern, (2014). Land- und Forstwirtschaft, Wasser, Ökosysteme und Biodiversität. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 771–856.
- Eitzinger, J., Kubu, G., Thaler, S., Alexandrov, V., Utset, A., Mihailovic, DT., Lalic, B., Trnka, M., Zalud, Z., Semerádová, D., Ventrella, D., Anastasiou, DP., Medany, M., Attaher, S., Olejnik, J., Lesny, J., Nemeshko, N., Nikolaev, M., Simota, C., Cojocar, G. (2009). Final report, including recommendations on adaptation measures considering regional aspects. Final scientific report of the ADAGIO Project: "Adaptation of agriculture in European regions at environmental risk under climate change", Specific Support Action, FP6-2005-SSP-5-A, Proj.No.044210, Sixth Framework Programme (European Commission). Ed.: Institute of Meteorology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna (BOKU), 450p. (online) – www.adagio-eu.org
- Eitzinger, J., Stastna, M., Zalud, Z. & Dubrovský, M. (2003). A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios. *Agricultural Water Management* 61, 195–217.
- Eitzinger, J., Trnka, M., Semerádová, D., Thaler, S., Svobodová, E., Hlavinka, P., Siska, B., Takáč, J., Malatinská, L., Nováková, M., Dubrovský, M., Zalud, Z., 2013. Regional climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe – hotspots, regional differences and common trends. *The Journal of Agricultural Science* 787–812.
- EUROSTAT (2008). Brachflächen in Österreich für die Jahre 2002-2006, Datenbankabfrage 2008 in: Streicher, W.; Schnitzer, H.; Titz, M. et al.: Energieautarkie für Österreich 2050.
- Exner, A., 2011. Save our surface (No. 57/2011), Sustainable Austria.
- Fangmeier, A., De Temmerman, L., Black, C., Persson, K., Vorne, V. (2002). Effects of elevated CO₂ and/or ozone on nutrient concentrations and nutrient uptake of potatoes. *Eur. J. Agron.* 17, 353-368.
- Fazeni, K. & Steinmüller H. (2011) Energiebilanzen der österreichischen Landwirtschaft unter Berücksichtigung von Ernährungsgewohnheiten, ÖWAW, Heft 5-6/2011.
- Fuhrer, J., (2003). Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 97, 1–20.
- Fuhrer, J., (2007). Sustainability of Crop Production Systems under Climate Change., in: Newton, P.C.D., Carran, R.A., Edwards, G.R., Niklaus, P.A. (Eds.), *Agroecosystems in a Changing Climate*. CRC Press, Florida, USA.
- Ganglberger, E., & T. Sturm. (2014). FTI- Strategie für die biobasierte Industrie in Österreich. Rep. 38/2014. BMVIT, Wien.
- Gerstengarbe, F.-W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova, V., Lahmer, W., Lasch, P., Stock, M., Suckow, F., Wechsung, F., Werner, P.C. (2003). Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven, PIK-Report Nr. 83.
- Hanewinkel, M.; Cullmann, D. A.; Schelhaas, M.-J.; Nabuurs, G.-J. & Zimmermann, N. E. (2012). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3, 203-207
- Haslmayr H.P., Baumgarten A., Schwarz M., Huber S., Prokop G., Sedy K., Krammer ., Murer E., Pock H., Rodlauer Ch., Schaumberger A., Nadeem I., Formayer H.t

- (unpubl.). BEAT – Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich. Unveröffentlichter Projekt-endbericht, Dez. 2016.
- Hinterholzer, J., (2004). Auswirkungen der Erderwärmung auf die Maisreife. ALVA-Jahrestagung „Klimawandel – Auswirkungen auf Umwelt und Agrarproduktion“. Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchsanstalten (ALVA), Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES).
- IPCC (2012). Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Inter-governmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.
- Jandl, R.; Gschwantner, T. & Zimmermann, N. (2012). Die künftige Verbreitung der Baumarten im Simulationsmodell. BFW-Praxisinformation, 30, 9-12
- Jones, P.D., Lister, D. h., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D., (2003). Future climate impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe. *Climatic Change* 58, 93–108.
- Kapeller, S.; Lexer, M. J.; Geburek, T.; Hiebl, J. & Schueler, S. (2012). Intraspecific variation in climate response of Norway spruce in the eastern Alpine range: Selecting appropriate provenances for future climate. *Forest Ecology and Management*, 271, 46-57
- Kersebaum, K.C., Eitzinger, J., (2009). Grundlegende Wirkungsmechanismen im System Boden-Pflanze-Tier-Atmosphäre, in: Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H. (Eds.), *Landwirtschaft Im Klimawandel: Auswirkungen Und Anpassungsstrategien Für Die Land- Und Forstwirtschaft in Mitteleuropa*. Agrimedia, Clenze, Deutschland.
- Kersebaum, K.C., Nendel, C., Mirschel, W., Manderscheid, R., H. J. Weigel, Wenkel, K.O., (2009). Testing different CO₂ response algorithms against a face crop rotation experiment and application for climate change impact assessment at different sites in Germany. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service (Időjárás)* 113, 79–88.
- Kienast, F., Wildi, O., Brzeziecki, B., (1998). Potential impacts of climatechange on species richness in mountain forests—An ecologicalrisk assessment. *Biological Conservation* 83, 291–305.
- Klima- und Energiefonds (2014). *Berichte zur Klimafolgenforschung*. Landwirtschaft, Wien 54 S.
- klimaaktiv energieholz, Österreichische Energieagentur, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier (2016). - Energetische Verwertung. 2S.
- Kromp-Kolb H., Formayer H., Eitzinger J., Thaler S., Kubu G, Rischbeck P. (2007). Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel im Nordosten Österreichs (Weinviertel-Marchfeld Region). In: Formayer Herbert (Koordination) 2007: *Auswirkungen des Klimawandels in Niederösterreich*, 336 S.
- Krupa, S.V., Jäger, H.-J. (1996). Adverse effects of elevated levels of ultraviolet (UV)-B radiation and ozone (O₃) on crop growth and productivity. In: *Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant processes*. FAO.
- Krutzler Th., Wiesenberger H., Heller Ch. Gössl M. Stranner G. Storch A. Heinfellner H. Winter R. Kellner M. Schindler I. (2016) *Szenario erneuerbare Energie 2030 und 2050*. Umwelt-bundesamt Report 576, Wien, 28 S.

- Lehmann, N., Briner, S., Finger, R., (2013). The impact of climate and price risks on agricultural land use and crop management decisions. *Land Use Policy* 35, 119–130.
- Leidwein, A., Kolar, V., Mechtler, K., Baumgarten, A., Berthold, H., Strauss, G., Steinwider, J., Krachler, M.M., Weigl, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Schlatzer, M., Rohrer, G., Längauer, M., Steinhäusler, F., Pichelstorfer, L., Vas, J., Teixeira, A., Tribl, C., Hambrusch, J., Ortner, K. (2013): Food security risks for Austria caused by climate change. Wien, 313 S.
- Lexer M.J., Jandl R, Nabernegg S, Bednar-Friedl B.(2015). Forestry, Chapter 9 in: Steininger KW, u. a. (Hg.), *Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria*. Vienna, Springer.
- Lexer, M.J., Hönninger, K., Scheifinger, H., Matulla, C., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F., Englisch, M., (2002). The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: a large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *Forest Ecology and Management, National and Regional Climate Change Impact Assessments in the Forestry Sector* 162, 53–72.
- Lexer, M.J., W. Rabitsch, G. Grabherr, M. Dokulil, S. Dullinger, J. Eitzinger, M. Englisch, F. Essl, G. Gollmann, M. Gottfried, W. Graf, G. Hoch, R. Jandl, A. Kahrer, M. Kainz, T. Kirisits, S. Netherer, H. Pauli, E. Rott, C. Schleper, A. Schmidt-Kloiber, S. Schmutz, A. Schopf, R. Seidl, W. Vogl, H. Winkler, H. Zechmeister, (2014). Der Einfluss des Klimawandels auf die Biosphäre und Ökosystemleistungen. In: *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14)*. Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 467–556.
- Lexer M. J., Jandl R., Nabernegg St., Bednar-Friedl B., Themeßl M., Wolf A., Kriechbaum M., Pech M. (2015). Auswirkungen des Klimawandels auf die Holzproduktion in Österreich. *CCCA Factsheet #11*, www.ccca.ac.at
- Lotze-Campen H., Claussen L., Dosch A., Noleppa S., Rock J., Schuler J. & G. Uckert (2009). *Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin PIK Report* 113
- Mannsberger, G. (2009). *HOBİ-Studie: Zusammenschau und Schlussfolgerungen*. BFW-Praxisinformation 18, 20–21.
- Marini, L., Ayres, M.P., Battisti, A., Faccoli, M., (2012). Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change* 115, 327–341.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schröter, D., (2006). The vulnerability of ecosystem services to land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 69–85.
- Mitter H, Schönhart M, Meyer I, Mechtler K, Schmid E, Sinabell F, Bachner G, Bednar-Friedl B. (2015). Agriculture, Chapter 8 in: Steininger K, u. a. (Hg.), *Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria*. Vienna, Springer.
- Niklaus, P.S. (2007). Climate Change Effects on Biogeochemical Cycles, Nutrients, and Water Supply. In: Newton, P.C.D., et al. (Hrsg.): *Agroecosystems in a Changing Climate*. CRC Press, Florida, S. 11-52.
- Österreichischer Biomasse-Verband (2015). *Bioenergie 2030*, Wien, 67 S.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Trnka, M., Olesen, J.E., Calanca, P., Eckersten, H., Eitzinger, J., Gobin, A., Kersebaum, K.C., Kozyra, J., Kumar, S., Marta, A.D., Micale, F., Schaap, B., Seguin, B., Skjelvag, A.O., Orlandini, S., (2010). Coincidence of variation in yield and climate in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139, 483–489.

- Profft, I. (2005). Klimawandel und dessen Folgen für den Wald. Eine aktuelle Literaturstudie. http://www.waldundklima.net/klima/wald_klima_01t1.php
- Ressourceneffizienz Aktionsplan (REAP) (2012). Wegweiser zur Schonung natürlicher Ressourcen. Wien.
- Schaller, M., Weigel, H.-J., (2007). Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung (Sonderheft No. 316). Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research, Braunschweig, Deutschland.
- Schaumberger, J., Buchgraber, K., Schaumberger, A., (2011). Teilbericht 5b: Landwirtschaftliche Flächennutzungspotenziale in Österreich und Simulation von Produktionsszenarien bis 2050. Arbeitspaket 3: Flächennutzungspotenziale und -szenarien (Studie „Save our Surface“ im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds). LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Schmid J., Koenzen E., Fangmeier A., Högy P. (2010). Dem Klimawandel auf der Spur mit Schnelltests - Ertragsqualitäten der Zukunft
- Schönhart, M., Mitter, H., Schmid, E., Heinrich, G., Gobiet, A., (2014). Integrated analysis of climate change impacts and adaptation measures in Austrian agriculture. *Ger. J. Agric. Econ.* 63, 156–176.
- Schwarzbauer, P. & Braun, M. (2017). Auswirkungen von Nutzungsrestriktionen auf die Wertschöpfungskette Holz – Beispiel Österreich. *Schweizer Zeitschrift für Forstwesen*, 168, 41-48
- Seidl, R., Rammer, W., Jäger, D., Lexer, M.J., (2008). Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management* 256, 209–220.
- Seidl, R., Rammer, W., Lexer, M.J., (2011). Climate change vulnerability of sustainable forest management in the Eastern Alps. *Climatic Change* 106, 225–254.
- Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Lindner, M., Lexer, M.J., (2009). Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. *Reg Environ Change* 9, 101–119.
- Seidl, R.; Schelhaas, M.-J.& Lexer, M. J. (2011). Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17, 2842-2852
- Sinabell F. (2016). Österreich 2025. Perspektiven für Österreichs Landwirtschaft bis 2025. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung im Auftrag der Landwirtschaftskammer Österreich, Wien, 76 S.
- Sinabell, F., Schönhart M., Schmid, E. (2015). Austrian Agriculture 2010-2050. Quantitative Effects of Climate Change Mitigation Measures. An analysis of the scenarios WEM, WAM, WAM+ and a sensitivity analysis of scenario WEM. Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Umweltbundesamts. Eigenverlag, Wien.
- Soja A.-M. & Soja G. (2003). Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion. Endbericht des Teilprojekts von StartClim “Startprojekt Klimaschutz: Erste Analysen extremer Wetterereignisse und ihrer Auswirkungen in Österreich“, Wien, 106 S.
- Statistik Austria (2014). Agrarstrukturerhebung 2013 – Betriebsstruktur. Wien, 190 S.
- Statistik Austria (2016). http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html

- Strasser, C., Ehrig, R. und Wörgetter, M. (2009). Bestandserhebung zur stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Österreich. Studie im Auftrag des Programms klima:aktiv nawaro markt im Auftrag der Österreichischen Energieagentur. Endbericht der BI-OENERGY 2020+ GmbH, Wieselburg, 2009.
- Strasser, C., Griesmayr, S. und Wörgetter, M. (2006). Studie zur Treibhausgasrelevanz der stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Endbericht der Austrian Bio Energy Centre GmbH, Wieselburg, 2006.
- Strauss, F., Moltchanova, E., Schmid, E., (2013). Spatially explicit modeling of long-term drought impacts on crop production in Austria. *Am. J. Clim. Chang.* 02, 1–11.
- Strauss, F., Schmid, E., Moltchanova, E., Formayer, H., Wang, X., (2012). Modeling climate change and biophysical impacts of crop production in the Austrian Marchfeld Region. *Climatic Change* 111, 641–664.
- Streicher, W.; Schnitzer, H.; Titz, M. et al. (2010). Energieautarkie für Österreich 2050. Endbericht an den Klima und Energiefonds. 123 S. + XIV.
- Strimitzer L., Höher M., Kalt G., Bruckner A., Schmidl. J. (2015). Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Auf dem Weg zur ressourcenschonenden und bioba-sierten Wirtschaft. Wien, 91 S. .
- Stürmer, B., Schmidt, J., Schmid, E., Sinabell, F. (2013). Implications of agricultural bioenergy crop production in a land constrained economy – The example of Austria Land Use Policy 30 (2013) 570– 581.
- Thaler, S., Eitzinger, J., Trnka, M., Dubrovsky, M., (2012). Impacts of climate change and alternative adaptation options on winter wheat yield and water productivity in a dry climate in Central Europe. *The Journal of Agricultural Science* 150, 537–555.
- Theurillat, J.-P., Guisan, A., (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic change* 50, 77–109.
- Thom, D.; Seidl, R.; Steyrer, G.; Krehan, H. & Formayer, H. (2013). Slow and fast drivers of the natural disturbance regime in Central European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* , 307, 293 - 302
- Tomiczek, C., Cech, T.L., Fürst, A., Hoyer-Tomiczek, U., Krehan, H., Perny, B., Steyrer, G., (2011). Waldschutzsituation 2010 in Österreich. *Forstschutz Aktuell* 52, 3–9.
- Trnka, M; Olesen, JE; Kersebaum, KC; Rotter, RP; Brazdil, R; Eitzinger, J; Jansen, S; Skjelvag, AO; Peltonen-Sainio, P; Hlavinka, P; Balek, J; Eckersten, H; Gobin, A; Vuceti, V; Dalla Marta, A; Orlandini, S; Alexandrov, V; Semeradova, D; Stepanek, P; Svobodova, E; Rajdl, K (2016). Changing regional weather-crop yield relationships across Europe between 1901 and 2012. *CLIM RES.*; 70(2-3): 195-214.
- Umweltbundesamt (2015a). Krutzler, T.; Kellner, M.; Gallauner, T. et al.: Szenarien im Hinblick auf Klimaziele 2030 und 2050. Reports, Bd. REP-0534. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2015b). Zechmeister, A.; Anderl, M.; Gössl, M. et al.: GHG Projections- and Assessment of Policies and Measures in Austria. Reports, Bd. REP-0527.
- Umweltbundesamt (2015c). Krutzler, T.; Kellner, M.; Heller, C. et al.: Industrieszenarien 2050. Reports, Bd. REP-0531. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2015d). Krutzler, T.; Kellner, M.; Gallauner, T. et al.: Szenarien im Hinblick auf Klimaziele 2030 und 2050: Szenario WAM plus. Reports, Bd. REP-0535. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2016). GHG projections of land use, land use change and forestry for non-forest land in Austria. <http://cdr.eionet.europa.eu/at/eu/mmr/art04-13>

14_lcds_pams_projections/envvqnfkg/MMR_Projectionss_LULUCF_28-01-2016.pdf,
Um-weltbundesamt, Wien.

Weiss, P.; Braschel, N.; Braun, M.; Büchsenmeister, R.; Freudenschuss, A.; Fritz, D.; Gschwantner, T.; Jandl, R.; Ledermann, T.; Neumann, M.; Pölz, W.; Schadauer, K.; Schmid, C.; Schwarzbauer, P. & Stern, T. (2015). Treibhausgasbilanz der österreichischen Holzkette: Zusammenfassung der Ergebnisse aus drei KLIEN-Projekten. BFW PraxisInfo, , 38, 16-19

Zessner M., Helmich K., Thaler S., Weigl M., Wagner K.H., Haider T., Mayer M.M., Heigl S. (2011). Ernährung und Flächennutzung in Österreich, ÖWAW, Heft 5-6/2011.

StartClim2016.D

Aderhold, J.; Mann, C.; Rückert-John, J.; Schäfer, M. (2014): Soziale Innovationen und förderliche Governance -Formen im gesellschaftlichen Transformationsprozess , Berlin, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3712_17_100_transformationsprozess_bf.pdf, (letzter Zugriff, 12.12.2016)

BMLFUW (Hrsg.) (2012) Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1 – Kontext. Wien.

FFU Freie Universität Berlin, http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/forschung/steuerung/gesellschaftliche_transf/index.html, (letzter Zugriff, 13.12.2016)

Grießhammer, R.; Brohmann, B. (2015): Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können, Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel, Hrsg: Umweltbundesamt, UFOPLAN-Vorhaben – FKZ 371211103, Dessau-Roßlau, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/>

376/publikationen/wie_transformationen_und_gesellschaftliche_innovationen_gelingen_koennen.pdf, (letzter Zugriff, 09.01.2017)

Hofer / Klimabündnis (2013) Feedback from the ground on the Covenant of Mayors implementation in Austria, http://covenantofmayors.eu/IMG/pdf/com_feedback_from_the_ground_austria.pdf (letzter Zugriff, 9.5.2017)

KLIEN – Klima- und Energiefonds (2015a) Klima- und Energie-Modellregion Energieregion Vorderwald. Endbericht der Weiterführungsphase II., http://www.klimaundenergiemodellregionen.at/images/doku/a974898_endwf2.pdf, (letzter Zugriff, 10.11.2016)

regionen.at/images/doku/a974898_endwf2.pdf, (letzter Zugriff, 10.11.2016)

KLIEN – Klima- und Energiefonds (2015b) Klima- und Energie-Modellregion Energieregion Vorderwald. Maßnahmenbeschreibung der Weiterführung III der Klima- und Energiemodell-region, http://www.klimaundenergiemodellregionen.at/images/doku/a974898_weiter3

antrag.pdf, (letzter Zugriff, 10.11.2016)

KLIEN – Klima- und Energiefonds (2016b) Jahresbericht für die Klima- und Energiemodellregion Baden „Badener Energiekur“, Zwischenbericht der Weiterführungsphase I. . http://www.klimaundenergiemodellregionen.at/images/doku/b068989_einjahrweiter.pdf, (letz-ter Zugriff, 10.11.2016)

- Klima- und Energiefonds (2016) Leitfaden Klima- und Energie-Modellregionen. Ausschreibung 2016. Klima- und Energiefonds, Wien.
- Klimabündnis Oberösterreich, Regionalstelle OÖ (2007) 16 Jahre Klimabündnis 1992-2007 in Oberösterreich, Linz.
- Klimabündnis Oberösterreich, Regionalstelle OÖ (2017) Angebotskatalog – Gemeinden. Betriebe. Bildungseinrichtungen. Salzkammergut Media Ges.m.b.H., Linz.
- LEV – Landesenergieverein (2009) Audit-Bericht zur e5 Zertifizierung der Stadtgemeinde Weiz
- NÖ Energie- und Umweltagentur (2012) Auditbericht Stadtgemeinde Baden Oktober 2012.
- NÖ Energie- und Umweltagentur Betriebs-GmbH (2014) Auditbericht Stadtgemeinde Baden 2014.
- OÖ Energiesparverband (o.J.) www.energiesparverband.at (letzter Zugriff, 15.05.2017)
- Österreichische Energieagentur (o.J.) e5 Programm für energieeffiziente Gemeinden, Best Practice Projekte im Bereich Kommunikation und Kooperation; <http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=103> (letzter Zugriff, 15.01.2017)
- Stadt Baden (o.J.) Badener Energiekur – die Klimamodellregion Baden auf dem Weg in eine nachhaltige Energiezukunft, <http://www.baden.at/de/unsere-stadt/energie-klima/klimamodellregion-baden/kem-change-einlageblatt-baden.html>, (letzter Zugriff, 10.11.2016)
- WBGU (2011) Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. WBGU Publikation 2011

StartClim2016.E

- Crippen R (1990) Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment* 34:71–73. doi: 10.1016/0034-4257(90)90085-Z
- Datt B (1999) A New Reflectance Index for Remote Sensing of Chlorophyll Content in Higher Plants: Tests using Eucalyptus Leaves. *Journal of Plant Physiology* 154:30–36. doi: 10.1016/S0176-1617(99)80314-9
- Duan F, Wan Y, Deng L (2017) A Novel Approach for Coarse-to-Fine Windthrown Tree Extraction Based on Unmanned Aerial Vehicle Images. *Remote Sensing* 9:306. doi: 10.3390/rs9040306
- Fassnacht FE, Latifi H, Ghosh A, et al. (2014) Assessing the potential of hyperspectral imagery to map bark beetle-induced tree mortality. *Remote Sens Environ* 140:533–548. doi: 10.1016/j.rse.2013.09.014
- Getzin S, Nuske RS, Wiegand K (2014) Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) to Quantify Spatial Gap Patterns in Forests. *Remote Sens* 6:6988–7004. doi: 10.3390/rs6086988
- Gini R, Passoni D, Pinto L, Sona G (2014) Use of unmanned aerial systems for multispectral survey and tree classification: A test in a park area of northern Italy. *European Journal of Remote Sensing* 47:251–269. doi: 10.5721/EuJRS20144716

- Immitzer M, Atzberger C (2014) Early Detection of Bark Beetle Infestation in Norway Spruce (*Picea abies*, L.) using WorldView-2 Data. *Photogramm Fernerkun* 351–367. doi: <https://doi.org/10.1127/1432-8364/2014/0229>
- Immitzer M, Einzmann K, Ng W, et al. (2013) Projekt E54: Automatisierte Erfassung der Vitalität von Waldbäumen aus neuesten optischen Satellitendaten mit verbesserter spektraler und räumlicher Auflösung (VitTree). 40.
- Jackson RD, Slater PN, Pinter PJ (1983) Discrimination of Growth and Water Stress in Wheat by Various Vegetation Indices through Clear and Turbid Atmospheres. *Remote Sens Environ* 13:187–208.
- Jiang Z, Huete AR, Didan K, Miura T (2008) Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sens Environ* 112:3833–3845. doi: [10.1016/j.rse.2008.06.006](https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.06.006)
- Kromp-Kolb H, Nakicenovic N, Steininger K, et al. (2014) Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien
- Lausch A, Erasmi S, King DJ, et al. (2017) Understanding Forest Health with Remote Sensing-Part II—A Review of Approaches and Data Models. *Remote Sens* 9:129. doi: [10.3390/rs9020129](https://doi.org/10.3390/rs9020129)
- Lausch A, Heurich M, Gordalla D, et al. (2013) Forecasting potential bark beetle outbreaks based on spruce forest vitality using hyperspectral remote-sensing techniques at different scales. *For Ecol Manage* 308:76–89. doi: [10.1016/j.foreco.2013.07.043](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.043)
- Lehmann JRK, Nieberding F, Prinz T, Knoth C (2015) Analysis of Unmanned Aerial System-Based CIR Images in Forestry—A New Perspective to Monitor Pest Infestation Levels. *Forests* 6:594–612. doi: [10.3390/f6030594](https://doi.org/10.3390/f6030594)
- Lisein J, Michez A, Claessens H, Lejeune P (2015) Discrimination of Deciduous Tree Species from Time Series of Unmanned Aerial System Imagery. *PLoS ONE* 10:e0141006. doi: [10.1371/journal.pone.0141006](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141006)
- Marini L, Ayres MP, Battisti A, Faccoli M (2012) Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change* 115:327–341. doi: [10.1007/s10584-012-0463-z](https://doi.org/10.1007/s10584-012-0463-z)
- Minařík R, Langhammer J (2016) Use of a multispectral UAV photogrammetry for detection and tracking of forest disturbance dynamics. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* 41:711–718. doi: [10.5194/isprsarchives-XLI-B8-711-2016](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B8-711-2016)
- Näsi R, Honkavaara E, Lyytikäinen-Saarenmaa P, et al. (2015) Using UAV-Based Photogrammetry and Hyperspectral Imaging for Mapping Bark Beetle Damage at Tree-Level. *Remote Sens* 7:15467–15493. doi: [10.3390/rs71115467](https://doi.org/10.3390/rs71115467)
- Netherer S, Nopp-Mayr U (2005) Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management—rating of site and stand-related hazards of bark beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example for system application and verification. *For Ecol Manage* 207:99–107. doi: [10.1016/j.foreco.2004.10.020](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.020)
- Nevalainen O, Honkavaara E, Tuominen S, et al. (2017) Individual Tree Detection and Classification with UAV-Based Photogrammetric Point Clouds and Hyperspectral Imaging. *Remote Sens* 9:185. doi: [10.3390/rs9030185](https://doi.org/10.3390/rs9030185)
- ÖBf (2017) Bilanz 2016: 20 Jahre nachhaltiges Wirtschaften und 477 Millionen Euro Gewinn für die Republik.

- Pause M, Schweitzer C, Rosenthal M, et al. (2016) In Situ/Remote Sensing Integration to Assess Forest Health—A Review. *Remote Sens* 8:471. doi: 10.3390/rs8060471
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Rouse J, Haas R, Schell J, Deering D (1974) Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*. pp 309–317
- Schopf A, Blackwell E, Wimmer V (2012) Untersuchungen zum Einfluss des Klimas auf Volutinismus und Ausbreitung des Buchdruckers, *Ips typographus*, im alpinen Raum. 34.
- Seidl R, Schelhaas M-J, Rammer W, Verkerk PJ (2014) Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Clim Change* 4:806–810. doi: 10.1038/nclimate2318
- Seidl R, Thom D, Krehan H, Steyrer G (2012) Analyzing Austria's forest disturbance regime as basis for the development of climate change adaptation strategies. 44.
- Sripada RP, Heiniger RW, White JG, Meijer AD (2006) Aerial color infrared photography for determining early in-season nitrogen requirements in corn. *Agron J* 98:968–977. doi: 10.2134/agronj2005.0200
- Steyrer G, Hoch G (2015) Die Vermehrung der Borkenkäfer, ein Lagebericht (Oktober 2015). In: BFW Insitut für Waldschutz. <http://bfw.ac.at/db/bfwcms.web?dok=10060>. Accessed 23 Feb 2016
- Temperli C, Bugmann H, Elkin C (2013) Cross-scale interactions among bark beetles, climate change, and wind disturbances: a landscape modeling approach. *Ecol Monographs* 83:383–402. doi: 10.1890/12-1503.1
- Torresan C, Berton A, Carotenuto F, et al. (2016) Forestry applications of UAVs in Europe: a review. *Int J Remote Sens* 0:1–21. doi: 10.1080/01431161.2016.1252477
- Tucker CJ (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens Environ* 8:127–150.

StartClim2016.F

- Abdelkhalig, N. (2010) “Externalising migration policy: The European Union’s “Global” Approach”, *Mercury*, E-paper No. 4 (September 2010),
- Adger, W. N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D. R., Naess, L. O., Wolf, J. and Wreford, A. (2009) “Are there social limits to adaptation to climate change?”, in *Climatic Change*, Vol. 93, No. 3-4, 335-354.
- Adger, W. N. and Barnett J. (2009) “Four reasons for concern about adaptation to climate change”, in *Environment and Planning*, Vol. 41, No. 12, 2800-2805.
- Adger, N.W. (2003) “Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change”, in *Economic Geography*, Vol. 79, No. 4, 387-404.
- Afifi, T. (2011) “Economic or Environmental Migration? The Push Factors in Niger”, in *International Migration*, Vol. 49, No. S1, e95-e124.
- Ammer, M., Hofbauer, J. A., Mayrhofer, M., Mersmann, F. and Schade, J. (2016) “Human Rights Performance in EU Climate Policy. The Role of European States in climate Measures, and Access to Justice for Affected Populations”. *Synthesis Report ClimAccount’ (2016)*, available at <http://bim.lbg.ac.at/en> (4 May 2017).

- Bankoff, Greg (2010) "No Such Thing as Natural Disasters", in Harvard International Review, August 2010, available at <http://hir.harvard.edu/article/?a=2694> (2 May 2017).
- Barnett, J. and Adger W. N. (2007) "Climate change, human security and violent conflict", in Political Geography, Vol. 26, No. 3, 639-655.
- Barnett, J. and Webber, M. (2010) Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change, World Bank Policy Research Working Paper No. 5270.
- Barnett J. and Webber M. (2009) Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change, Commission on Climate Change and Development, available at <http://www.akhiljyotish.org/Magazine/Accommodating%20Migration.pdf> (accessed on 29 May 2017).
- Bettini, G. (2012) "Climate Barbarian at the Gate? A critique of apocalyptic narratives on 'climate refugees'", in Geoforum, Vol. 45, 63-72.
- Black, R. and Collyer, M. (2014) "Populations 'trapped' at times of crises", in FMR 45, 52-56, available at <http://www.fmreview.org/crisis/black-collyer.html> (12 May 2017).
- Black, R., Bennett, S. R., Thomas, S. M. and Beddington, J. R. (2011), "Migration as adaptation", in Nature, Vol. 478, 27. October 2011, 447-449.
- Black, R. Adger, W. N., Arnell, N. W., Dercon, S., Geddes, A. and Thomas, D. S. G. (2011) "The effect of environmental change on human migration", in Global Environmental Change, Vol. 21S, S3-S11.
- Brown, O. (2008) "The numbers game", in Forced Migration Review, Issue 31, October 2008, 8-9.
- Buhaug, H. et al (2014) "One effect to rule them all? A comment on climate and conflict", in Climatic Change, Vol. 127, 391-397.
- Burrows, K. and Kinney, P. L. (2016) "Exploring the Climate Change, Migration and Conflict Nexus", in International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 13, No. 4, 1-17.
- Bytheway, B. (2007) "The Evacuation of Older People: The Case of Hurricane Katrina", available at <http://understandingkatrina.ssrc.org/Bytheway/> (11 May 2017).
- Campbell, J. (2010) "Climate-Induced Mobility and the Existing Migration Regime in Asia and the Pacific", in McAdam, J. (ed.) Climate Change and Displacement, Multidisciplinary Perspectives, Oxford and Portland: Oregon, 57-80.
- CARE Danmark (2016) Fleeing Climate Change, Impacts on Migration and Displacement, available at <http://careclimatechange.org/publications/fleeing-climate-change-impacts-migration-displacement/> (accessed on 26 May 2017).
- CCEMA (2010) Climate change, Environment and migration: Frequently Asked Questions, December 2010, available at https://www.iom.int/jahia/webdav/shared/shared/mainsite/activities/env_degradation/CCEMA_top_10FAQs.pdf (accessed on 27 April 2016).
- Coniglio, N. D. and Pesce, G. (2015) "Climate variability and international migration: an empirical analysis", in Environment and Development Economics, Vol. 20, Special Issue 04, 434-468.
- Collinson, S. (2011) Review of the social drivers of migration, Foresight: Migration and Global Environmental Change, Government Office for Science, available at <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140108140803/http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/migration/drivers/11-1184-dr14-review-social-drivers-of-migration.pdf> (accessed on 12 May 2017).
- Convention Relating to the Status of Refugees (1951), available at <http://www.unhcr.org/3b66c2aa10> (accessed on 10 May 2017).

- Cournil, C. (2011), "The protection of 'environmental refugees' in international law", in Piguet, É., Pécoud, A. and de Guchteneire, P. (eds.) *Migration and Climate Change*, Cambridge: University Press, 359-387.
- De Haas, H. (2017) "Myths of migration: Much of what we think we know is wrong", available at <http://heindehaas.blogspot.co.at/2017/03/myths-of-migration-much-of-what-we.html> (accessed on 30 May 2017).
- De Haas, H. (2011) "Mediterranean migration futures: Patterns, drivers and scenarios", in: *Global Environmental Change*, Vol. 21, Supplement 1, S59-S69.
- De Sherbinin, A., Levy, M., Adamo, S., MacManus, K., Yetman, G., Mara, V., Razafindrazay, L., Goodrich, B., Srebotnjak, T., Aichele, C. and Pistoiesi, L. (2012) "Migration and risk: net migration in marginal ecosystems and hazardous areas", in *Environmental Research Letters*, 7, available at <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/4/045602/pdf> (accessed on 26 May 2017).
- Elliott, James R. und Pais, Jeremy (2006) "Race, class, and Hurricane Katrina: Social differences in human responses to disaster", in *Social Science Research* 35, 295-321.
- EMN (European Migration Network) (2011) *Temporary and Circular Migration: empirical evidence, current policy practice and future options in EU Member States*, Synthesis Report.
- Engle N. L. (2011) "Adaptive capacity and its assessment", in *Global Environmental Change*, Vol. 21, No. 2, 647-656.
- Farand, C. (2017) "Climate change is fuelling wars across the world, UN Secretary General Antonio Guterres says", *Independent*, 13 January 2017, available at <http://www.independent.co.uk/environment/climate-change-fuelling-global-wars-conflict-world-syria-africa-global-warming-un-secretary-general-a7525431.html> (accessed on 19 May 2017).
- Fielding, A. J. (2011) "The impacts of environmental change on UK internal migration", in *Global Environmental Change*, Vol. 21, Supplement 1, S121-S130.
- Findlay, A. M. (2011) "Migrant destinations in an era of environmental change", in *Global Environmental Change*, Vol. 21, Supplement 1, S50-S58.
- Findley, S.E. (1994) "Does Drought Increase Migration? A Study of Migration from Rural Mali during the 1983-1985 Drought", in *International Migration Review*, Vol. 28, No. 4, 539-553.
- Flahaux, M.-L. and De Haas, H. (2016) "African migration: trends, patterns, drivers", in *Comparative Migration Studies*, Vol. 4, No. 1, 1-25.
- Foresight (2011) *Foresight: Migration and Global Environmental Change*, Final Project Report, London: The Government Office for Science.
- Geddes, A. (2015) "Governing migration from a distance: interactions between climate, migration, and security in the South Mediterranean", in *European Security*, Vol. 24, No. 3, 473-490.
- Gleick, P. H. (2014) "Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria", in *American Meteorological Society*, Vol. 6, 331-340.
- Gray, Clark and Wise, Erika (2016) "Country-specific effects of climate variability on human migration", in *Climatic Change*, Vol. 135, 555-568.
- Hendrix, C. S. and Glaser, S. M. (2007) "Trends and triggers: Climate, climate change and civil conflict in Sub-Saharan Africa", in *Political Geography*, Vol. 26, 695-715.
- Hofbauer, J. A., Mayrhofer, M., Mersmann, F. and Schade, J. (2016) *Improving Human Rights Performance in EU Climate Policy – The Role of European States in Climate Measures and Access to Justice for Affected Populations (Policy Brief 2016)*, available

- at http://bim.lbg.ac.at/sites/files/bim/attachments/policy_brief_klein.pdf (accessed on 1 June 2016).
- Hugo, G. (2010) "Climate Change-Induced Mobility and the Existing Migration Regime in Asia and the Pacific", in McAdam, J. (ed.) *Climate Change and Displacement, Multidisciplinary Perspectives*, Oxford and Portland: Oregon, 9-35.
- Humble, A. (2014) "The rise of trapped populations", in *FMR* 45, 56-57, available at <http://www.fmreview.org/crisis/humble.html> (accessed on 12 May 2017).
- IDMC (2017) *Global Report on Internal Displacement, May 2017*, available at <http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2017/pdfs/2017-GRID.pdf> (accessed on 26 May 2017).
- IDMC (2016) *Global Report on Internal Displacement, May 2016*, available at <http://www.internal-displacement.org/assets/publications/2016/2016-global-report-internal-displacement-IDMC.pdf> (accessed on 4 May 2017).
- IDMC (2015) *Global Estimates 2015, People displaced by disasters*, July 2015, available at <http://www.internal-displacement.org/assets/library/Media/201507-globalEstimates-2015/20150713-global-estimates-2015-en-v1.pdf> (accessed on 2 May 2017).
- IOM (2014) *IOM Outlook on Migration, Environment and Climate Change*, Geneva, available at <https://www2.nanseninitiative.org/wp-content/uploads/2015/03/12.-IOM-Outlook-on-Migration-Climate-Change.pdf> (accessed on 26 May 2017).
- IOM (2007) *Discussion Note: Migration and the Environment*, MC/INF/288, 1 November 2007, available at https://www.iom.int/jahia/webdav/shared/shared/mainsite/about_iom/en/council/94/MC_INF_288.pdf (accessed on 31 May 2017).
- IPCC (2014a) *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC (2014b) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by Core Writing Team, Pachauri, R. K. and Meyer, L. A., IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC (2008) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Fourth Assessment Report*.
- IPCC (1990) *Climate Change, The IPCC Impacts Assessment*, Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by Tegart, W. J. McG., Sheldon, G. W. and Griffiths, D. C.
- IRFC (2001) *World Disasters Report 2001*, available at http://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/21400_WDR2001.pdf (accessed on 2 May 2017).
- Jäger, J., Frühmann, J., Grünberger, S. and Vag, A. (2009) *EACH-FOR Environmental Change and Forced Migration Scenarios, D.3.4. Synthesis Report*, available at http://rosamartinez.org/wp-content/uploads/2015/11/Migraciones-y-Cambio-Climatico_EACHFOR.pdf (accessed on 30 May 2017).
- Julca, A. (2011) "Multidimensional Re-creation of Vulnerabilities and Potential for Resilience in International Migration", in *International Migration*, Vol. 49, No. S1.
- Kälin, W. (2010) "Conceptualising Climate-Induced Displaced", in McAdam, J. (ed.) *Climate Change and Displacement, Multidisciplinary Perspectives*, Oxford and Portland: Oregon, 81-103.
- Kawachi, I., Subramanian, S. V. and Kim, D. (2008) "Social Capital and Health: A Decade of Progress and Beyond", in *Ibid.* (eds.) *Social Capital and Health*, New York: Springer.

- Keim, M. E. (2008) "Building Human Resilience", in *American Journal Of Preventive Medicine*, Vol. 35, No. 5, 508-516.
- Kniveton, D., Schmidt-Verkerk, K., Smith, C. and Black, R. (2008) *Climate Change and Migration: Improving Methodologies to Estimate Flows*, prepared for IOM, Sussex University, Brighton, available at http://www.iom.cz/files/Climate_Change_and_Migration_MRS_331.pdf (accessed on 31 May 2017).
- Landry, C. et al (2007) "Going home – Evacuation – Migration Decisions of Hurricane Katrina Survivors", in *Southern Economic Journal*, Vol. 74, No. 2, 326-343.
- Leenders, R. (2012) "Collective Action and Mobilization in Dar'a: An Anatomy of the Onset of Syria's Popular Uprising", in *Mobilization*, Vol. 17, No. 4, 419-434.
- Leighton, M. (2011) "Drought, desertification and migration: past experiences, predicted impacts and human rights issues", in Pigué, É., Pécoud, A. and de Guchteneire, P. (eds.) *Migration and Climate Change*, Cambridge: University Press, 331-358.
- Lemos M. C., Boyd E., Tomkins E. L., Osbahr H. and Liverman D. (2007) "Developing Adaptation and Adapting Development", in *Ecology and Society*, Vol. 12, No. 2.
- Loneragan, S. (2012) "The Role of Environmental Degradation in Population Displacement", in Leckie, S., Simperingham, E. and Bakker, J. (eds) *Climate Change and Displacement Reader*, Oxon and New York: earthscan, 55-68.
- Martin, S. (2015) "The state of the evidence", in *Forced Migration Review*, Issue 49, May 2015, 12-13.
- Mayer B. (2011) "Migration as a sustainable adaptation strategy", available at <http://www.icarus.info/wp-content/uploads/2011/06/Mayer.pdf> (accessed on 29 May 2017).
- Mayrhofer, M. and Ammer, M. (2014) "People Moving in the Context of Environmental Change: The Cautious Approach of the European Union", in *European Journal of Migration and Law* 16, 389-429.
- McAdam, J. (2012) *Climate Change, Forced Migration, and International Law*, Oxford University Press.
- McAdam, J. (2010), "Introduction", in McAdam, J. (ed.) *Climate Change and Displacement, Multidisciplinary Perspectives*, Oxford and Portland: Oregon, 1-8.
- McAdam, J. and Loughry, M. (2012) "We Aren't Refugees", in Leckie, S., Simperingham, E. and Bakker, J. (eds) *Climate Change and Displacement Reader*, Oxon and New York: earthscan, 378-388.
- McLeman, R. and Smit, B. (2006) "Migration as an adaptation to climate change", in *Climatic Change* (2006) vol. 76, 31-53.
- McMichael A.J., McMichael C.E., Berry H.L. and Bowen K. (2010) "Climate-Related Displacement: Health Risks and Responses", in McAdam, J. (ed.) *Climate Change and Population Displacement: Multidisciplinary Perspectives*, London: Hart Publishing, 191-219.
- Melde, S., Laczko, F. and Gemenne, F. (eds.) (2017) *Making Mobility Work for Adaptation to Environmental Changes*, Results from the MECLEP global research, implemented by IOM, https://publications.iom.int/system/files/pdf/meclep_comparative_report.pdf (accessed on 26 May 2017).
- Newland, K. (2011) *Climate Change and Migration Dynamics*, Migration Policy Institute, Washington DC, available at <http://www.migrationpolicy.org/research/climate-change-and-migration-dynamics> (11 May 2017).

- Nordås, R. and Gleditsch, N. P. (2007) "Climate change and conflict", in *Political Geography*, Vol. 26, No. 3, 627-638.
- Oliver-Smith, A. (2010) "Sea level rise, local vulnerability and involuntary migration", in Piguët, É., Pécoud, A. and de Guchteneire, P. (eds.) *Migration and Climate Change*, Cambridge: University Press, 160-187.
- Oliver-Smith, A. (2004) "Theorizing Vulnerability in a Globalized World: A Political Ecological Perspective", in Bankoff, G./Frerks, G./Hilhorst, D. (eds.) *Mapping Vulnerability. Disasters, Development and People*, London, Sterling: Earthscan, 10-24
- Paul, B. K. (2005) "Evidence against disaster-induced migration: the 2004 tornado in north-central Bangladesh", in *Disasters*, Vol. 29, No. 4, 370-385.
- Pielke R., Prins G., Rayner S. and Sarewitz D. (2007) "Lifting the taboo on adaptation", in *Nature*, Vol. 445, No. 8, 597-598.
- Piguët, É., Pécoud, A. and de Guchteneire, P. (2011), "Introduction: migration and climate change", in Piguët, É., Pécoud, A. and de Guchteneire, P. (eds.) *Migration and Climate Change*, Cambridge: University Press, 1-33.
- Popovski, V. (2017) *Foresight Africa viewpoint: Does climate change cause conflict?*, available at <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2017/01/20/does-climate-change-cause-conflict/> (accessed on 19 May 2017).
- Raleigh, C. (2017) "The search for safety: The effects of conflict, poverty and ecological influences on migration in the developing world", in *Global Environmental Change*, Vol. 21, Supplement 1, S82-S93.
- Randall, Alex (undated) *Syria and climatic change: did the media get it right?*, available at <https://climatemigration.atavist.com/syria-and-climate-change> (accessed on 20 May 2017).
- Ransan-Cooper, H., Farbotko, C., McNamara, K. E., Thornton, F. and Chevalier, E. (2015) "Being(s) framed: The means and ends of framing environmental migrants", in *Global Environmental Change*, Vol. 35, 106-115.
- Rebetez, M. (2010) "The main climate change forecasts that might cause human displacements", in Piguët, É., Pécoud, A. and de Guchteneire, P. (eds.) *Migration and Climate Change*, Cambridge: University Press, 37-48.
- Renaud, F., Bogardi, J. J., Dun, O. and Warner, K. (2007) "Control, Adapt or Flee. How to Face Environmental Migration?" in *InterSecTions*, United Nations University, no. 5/2007.
- Ribot, J. (2011) "Vulnerability Before Adaptation: Toward Transformative Climate Action", in *Global Environmental Change*, Vol. 21, No. 4, 1160-1162.
- Shepherd, A., Mitchell, T., Lewis, K., Lenhardt, A., Jones, L., Scott, L. and Muir-Wood, R. (2013) *The geography of poverty, disasters and climate extremes in 2013*, available at <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/8633.pdf> (accessed on 30 May 2017).
- Stal, M. (2011) *Mozambique Case Study Report, EACH-FOR Environmental Change and Forced Migration Scenarios*, available at http://www.each-for.eu/documents/CSR_Mozambique_090217.pdf (accessed on 01 July 2016).
- Smit B. and Wandel J. (2006) "Adaptation, adaptive capacity and vulnerability", in *Global Environmental Change*, Vol. 16, No. 3, 282-292.
- Smit, B., Burton I., Klein R. J. T. and Wandel J. (2000) "An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability", in *Climatic Change* (2000), Vol. 45, 223-251.
- Tacoli, Cecilia (2009) "Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility" in *Environment and Urbanization*, Vol. 21, No. 2.

- Theisen, O. M., Gleditsch, N. P. and Buhaug, H. (2013) "Is climate change a driver of armed conflict?", in *Climatic Change*, Vol. 117, No. 3, 613-625.
- The Nansen Initiative (2015) *Agenda for the Protection of Cross-Border Displaced Persons in the Context of Disasters and Climate Change, Final Draft*.
- UNHCR (2015) *Understanding Human Rights and Climate Change, Submission of the Office of the High Commissioner for Human Rights to the 21st Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 26 November 2015*, available at <http://www.ohchr.org/Documents/Issues/ClimateChange/COP21.pdf> (accessed on 1 June 2017).
- United Nations (2017) *Report of the Conference of the Parties on its twenty-second session, held in Marrakech from 7 to 18 November 2016, Addendum, Decisions adopted by the conference of the Parties, FCCC/CP/2016/10/Add. 1, 31 January 2017*.
- United Nations (2016a) *New York Declaration for Refugees and Migrations, Draft resolution referred to the high-level plenary meeting on addressing large movements of refugees and migrants by the General Assembly at its seventieth session, 13 September 2016*, available at http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/71/L.1 (accessed on 29 May 2017).
- United Nations (2016b) *Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015, Decisions adopted by the Conference of the Parties, FCCC/CP/2015/10/Add. 1, 29 January 2016*.
- United Nations (2013) *Report of the Conference of the Parties on its eighteenth session, held in Doha from 26 November to 8 December 2012, Addendum, Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its eighteenth session, Decisions adopted by the Conference of the Parties, FCCC/CP/2012/8/Add. 1, 28 February 2013*.
- United Nations (2011) *Report of the Conference of the parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010, Addendum, Part Two: Action taken by the Conference of the Parties in its sixteenth session, 1/CP.16 The Cancun Agreements, FCCC/CP/2010/7/Add. 1, 15 March 2011*.
- United Nations (2009) *The right to adequate housing, Report of the Special Rapporteur on adequate housing as a component of the right to an adequate standard of living, and on the right to non-discrimination in this context, 6 August 2009, A/64/255*.
- United Nations Human Rights Council (2016) *Report of the Special Rapporteur on the issue of human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment, A/HRC/31/52*, available at http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Environment/A.HRC.31.52_AEV.docx (accessed on 1 June 2017).
- United Nations Human Rights Council (2009) *Report of the Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights on the relationship between climate change and human rights, A/HRC/10/61, 15 January 2009*, available at <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G09/103/44/PDF/G0910344.pdf?OpenElement> (accessed on 1 June 2009).
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (2009), *2009 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Risk and Poverty in a Changing Climate, Invest Today for a Safer Tomorrow*, available at <http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/index.php?id=9413> (accessed on 29 May 2017)
- Vigil, S. (2015) "Displacement as a consequence of climate change mitigation policies", in *FMR* 49, 43-45.

- United Nations (2004) Guiding Principles on Internal Displacement, available at <http://www.unhcr.org/protection/idps/43ce1cff2/guiding-principles-internal-displacement.html> (accessed on 10 May 2017).
- Wahlström, M. (2011) Nansen Conference on Climate Change and Displacement in the 21st Century, Oslo, 6-7 June 2011, Chairperson's Summary, available at <http://pnc.iucnp.org/wp/wp-content/uploads/2011/06/Chairpersons-Summary-Nansen-Conference-on-Climate-Change-and-Displacement.pdf> (accessed on 2 May 2017).
- Warner, K. and Afifi, T. (2014) "Where the rain falls: Evidence from 8 countries on how vulnerable households use migration to manage the risk of rainfall variability and food insecurity", in *Climate and Development*, Vol. 6, No. 1, 1-16.
- Warner, K., Afifi, T., Henry, K., Rawe, T., Smith, C. and De Sherbinbin, A. (2012) *Where the Rain Falls: Climate Change, Food and Livelihood Security, And Migration Global Policy, An 8-Country Study To Understand Rainfall, Food Security And Human Mobility*, available at <http://www.ciesin.org/documents/where-the-fall-falls.pdf> (accessed on 31 May 2017).

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Prioritäre Monitoring-Programme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die österreichische Biodiversität. Dargestellt sind Monitoring Programme für Artengruppen (inkl. Biotoptypen) in den Ökosystemen Nival, Alpin, Subalpin, Wald, Offenes Kulturland, Urban, Fließ- und Stillgewässer, feuchte Sonderstandorte sowie trockene Sonderstandorte. Grüner Hintergrund: Prioritäres Monitoring-Programm; gelber Hintergrund: Monitoring-Programm sinnvoll, aber nicht prioritär; oranger Hintergrund: Monitoring-Programm nicht notwendig. Grauer Hintergrund: Artengruppe ist im Lebensraum (fast) nicht existent. ☑: Bestehendes Monitoring-Programm. Superscript: Nummer des Kapitels, indem das jeweilige bestehende Monitoring-Programm beschrieben ist.....	13
Abb. 2:	Zusammenfassende, schematische Darstellung der Ergebnisse des Forschungsprojektes	16
Abb. 3:	links: Klima- und Energiemodellregionen, rechts: e5 Gemeinden.....	19
Abb. 4:	Falschfarbendarstellung (CIR) (Gesamtbild und Detailaufnahme) mit den Kanälen 6,4,2 der Aufnahme mit der 6-Kanal-Multispektralkamera des Testgebietes vom 24.09.2016. In der Detailaufnahme (rechte Abbildung, entspricht gelbem Feld in der linken Darstellung) sind die Baumkronen von drei unterschiedlich geschwächten Fichten deutlich erkennbar (hellblaue Wipfel).....	23
Abb. 5:	Von 2008 bis 2016 wurden jährlich durchschnittlich 21,5 Millionen Menschen pro Jahr aufgrund von Wetterkatastrophen vertrieben. Das sind ca. 60.000 Menschen pro Tag. (Daten basierend auf IDMC)	26

Anhang

Alle folgenden Projekte wurden in StartClim2010 bis StartClim2015 bearbeitet. Alle StartClim Berichte von 2003 bis 2016 sind sowohl auf der StartClim2016-CD-ROM als auch auf der StartClim-Hompage (www.startclim.at) verfügbar.

Beiträge aus StartClim2010

- StartClim2010.A: Handlungsfelder und –verantwortliche zur Klimawandelanpassung öffentlicher Grünanlagen in Städten**
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung (I-LEN), BOKU: Stephanie Drlik, Andreas Muhar
- StartClim2010.B: Anpassungsempfehlungen für urbane Grün- und Freiräume in österreichischen Städten und Stadtregionen**
PlanSinn Büro für Planung und Kommunikation GmbH: Erik Meinharter
Umweltbundesamt GmbH: Maria Balas
- StartClim2010.C: Die gesellschaftlichen Kosten der Anpassung: Ansätze für eine Bewertung von Anpassungsoptionen (SALDO)**
Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz: Birgit Bednar-Friedl, Olivia Koland, Janine Raab
Umweltbundesamt GmbH, Martin König
- StartClim2010.D: Integrative Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen für die Region Marchfeld**
Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, BOKU: Christine Heumesser, Mathias Kirchner, Erwin Schmid, Franziska Strauss
- StartClim2010.E: Ökologische und waldbauliche Eigenschaften der Lärche (*Larix decidua* MILL.) - Folgerungen für die Waldbewirtschaftung in Österreich unter Berücksichtigung des Klimawandels**
Institut für Waldbau, BOKU: Eduard Hochbichler, Gabriele Wolfslehner, Roland Koeck, F. Arbeiter
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Herfried Steiner, Georg Frank
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer
- StartClim2010.F: Hot town, summer in the city – Die Auswirkungen von Hitzetagen auf das Freizeit- und Erholungsverhalten sowie das Besichtigungsprogramm von StädtetouristInnen – dargestellt am Beispiel Wiens**
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung (I-LEN), BOKU: Christiane Brandenburg, Brigitte Alex, Ursula Liebl, Christina Czachs
Institut für Meteorologie, BOKU: Thomas Gerersdorfer
- StartClim2010.G: Wissensbasierte Plattform zur Optimierung von Handlungsstrategien im Umgang mit Naturgefahren**
Österreichisches Rotes Kreuz: Jürgen Högl, Clemens Liehr, Gerry Foitig
Institut für Produktionswirtschaft und Logistik, BOKU: Manfred Gronalt, Magdalena Schweiger, Patrick Hirsch

Beiträge aus StartClim2011

- StartClim2011.A: Untersuchungen zum Einfluss des Klimas auf Voltinismus und Ausbreitung des Buchdruckers, *Ips typographus*, im alpinen Raum**
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, BOKU: Axel Schopf, Emma Blackwell, Veronika Wimmer
- StartClim2011.B: Analyzing Austria's forest disturbance regime as basis for the development of climate change adaptation strategies**
Institute of Silviculture, BOKU: Rupert Seidl, Dominik Thom
Institute of Forest Protection, Federal Research and Training Center for Forests, Natural Hazards, and Landscape (BFW): Hannes Krehan, Gottfried Steyrer
- StartClim2011.C: Auswirkungen von Bodentrockenheit auf die Transpiration österreichischer Baumarten**
Universität Innsbruck: Georg Wohlfahrt, Stefan Mayr, Christoph Irschick, Sabrina Obwegeser, Petra Schattaneck, Teresa Weber, Dorian Hammerl, Regina Penz
- StartClim2011.D: Adapting Austrian forestry to climate change: Assessing the drought tolerance of Austria's autochthonous tree species**
Institute of Botany, BOKU: Gerhard Karrer, Gabriele Bassler
Institute of Forest Ecology, BOKU: Helmut Schume, Bradley Matthews
Vienna Institute for Nature Conservation and Analysis, V.I.N.C.A: Wolfgang Willner

Beiträge aus StartClim2012

- StartClim2012.A: Zwischenfruchtbegrünungen als Quelle oder Senke bodenbürtiger Treibhausgas-Emissionen?**
Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, BOKU: Gernot Bodner, Andreas Klik, Sophie Zechmeister-Boltenstern
- StartClim2012.B: Klimaänderungen und ihre Wirkungen auf die Bodenfunktionen: Metadatenanalyse**
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW): Michael Englisch, Barbara Kitzler, Kerstin Michel, Michael Tatzber
Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik & Bodenwasserhaushalt (BAW-IKT): Thomas Bauer, Peter Strauss
AGES: Andreas Baumgarten, Hans-Peter Haslmayr
Umweltbundesamt: Alexandra Freudenschuß
- StartClim2012.C: Störungen des Waldsystems und Humusverlust**
Institut für Waldökologie, BOKU: Douglas Godbold, Mathias Mayer, Boris Rewald
- StartClim2012.D: Auf Holz bauen, zählen, rechnen: Anpassung von Werkzeugen und Daten (Holz BZR)**
Kompetenzzentrum Holz GmbH: Tobias Stern, Franziska Hesser, Georg Winner, Sebastian Koch
Institut für Marketing & Innovation, BOKU: Leyla Jazayeri-Thomas, Verena

Aspalter, Martin Braun, Wolfgang Huber, Peter Schwarzbauer
Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, BOKU: Robert Stingl, Marie Louise Zukal, Alfred Teischinger
Umweltbundesamt: Peter Weiss, Alexandra Freudenschuß

StartClim2012.E: Klimatologie der Schneefallgrenze im Alpenraum, abgeleitet aus Re-analysedaten

Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer, Imran Nadeem

StartClim2012.F: Werte als Leistungsindikatoren: ein Weg zu tätigem Klimaschutz

Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit, BOKU: Maria Miguel Ribeiro, Julia Buchebner

Beiträge aus StartClim2013

StartClim2013.A: Thermischer Stress der Bachforelle an der Oberen Traun während des Sommers

Harald Ficker, M.Sc.

StartClim2013.B: Überflutungsflächenverlust und Hochwasserrisiko unter Berücksichtigung des Klimawandels

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau, BOKU: Helmut Habersack, Bernhard Schober, Daniel Haspel

StartClim2013.C: Abflussszenarien im Einzugsgebiet der Öztaler Ache unter Berücksichtigung von zukünftigen Veränderungen der Kryosphäre

alpS GmbH: Matthias Huttenlau, Katrin Schneider, Kay Helfricht, Klaus Schneeberger
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer

StartClim2013.D: Anpassungsempfehlungen für die Raum- und Regionalentwicklung in hochwassergefährdeten Gebieten

PlanSinn GmbH - Büro für Planung & Kommunikation: Bettina Dreiseitl-Wanschura, Erik Meinharter, Annemarie Sulzberger
Rambøll Group: Herbert Dreiseitl
Umweltbundesamt GmbH: Theresa Stickler, Jochen Bürgel

StartClim2013.E: Wie und wo verändern sich die österreichischen Flüsse durch den Klimawandel? Interdisziplinäre Analyse im Hinblick auf Fischfauna und Nährstoffe

Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU: Thomas Hein, Andreas Melcher, Florian Pletterbauer
Department für integrative Zoologie, Universität Wien: Irene Zweimüller

StartClim2013.F: Gender Impact Assessment im Kontext der Klimawandelanpassung und Naturgefahren (GIAKlim)

Institut für Landschaftsplanung, BOKU: Doris Damyanovic, Florian Reinwald, Britta Fuchs, Eva Maria Pircher
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, BOKU: Christiane Brandenburg, Brigitte Alex
Institut für Alpine Naturgefahren, BOKU: Johannes Hübl, Julia Eisl

StartClim2013.G: Validierung des auf Bodentemperatur und Bodenfeuchte basierenden Drahtwurm-Prognosemodells SIMAGRIO-W im ost-österreichischen

Ackerbaugebiet

Bio Forschung Austria: Patrick Hann, Katharina Wechselberger, Rudi Schmid, Claus Trska, Birgit Putz, Markus Diethart, Bernhard Kromp
Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP): Jeanette Jung
Institut für Meteorologie, BOKU: Josef Eitzinger

Beiträge aus StartClim2014

StartClim2014.A: SNORRE - Screening von Witterungsverhältnissen

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG): Christoph Matulla, Brigitta Hollosi
Umweltbundesamt GmbH: Maria Balas

StartClim2014.B: Entwicklung einer Bewertungsmethode für die Effekte des Klimawandels auf Produktion und Tierwohl sowie die Anpassungsfähigkeit der Nutztierhaltung

Institut für Nutztierwissenschaften, BOKU: Stefan Hörtenhuber, Werner Zoltsch

StartClim2014.C: Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren

Institut für Nutztierwissenschaften, BOKU: Birgit Fürst-Waltl, Verena Auer
ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH: Christa Egger-Danner, Franz Steininger
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer, David Leidinger
Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein: Elfriede Ofner-Schröck, Eduard Zentner
LKV Austria: Karl Zottl

StartClim2014.D: Zur Bedeutung des Klimawandels für Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten

Gesellschaft für Wildtier und Lebensraum (GWL): Armin Deutz, Gunther Großmann
Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein: Thomas Guggenberger, Albin Blaschka

StartClim2014.E: Witterungsunabhängige Tourismusangebote basierend auf Naturerlebnisangeboten – Bedeutung und innovative Entwicklungen

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, BOKU: Ulrike Pröbstl-Haider, Verena Melzer

StartClim2014.F: permAT – Langzeitmonitoring von Permafrost und periglazialen Prozessen und ihre Bedeutung für die Prävention von Naturgefahren: Mögliche Strategien für Österreich

Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz: Andreas Kellner-Pirklbauer, Christoph Gitschthaler, Michael Avian
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG): Annett Bartsch, Stefan Reisenhofer, Gernot Weyss, Claudia Riedl

Beiträge aus StartClim2015

- StartClim2015.A: Muss die Eigenvorsorge neu erfunden werden? - Eine Analyse und Evaluierung der Ansätze und Instrumente zur Eigenvorsorge gegen wasserbedingte Naturgefahren (REInvent)**
Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung IGF, Österreichische Akademie der Wissenschaften: Axel Borsdorf, Stefanie Rohland
Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz: Philipp Babicky, Sebastian Seebauer
Landesfeuerwehrverband Vorarlberg: Clemens Pfurtscheller
- StartClim2015.B: RELOCATE - Absiedlung von hochwassergefährdeten Haushalten im Eferdinger Becken: Begleitforschung zu sozialen Folgewirkungen**
Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz: Philipp Babicky, Sebastian Seebauer
- StartClim2015.C: Eine Vorstudie für ein Monitoring-Programm für den Einfluss des Klimawandels auf die österreichische Vogelfauna - Ein Klima-Einfluss-Index für die Brutvögel Österreichs**
BirdLife Österreich: Erwin Nemeth, Norbert Teufelbauer
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG): Ingeborg Auer, Brigitta Hollösi
- StartClim2015.D: Sicherung der Schutzfunktionalität österreichischer Schutzwälder im Klimawandel (ProForClim)**
Institut für Waldbau, BOKU: Manfred Lexer, Florian Irauschek, Werner Rammer
- StartClim2015.E: Erstellung von Risikoprofilen für ausgewählte Schutzwaldgebiete des Ostalpenraums (Österreich und Südtirol) in Bezug auf die Störungsregime Sturm/Schneebruch/Dürre – Borkenkäferbefall – Waldbrand und Klimawandel**
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, BOKU: Axel Schopf, Peter Baier, Sigrid Netherer, Josef Pennerstorfer