

SCIENCE PLAN

*ZUR STRATEGISCHEN ENTWICKLUNG
DER KLIMAFORSCHUNG IN ÖSTERREICH*

März 2018

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung.....	1
1.1	Ziele des Science Plan.....	2
1.2	Struktur des Science Plan.....	2
2.	Neue Herausforderungen für die Wissenschaft.....	3
2.1	(Selbst-)Verständnis der Wissenschaft.....	3
2.2	Wissenschaftskommunikation	4
3.	Forschungsprioritäten.....	5
3.1	Forschungsbereich I: Klimawandel, Einflussfaktoren und Ausprägungen.....	5
3.1.1	Klimaprozesse und ihr Verständnis.....	6
3.1.2	Extremereignisse	6
3.1.3	Vorhersagbarkeit	7
3.1.4	Bessere Datenbasis	7
3.1.4.1	Messungen (dichter, öfter, mehr Parameter).....	7
3.1.4.2	Experimentiermöglichkeiten.....	8
3.1.4.3	Paläodatenbasis ausweiten	8
3.1.4.4	Ungenutzte Potenziale ausschöpfen	8
3.1.4.5	Validierung von Beobachtungsdaten.....	9
3.1.5	Verbesserte Modelle auf allen Skalen	9
3.1.5.1	Reanalysen	9
3.1.5.2	Modellverbesserungen, Einbau weiterer Prozesse, Systeme.....	9
3.1.5.3	Unsicherheiten, Evaluation.....	10
3.1.5.4	Koppelung von Modellen, Rückkoppelungen, Konsistenz.....	10
3.1.6	Schnittstelle der Klimaforschung mit der Klimafolgenforschung; Wechselwirkungen mit anthropogenen und klimabedingten Veränderungen	10
3.1.7	Grenzwerte und Kippunkte des Klimasystems.....	11
3.2	Forschungsbereich II: Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft	11
3.2.1	Theorie- und Methodenebene.....	11
3.2.1.1	Methoden zur Überwindung räumlicher, zeitlicher und kausaler Diskrepanzen.....	11
3.2.1.2	Methoden, die den Einfluss des Menschen und klimainduzierte Veränderungen (Boden, Vegetation, Landnutzung) berücksichtigen.....	12
3.2.1.3	Verbesserung des Prozessverständnisses	12
3.2.1.4	Verbesserung von Modellen in allen Skalen und Bereichen und deren Verbindungen.....	13
3.2.2	Daten, Messungen.....	13
3.2.2.1	Konzept für systematisches und systemisches Monitoring über alle Bereiche und Sektoren.....	13

3.2.2.2	Aufbau repräsentativer Testgebiete (Monitoring von Klimafolgen)	14
3.2.3	Themenbereiche (Grundlagen)	14
3.2.3.1	Auswirkung von Extremereignissen (Variabilität)	14
3.2.3.2	Identifikation klimasensibler Lebensräume, Schutzgebiete, Arten, deren Interaktionen und Ökosystemleistungen	15
3.2.3.3	Klimawandel als Auslöser von Interessenkonflikten.....	15
3.2.3.4	Folgen des Klimawandels auf geomorphologische (gravitative Massenbewegungen, glaziale, periglaziale, fluviale Prozesse sowie Kaskadenprozesse) sowie auf bodenbildende Prozesse.....	15
3.2.3.5	Auswirkungen des Klimawandels auf Land- und Forstwirtschaft sowie deren Treibhausgasbilanzen	15
3.2.3.6	Folgeprozesse im Bereich Infrastruktur.....	16
3.2.3.7	Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit und das soziale Gefüge	16
3.2.3.8	Weitere klimasensitive Bereiche.....	17
3.2.3.9	Auswirkungen des Klimawandels auf die lokale/regionale Luftgüte.....	17
3.2.3.10	Erkennen von Tipping Points in klimabeeinflussten Systemen	18
3.3	Forschungsbereich III: Anpassung	18
3.3.1	Theorie- und Methodenebene.....	18
3.3.1.1	Theorie der Anpassung	18
3.3.1.2	Action Research, Partizipation.....	19
3.3.1.3	Down- und Upscaling von Handlungsoptionen.....	19
3.3.1.4	Maladaptation.....	19
3.3.1.5	Grenzen und Wirksamkeit der Anpassung	19
3.3.2	Umsetzungsebene	20
3.3.2.1	Forschung zur Integration von Anpassung in diverse Politikbereiche	20
3.3.2.2	Gesellschaftliche Kontextualisierung von Klimawandel, Klimafolgen, Anpassung und Vulnerabilität.....	20
3.3.2.3	Maßnahmenbewertungen und -vergleiche	20
3.3.2.4	Operationalisieren von Handlungsempfehlungen	21
3.3.3	Monitoring, Dokumentation	21
3.4	Forschungsbereich IV: Mitigation.....	21
3.4.1	Technologieentwicklung und Minderungsoptionen nach Sektoren.....	22
3.4.1.1	Technologieentwicklung	22
3.4.1.2	Lock-in-Effekte.....	23
3.4.1.3	Rebound-Effekt	23
3.4.1.4	Energieerzeugung und -nachfrage; natürliche Ressourcen.....	23
3.4.1.5	Mobilitätssysteme und -verhalten.....	24
3.4.1.6	Landnutzung und Raumstruktur.....	24
3.4.1.7	Land- und Forstwirtschaft	24

3.4.1.8	Infrastruktur und ihre Rolle für den Ressourcenverbrauch.....	25
3.4.1.9	Gebäude.....	25
3.4.1.10	Finanzsektor	26
3.4.1.11	Industrie	26
3.4.2	Politische Ebene	27
3.4.2.1	Internationale Aspekte; Verringerung von Emissionen entlang der Wertschöpfungskette.....	27
3.4.2.2	Europäische und nationale Klimapolitik	27
3.4.3	Modelle.....	27
3.4.3.1	Modellverbesserung.....	27
3.4.3.2	Modellvalidierung.....	28
3.4.4	Wechselwirkung zwischen Mitigation und Adaptation.....	28
3.4.5	Kosten des Klimawandels bzw. der Klimapolitik.....	28
3.5	Forschungsbereich V: Gesellschaftliche Transformationsprozesse	29
3.5.1	Nachhaltige Gesellschaft	30
3.5.1.1	Erforschung ökologisch und sozial nachhaltiger Lebensweisen	30
3.5.1.2	Werte in der Gesellschaft	30
3.5.1.3	Zukunftsbilder ressourcensparender Menschen/Gesellschaften.....	30
3.5.1.4	Sozioökonomische Herausforderungen der Transformation	31
3.5.2	Wie lässt sich eine Transformation gestalten?.....	31
3.5.2.1	Bildung und Medien.....	31
3.5.2.2	Entscheidungsfindung in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft	32
3.5.2.3	Integration von Klimapolitik in andere (alle) Politikfelder.....	33
3.5.2.4	Institutionen und Governance	33
3.5.2.5	Identifikation von Barrieren und fördernden Faktoren.....	34
3.5.2.6	Best-Practice-Analysen, historische Transitionen.....	34
3.5.2.7	Paradigmenwechsel in der Wissenschaft	34
3.5.3	Szenarien und Entwicklungspfade.....	34
3.6	Inter- und transdisziplinäre Themenbereiche	35
3.6.1	Mensch-Umwelt-Theorie (als Grundlage für gesellschaftliches Handeln im 21. Jahrhundert).....	35
3.6.2	Indikatoren, Maßzahlen und Monitoring von nachhaltiger Entwicklung.....	35
3.6.3	Destillation von Klimainformation	36
3.6.4	Klimawandel im Gebirge	36
3.6.5	Klima- und energieoptimierte, zukunftsfähige Städte	37
3.6.6	Extremereignisse	38
4.	Schaffung von Rahmenbedingungen.....	38
4.1	Verbesserung des wissenschaftlichen Werkzeuges	39
4.1.1	Einheitliche Referenzperioden und -szenarien (Vergleichbarkeit).....	39
4.1.2	Langzeitmessungen.....	39

4.1.3	Digitalisierungen.....	39
4.1.4	Vereinheitlichte Datenbanken.....	39
4.1.5	Literaturdatenbank und -archiv.....	40
4.1.6	Offener Zugang zu Daten (Open Access).....	40
4.2	Erweiterung der Produktarten.....	40
4.2.1	Sachstandsberichte (Assessments).....	40
4.2.2	Zeitnahe Bereitstellung handlungsrelevanter Informationen.....	40
4.3	Maßnahmen aufseiten der Forschungs- und Wissenschaftspolitik.....	41
4.3.1	Höhere Projektsummen für interdisziplinäre Projekte.....	41
4.3.2	Wettbewerbsfähigkeit und Nachwuchsförderung.....	41
4.3.3	Anreize für klimafreundliche Forschung.....	41
4.3.4	Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen an die neuen Herausforderungen der Wissenschaft.....	41
5.	Ist-Zustand der Klimaforschung in Österreich.....	42
5.1.	Forschungsnetzwerke.....	42
5.2.	Forschungskompetenzen und -leistungen; Akteure (Kompetenzlandkarte).....	42
5.3.	Austrian Assessment Report 2014 (AAR14).....	43
5.4.	Forschungsförderung.....	43
	Mitwirkende und Dank.....	44
	Abbildungen / Fotonachweis.....	46
	Impressum.....	48

PRÄAMBEL

Der Prozess zur Entwicklung eines Science Plan reicht zu den Anfängen des Climate Change Centre Austria (CCCA) zurück und wurde im November 2011 durch ein Projekt des damaligen Ministeriums für Wissenschaft und Forschung und die Einrichtung einer CCCA-Arbeitsgruppe initiiert. Seither wurde die Entwicklung des Science Plan bei den jährlich stattfindenden CCCA-Vollversammlungen thematisiert, seine Entwicklung dokumentiert und präsentiert und die MitgliedervertreterInnen des CCCA in die Diskussionen eingebunden.

Die detaillierte Entstehungsgeschichte ist auf der CCCA-Website (www.ccca.ac.at) nachzulesen.

Um die Entwicklung des Science Plan so partizipativ und transparent wie möglich zu gestalten, wurden in den einzelnen Entstehungsphasen Beteiligungsmöglichkeiten in unterschiedlicher Form angeboten: Von Februar 2012 bis Mai 2013 gab es einen umfangreichen Beteiligungsprozess unter den österreichischen KlimaforscherInnen, u. a. in Form von Workshops, auf Basis dessen gemeinsam Ziele, Forschungsbereiche und Prozessschritte für einen Science Plan erarbeitet wurden.

Von April bis Mai 2016 wurde ein öffentlicher Kommentierungsprozess durchgeführt, wodurch eine größtmögliche Einbindung von an der Thematik interessierten Personen gewährleistet werden konnte. Die CCCA-Community wurde zudem in regelmäßigen Abständen mittels der CCCA-Newsletter über die Entwicklung des Science Plan informiert. Es gab weiters eine Abstimmung mit dem Austrian Assessment Report (APCC AAR14), woraus sich Themen zum aktuellen Stand der Forschung ergaben.

Zur Qualitätssicherung wurde die vorliegende Version des Science Plan (Stand März 2017) in der finalen Phase von RevieweditorInnen begleitet. Diese Fassung wurde gemäß den CCCA-Statuten (§10) im März 2016 im Rahmen der 9. CCCA-Vollversammlung vorgelegt und beschlossen.

I. EINLEITUNG

Ausgangspunkt für die Entwicklung des Science Plan war die Beauftragung des Climate Change Centre Austria (CCCA) im November 2011 vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, heute Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.

Zentrale Aufgaben des CCCA bestehen in der kontinuierlichen und dauerhaften Vernetzung und Kooperationen zwischen den Mitgliedern, der Erleichterung des Zugangs zu allen relevanten Daten für den Klimawandel, im Austausch von Modellen, Werkzeugen und Forschungsansätzen zum Klimawandel, in der Steigerung der Qualität und Effizienz der Klimaforschung in Österreich, im Lobbying auf politisch-strategischer Ebene, dem Networking sowie der Forschungskoordination. Entsprechend seinem Selbstverständnis liefert das CCCA mit dem Science Plan einen Beitrag zur Stärkung der Klimaforschung in Österreich. Durch die Verknüpfung von global diskutierten Forschungsfragen mit nationalen Forschungserfordernissen soll die österreichische Klimaforschung qualitativ verbessert und ihre Sichtbarkeit erhöht werden.

Die inhaltliche Anknüpfung an aktuelle Entwicklungen sowie die Stärkung nationaler Kernkompetenzen und Synergien zielen auf eine maximale Effizienz ab. Durch entsprechende Hervorhebung von Themen im Science Plan folgt das CCCA seiner Mission, Politik und Gesellschaft hinsichtlich des nachhaltigen Umgangs mit den Herausforderungen des Klimawandels durch die Bereitstellung von qualitativ hochwertigen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu unterstützen. Der Science Plan weist auf Grundlage von wissenschaftlichen Wissenslücken, bestehenden Forschungskompetenzen sowie gesellschaftlichem

Handlungs- und Wissensbedarf auf als wichtig identifizierte Forschungsthemen hin. Diese Themen wurden in einem offenen Prozess in der österreichischen Klimaforschungscommunity erarbeitet und orientieren sich an internationalen Programmen.

Der Klimawandel stellt eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen der Gegenwart und der Zukunft dar und betrifft alle Teilbereiche der natürlichen Umwelt sowie der Gesellschaft. Aufgrund der vielfältigen komplexen Verknüpfungen zwischen Mensch und Umwelt ist das Verständnis der Ursachen und Treiber des Klimawandels eine essenzielle Grundlage für die Entwicklung von Strategien zum Umgang mit dem Klimawandel und dessen Folgen. Klimaforschung umfasst die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Klimawandel, seine physikalischen, politischen, ökonomischen, kulturellen und sozialen Ursachen sowie den Klimafolgen für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt.

Das Ziel ist die Bereitstellung von Informationen über mögliche Strategien und Maßnahmen zum Klimaschutz (Mitigation), zur Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) sowie zur Transformation in eine klimafreundliche Gesellschaft, die nötig ist, um nachhaltig wirksame Maßnahmen erfolgreich umsetzen zu können.

Mitigation, Adaptation und Transformation greifen in vielfältiger Weise ineinander und schließen im Kontext des Klimawandels auch Design, institutionelle Ausgestaltung und Umsetzung von politischen Maßnahmen sowie Veränderungen von gesellschaftlichen Produktions-, Konsum- und Verhaltensmustern ein (Policy und Governance).

1.1 Ziele des Science Plan

Der vom CCCA vorgelegte Science Plan soll eine Orientierung für die Forschungsgemeinschaft und die Forschungspolitik bieten und eine wünschenswerte Entwicklungsrichtung für die österreichische Klima- und Klimafolgenforschung in den kommenden fünf bis sieben Jahren anregen. Der CCCA Science Plan versteht sich somit als ein strategisches Dokument, das wichtige Beiträge liefert

- als Leitbild und Koordinationsgrundlage für die österreichische Klimaforschung,
- zur Erhöhung der gesellschaftlichen Wirksamkeit und Akzeptanz der Klimawandelforschung über die Kriterien wissenschaftlicher Exzellenz hinaus zur Abdeckung eines breiten gesellschaftlichen Informationsbedarfs,
- zur Unterstützung bei Entscheidungen über die Ausrichtung der Förderung der österreichischen Klimaforschung gemäß den gesellschaftlichen und/oder wissenschaftlichen Prioritäten,
- zur Stärkung der österreichischen Klimaforschung, damit diese zunehmend mit der internationalen Scientific Community vernetzt und damit sichtbarer wird. Synergien sollen so geschaffen und Parallelaktivitäten vermieden werden,
- zu wichtigen internationalen Entwicklungen wie der Definition und Umsetzung der Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen oder der Arbeit des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), auf der das Pariser Abkommen der COP 21 im Jahr 2015 als historischer Meilenstein basiert

- als Basis für die Bereitstellung von Forschungsergebnissen, die als Climate Services nutzbar gemacht werden.

Das Leitprinzip des Science Plan ist die Erweiterung des Wissensstandes durch wissenschaftlich und gesellschaftlich relevante Forschung zu Klimafragen in Österreich und im globalen Kontext.

Der Fokus auf nationale Gegebenheiten und Bedürfnisse bezieht die Anbindung an die internationale Forschungsgemeinschaft mit ein.

Grundlagen- und angewandte Forschung tragen in disziplinärer, interdisziplinärer und transdisziplinärer Ausrichtung zum Erkenntnis- und Wissensgewinn bei.

1.2 Struktur des Science Plan

Der Science Plan versteht sich zwar als eine auf fünf bis sieben Jahre ausgerichtete Forschungsstrategie (eine Wirkungsdauer ähnlich der von IPCC-Berichten), er ist aber nicht starr, sondern soll im Sinne eines Living Document immer wieder hinterfragt und gegebenenfalls angepasst werden.

Der Science Plan zeigt Wissensbedarf und Wissenslücken aus Sicht der Wissenschaft auf und weist darauf basierend auf den vorhandenen Forschungsbedarf in Österreich für die nächsten Jahre hin. Er soll auch als Hilfestellung zur Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen in der nationalen Forschungsförderungspolitik verstanden werden.

Der Science Plan folgt einer Struktur, die sich grundsätzlich an internationalen Assessments Reports (IPCC) sowie am APCC Austrian Assessment Report (AAR 14) orientiert. Die Darstellung des Forschungsbedarfs von Forschungstheme erfolgt demzufolge in diesen fünf Teilbereichen:

- Einflussfaktoren und Ausprägungen des Klimawandels (Kap. 3.1.),
- Folgen des Klimawandels (Kap. 3.2.),
- Anpassung an den Klimawandel (Kap. 3.3.),
- Vermeidung bzw. Minderung des Klimawandels (Kap. 3.4.) sowie
- gesellschaftliche Transformationsprozesse (Kap. 3.5.).

Ergänzt wird diese Gliederung durch ein Kapitel mit inter- und transdisziplinären Querschnittsthemen (Kap. 3.6.), die entweder methodisch für alle fünf Teilbereiche grundlegende Bedeutung haben oder die spezifische, für Österreich besonders relevante Fragestellungen behandeln, zu denen alle Bereiche beitragen.

Abschließend wird in Kapitel 4 die Schaffung von Rahmenbedingungen, die für gute Klimaforschung notwendig sind, behandelt, sowie in Kapitel 5 die Ist-Situation der Klimaforschung und ihrer aktuellen Kompetenzen in Österreich dargestellt.



Abb. 1

2. NEUE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE WISSENSCHAFT

2.1 (Selbst-)Verständnis der Wissenschaft

Der globale Wandel im Allgemeinen und der Klimawandel im Besonderen stellen die Wissenschaft vor große Herausforderungen, die über die reine Frage nach Lösungsbeiträgen für die Überwindung konkreter Probleme hinausgehen und das Selbstverständnis der Wissenschaft treffen.

Durch die Nutzung fossiler Energieressourcen und die spätestens seit Beginn der industriellen Revolution immer schneller verlaufenden technologischen Entwicklungen wird die untrennbare Verbindung von Gesellschaft und natürlicher Umwelt deutlich spürbar.

Die Bewältigung dieser Herausforderungen bedarf nicht nur disziplinärer, sondern auch inter- und transdisziplinärer Beiträge verschiedener Wissenschaftsbereiche.

Zunächst sind viele naturwissenschaftliche Aspekte des Klimawandels und seiner Folgen ungeklärt. Weiterhin gibt es zahlreiche sozialwissenschaftliche Fragen, z. B. in der Soziologie, den Wirtschafts- und Rechtswissenschaften und der Psychologie.

Schließlich sind auch Beiträge aus den Geisteswissenschaften wichtig, z. B. der Philosophie oder der Geschichte. Darüber hinaus bedarf es einer inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit, um der zunehmenden Komplexität der Problemstellungen gerecht zu werden, die nicht an Fächergrenzen enden. Doch die Herausforderungen für die klimawandelrelevanten Wissenschaftsdisziplinen reichen heute noch viel weiter.

Es geht nicht mehr nur um das Finden interdisziplinärer Lösungen sowohl bei der Produktion von Systemwissen durch Grundlagenforschung oder von zielorientiertem Wissen durch angewandte Forschung, sondern in zunehmendem Maße auch um die Schaffung von Transformationswissen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich auch wissenschaftstheoretische Herausforderungen mit ethischen, psychologischen, soziologischen und sprachlichen Aspekten:

Damit auf Basis wissenschaftlicher Arbeit erstellte Lösungsvorschläge für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen auch in der Gesellschaft wahrgenommen und berücksichtigt werden, bedarf es eines transdisziplinären Dialogs zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit bzw. EntscheidungsträgerInnen. Werden Wissensproduktion und die Definition von Fragestellungen zu einem gemeinsamen Unterfangen von Wissenschaft und Gesellschaft, entsteht ein Gefühl von Ownership das wiederum vonnöten ist, um einen gesellschaftlichen Transformationsprozess in Gang zu setzen, der weit über reaktive Anpassung und Vermeidung hinausgeht.

In inter- und transdisziplinären Kontexten kann wissenschaftlicher Fortschritt nicht allein an den etablierten disziplinären Kriterien gemessen werden, sondern auch am Mehrwert für Beiträge zur Lösung von gesellschaftlichen Problemen (Societal Impact).

Forschung zum globalen Klimawandel und den damit einhergehenden Veränderungen der Gesellschaft ist postnormal und wirft zahlreiche ethische Fragen auf: Welche Rolle nehmen WissenschaftlerInnen im Dialog mit der Öffentlichkeit ein?

Was ist die Verantwortung von WissenschaftlerInnen, wenn Politik und Gesellschaft Informationen und Lösungsvorschläge erwarten,

diese aber häufig noch Gegenstand der Grundlagenforschung sind?

Es geht um die Frage, ob die für den Klimawandel relevanten Wissenschaften die richtigen Instrumente und Methoden haben. Von Bedeutung sind zudem auch das Rollenverständnis von WissenschaftlerInnen und wissenschaftlichen Institutionen, die Eigengesetzlichkeiten des wissenschaftlichen Systems und dessen Außenwahrnehmung in der Gesellschaft.

Vor diesem Kontext bedarf es wechselseitiger Kommunikation, durch die sichergestellt wird, dass letztendlich bereitgestellte Informationen glaubwürdig, handlungsrelevant und legitimiert sind. Stakeholder sollten deshalb frühzeitig und fortwährend in den Forschungsprozess eingebunden werden (Co-Design, Co-Production, Co-Exploration).

2.2 *Wissenschaftskommunikation*

Angesichts der enormen Relevanz der Klimaforschung für die Gesellschaft kommt der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Gesellschaft eine wichtige Rolle zu.

Das Vorhandensein von Unsicherheiten bei klimarelevanten Daten (die auch zu entscheidungsrelevanten Daten werden können) und deren Kommunikation ist ein wesentliches Problem im Austausch mit EntscheidungsträgerInnen und der breiteren Gesellschaft. Die Art der Aufbereitung von Klimadaten ist, unabhängig vom betroffenen Wissenschaftsbereich, ein wesentliches Mittel, um Inhalte dem Kontext angepasst verständlich zu machen.

Die Klimaforschung ist somit auch dazu aufgerufen, neben neuen Forschungsergebnissen, auch der Kommunikation ausreichend Aufmerksamkeit zu schenken.

Ihre Botschaften sollten verständlich sein und keine unzulässigen Schlüsse nahelegen, Ansätze in den Bereichen Citizen Science / Responsible Science sind bereits vorhanden.

Erstrebenswert wäre ein Gleichgewicht zwischen wissenschaftlicher Exzellenz und der Fähigkeit, diese einem breiteren Publikum auch zugänglich zu machen.

Ein spezielles Augenmerk sollte hierbei auch auf sozialen Dynamiken liegen, die als unterliegende Strukturen die Kommunikationskanäle bei der Weitergabe von wissenschaftlichen Erkenntnissen maßgeblich beeinflussen.

3. FORSCHUNGSPRIORITÄTEN

Dieses Kapitel orientiert sich in seiner Gliederung an den Veröffentlichungen des IPCC und dem APCC AAR14. In Kapitel 3.1 werden Forschungsfragen zum physikalisch-biogeochemischen Klimasystem diskutiert, in Kapitel 3.2 zu den Auswirkungen des Klimawandels. Kapitel 3.3 widmet sich der Anpassung an den Klimawandel, Kapitel 3.4 Vermeidungsstrategien und Kapitel 3.5 der Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft. In Kapitel 3.6 schließlich werden inter- und transdisziplinäre Aspekte von ausgewählten Querschnittsthemen behandelt.

Die Ergebnisse der Forschung liefern die wissenschaftliche Basis für das Angebot von Climate Services. Um verlässliche Information bereitstellen zu können, muss Forschung sowohl interdisziplinäre als auch klassische disziplinäre Fragen umfassen. Dazu ist sowohl angewandte als auch exzellente Grundlagenforschung erforderlich.

Der Klimawandel ist ein globales Problem mit regionalen Auswirkungen. Die Themenauswahl in den folgenden Abschnitten wurde deshalb aus zwei Perspektiven vorgenommen:

Welchen exzellenten Beitrag kann und soll Österreich leisten, um den Klimawandel, seine Ursachen und seine Vermeidung zu verstehen? Welche Forschung ist essenziell, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich zu verstehen und zu prognostizieren?

Der Science Plan orientiert sich thematisch auch an internationalen Forschungsaktivitäten und -programmen, wie etwa Future Earth oder World Climate Research Programme (WCRP).

Aufgrund der Vielfalt der im Science Plan abgebildeten Themen, Fachbereiche und Disziplinen wurden bei der Erstellung (des vorliegenden Dokuments) darüber hinaus zahlreiche internationale Anknüpfungspunkte, Programme und Aktivitäten heranzogen.

Die aktive Beteiligung Österreichs an diesen Aktivitäten und Programmen ist wichtig, sowohl um eine hohe Qualität der österreichischen Klimaforschung sicherzustellen, als auch um die internationale Klimaforschung zu stimulieren.

3.1 Forschungsbereich I: Klimawandel, Einflussfaktoren und Ausprägungen

Der Forschungsbereich I beinhaltet im Wesentlichen Themen, die in Band 1 des IPCC AR5 und APCC AAR14 angesprochen werden, wobei den Schnittstellen zu den Themen der anderen Bände hoher Stellenwert eingeräumt wird. Es besteht allerdings kein Anspruch auf Vollständigkeit, insbesondere für Fragestellungen auf globaler Ebene, denn diese Breite abzudecken ist für ein Land von der Größe Österreichs weder möglich noch erstrebenswert.

Ziel der Forschung in diesem Bereich ist ein besseres Verständnis des Klimasystems und seiner Vorhersagbarkeit.

Der direkte Nutzen dieser Forschung ist die Bereitstellung robuster Informationen für Klimawandelvermeidungs- und -anpassungsstrategien. Forschungsbereich I umfasst die Entwicklung eines besseren Prozessverständnisses, die Erhebung und Analyse von Beobachtungsdaten, die Modellierung des Klimasystems und die Entwicklung von Ansätzen an der Schnittstelle zur Klimafolgenforschung.

3.1.1 Klimaprozesse und ihr Verständnis

Das Klima Österreichs wird zunächst durch großskalige und globale Aspekte bestimmt: einerseits direkt durch die Topografie der Alpen, den Einfluss des Atlantiks, des Mittelmeeres und des eurasischen Kontinents. Andererseits durch die Einbindung in die globale Zirkulation der mittleren Breiten, die stark durch Veränderungen in der Arktis und der Stratosphäre beeinflusst werden wird.

Weiterhin spielen für die regionale Ausprägung die Topografie der Alpen, aber auch regionale Rückkopplungsmechanismen eine starke Rolle (z. B. zwischen Boden und Atmosphäre), die z. B. dazu führen, dass der Alpenraum sensibler auf den Klimawandel reagiert als das übrige Europa.

Wichtig für das regionale, aber auch globale Klima sind biogeochemische Kreisläufe und deren Änderungen durch anthropogene Einflüsse.

Zahlreiche Fragestellungen in der Klimawandelforschung erfordern Forschung auf der meteorologischen oder biogeochemischen Prozessebene. In interdisziplinären Forschungsprojekten ist oft für diese Forschung aus Zeit- und Kostengründen kein Platz. Dennoch ist es im Sinne einer belastbaren Klimaforschung unerlässlich, diese Fragestellungen zu behandeln und zu lösen. Beispiele für Probleme dieser Art sind:

Niederschlagsintensitäten bei hohen Temperaturen (Anstiege, die stärker sind als nach der Clausius-Clapeyron-Beziehung zu erwarten), Beeinflussung nordhemisphärischer Wetterlagen durch den Rückgang der arktischen Eisfläche usw.

3.1.2 Extremereignisse

Von der Öffentlichkeit, der Klimafolgenforschung und EntscheidungsträgerInnen werden oft Informationen über Änderungen im Auftreten von Extremereignissen gewünscht, nicht zuletzt, weil Letztere hohe Kosten verursachen. Gleichzeitig sind jedoch Extremereignisse häufig der mit den größten Unsicherheiten behaftete Aspekt des Klimasystems. Kleinräumige Phänomene werden derzeit weder messtechnisch noch durch Modelle zufriedenstellend erfasst.

Es ist kein Zufall, dass sich zu Gewittern, Hagel, Tornados oder Starkregenfällen im AAR14 wenige Informationen finden. Ein wichtiger Typ von Extremereignissen, der jedoch bisher nur unzureichend Beachtung gefunden hat, sind Compound-Ereignisse, bei denen mehrere Faktoren zusammenwirken und dadurch extreme Folgen auslösen. Im Kontext des Klimawandels ergeben sich für die österreichische Forschung z. B. folgende Fragen:



Abb. 2

Welche Risiken bestehen beim Auftreten von Extremereignissen im gegenwärtigen Klima? Wie und warum hat sich das Auftreten bisher verändert? Wie groß war der Einfluss des Klimawandels auf jüngste, besonders stark ausgeprägte Extremereignisse? Welche Änderungen im Auftreten von Extremereignissen erwarten wir in Zukunft? Was sind die damit verbundenen Unsicherheiten? Für all diese Fragen ist ein tiefgehendes Prozessverständnis essenziell. Bessere Analysen vergangener Ereignisse und Entwicklungen und verbesserte Nutzung indirekter Informationen sowie verbesserte Simulation kleinräumiger Phänomene in Klimamodellen gehören zu den anstehenden Forschungsaufgaben, auch hinsichtlich der Vernetzung von verschiedenen Sektoren.

Insbesondere Downscaling-Verfahren müssen weiterentwickelt werden, um Änderungen im Auftreten von Extremereignissen und bisher noch nicht aufgetretene Extremereignisse simulieren zu können. Eine wesentliche Frage in diesem Kontext ist auch die Vorhersagbarkeit extremer Ereignisse, was von entscheidender Bedeutung für Vorsorge und Katastrophenmanagement ist (zum Thema Extremereignisse siehe auch Kapitel 3.6.6.).

3.1.3 Vorhersagbarkeit

Ein wichtiges Ziel der Klimaforschung ist ein verbessertes Verständnis der Vorhersagbarkeit des Klimasystems und darüber hinaus eine Verbesserung von Klimavorhersagen. Vorhersagbarkeit hat dabei mehrere Aspekte:

- (1) ausgehend vom jetzigen Zustand des Klimasystems die Vorhersage für die folgende Jahreszeit oder das folgende Jahrzehnt;
- (2) die Veränderung des Klimas durch Änderungen im Strahlungshaushalt, insbesondere durch anthropogene Treibhausgasemissionen; und

(3) die Veränderung des regionalen Klimas infolge des globalen Klimawandels. Vorhersagbarkeit ist untrennbar mit Unsicherheiten verbunden.

3.1.4 Bessere Datenbasis

Messungen sind eine entscheidende Grundlage (natur-)wissenschaftlicher Forschung. Im Fall der Klimaforschung geht es vor allem um Langzeitmessungen, um das Verfügbarmachen von Daten aus der vordigitalen Zeit usw. In diesem Abschnitt sind jene Aspekte angesprochen, die über Routineumsetzungen hinausgehen. Zu Letzteren finden sich einige Anmerkungen in Abschnitt 3.1.4.1.

3.1.4.1 Messungen (*dichter, öfter, mehr Parameter*)

Österreich hat an sich eine sehr gute Basis an Klimadaten im engeren Sinn, mit einem dichten Messnetz und langen Klimareihen, die teilweise bis ins 18. Jahrhundert zurückreichen. Dennoch gibt es Bedarf an Verdichtung sowie räumlicher und inhaltlicher Ausweitung. Insbesondere in Höhenlagen gibt es wenige Messstationen, vor allem für Starkwind.

So gibt es z. B. nur ganz wenige Stationen, an denen alle notwendigen Parameter zur Berechnung einer vollständigen Energiebilanz der Erdoberfläche gemessen werden, obwohl die Energiebilanz ein ganz grundlegender Parameter aller lokalen Klimafragen ist. Damit verbunden ist auch die Notwendigkeit der Messung der spektralen Albedo.

Besonders arm ist Österreich an Bodenfeuchtedaten. Messungen von Flussgrößen und von Vertikalprofilen meteorologischer Parameter im mikro- und mesoskaligen Bereich sind ebenfalls kaum routinemäßig vorhanden. Bezüglich Verdichtung des Messnetzes im Gebirge, siehe Kapitel 3.2.2.



Abb. 3

Der Ausbau des Messnetzes luftchemischer Größen (z.B. Treibhausgaskonzentrationen, Aerosolkonzentrationen) wäre wichtig, insbesondere zur Quantifizierung von Emissionen aus natürlichen Systemen, aber auch für die Bioklimatologie und als Basis für die Quantifizierung von Umwelt/Klima-Wechselwirkungen.

Fernerkundungsgestützte Klimabeobachtungssysteme als Ergänzung (nicht Ersatz!) von Bodendaten gewinnen an Bedeutung – die Verarbeitung dieser Daten erfolgt bis auf wenige Ausnahmen außerhalb Österreichs. Viele Standard-Algorithmen, wie beispielsweise Windprofile von Satelliten, Oberflächentemperaturen u. a. sind für Gebirge nur bedingt geeignet.

In diesem Bereich besteht erhöhter Forschungs-, Entwicklungs- und Messbedarf. Beim Ausbau des Messnetzes sind auch neue Anforderungen, wie etwa Daten für Erneuerbare-Energien-Nutzung, zu berücksichtigen. Unabhängig davon, wie dicht und gut ein Messnetz ist, die Aussagekraft der Daten bleibt begrenzt und muss beachtet werden.

3.1.4.2 Experimentiermöglichkeiten

Experimente können sich nicht auf Modelle beschränken, sondern müssen – zur Erforschung grundlegender Zusammenhänge, vor allem unter

schwierigen Randbedingungen – auch in der Natur gemacht werden. Zu diesem Zweck sind Mikromessnetze, etwa zum besseren Verständnis der Grenzschicht im Gebirge oder zur Parametrisierung von Flüssen, vonnöten.

3.1.4.3 Paläodatenbasis ausweiten

Die Paläoklimatologie stützt sich derzeit vorwiegend auf Proxidata, die Informationen über die Sommerperioden geben. Eine Ausweitung auf Proxidata für andere Jahreszeiten und auf weitere Klimatelemente könnte verbesserte Chronologien und erhöhtes Verständnis für Variabilitäten und Prozesse ermöglichen. Deskriptive Informationen und historische Aufzeichnungen (Data Recovery) sind eine weitere Quelle für historische Klimainformationen.

3.1.4.4 Ungenutzte Potenziale ausschöpfen

Um zahlreiche vorhandene Zeitreihen für die Forschung nutzbar zu machen, müssen sie einerseits digitalisiert werden, andererseits aber auch homogenisiert. Dies erfordert in vielen Fällen Methodenentwicklung – im meteorologischen Bereich z. B. für Daten mit täglicher oder subtäglicher zeitlicher Auflösung.

In Österreich werden von unterschiedlichen Trägern und weitgehend unabhängig voneinander verschiedene Messnetze betrieben. Für systemische Betrachtungen ist jedoch wichtig, dass wenigstens an einigen Kernstandorten möglichst viele Größen gemessen und beobachtet werden – über die Disziplinen hinweg. Synergien können sich auch mit Messnetzen oder Daten ergeben, die im Rahmen der Impact- oder Anpassungsforschung betrieben werden.

3.1.4.5 Validierung von Beobachtungsdaten

Beobachtungsdatensätze sind in der Regel unter sich ändernden Bedingungen aufgezeichnet und statistisch nachbearbeitet. Dies gilt insbesondere für gegitterte Datensätze, die aus Stationsdaten abgeleitet werden. Diese Daten müssen im Hinblick auf die geplante Nutzung validiert werden.

3.1.5 Verbesserte Modelle auf allen Skalen

3.1.5.1 Reanalysen

An der Schnittstelle zwischen Messungen und Modellen liegen die Reanalysen, d. h. die mittels Modellen analysierten Messdaten der Vergangenheit. Reanalysefelder erstrecken den Klimadatensatz sowohl für rein atmosphärische als auch für Impact-Studien in die Vergangenheit. Zugleich unterstützen sie die Validierung von Modellen und Parametrisierungen. An den großen europäischen Klimaforschungszentren werden derzeit regionale Reanalysen für Europa entwickelt. Diese müssen auf ihre Konsistenz mit tatsächlichen Beobachtungen im Alpenraum, auch im Hinblick auf Trends, untersucht werden.

3.1.5.2 Modellverbesserungen, Einbau weiterer Prozesse, Systeme

Klimamodelle können sowohl zur Erstellung von Klimaprojektionen benutzt werden als auch für Modellexperimente zum besseren Prozessverständnis. Die österreichische Klimacommunity betreibt kein globales Klimamodell, sondern stützt sich auf die international verfügbaren Modellergebnisse. Dies ist sinnvoll, doch sollte eine Kooperation zwischen Nutzern und Modellentwicklern bzw. -betreibern aufgebaut werden. Ein solcher Austausch ist notwendig, um einerseits die Repräsentation von Gebirgsklimaten in GCMs zu verbessern, aber andererseits auch

um die Limitierungen und Unsicherheiten der GCMs und deren Einfluss auf die Simulation des regionalen Klimas besser zu verstehen. Die verschiedenen in Österreich verwendeten Ansätze regionaler Modellierung (dynamisches und statistisches, einschließlich synoptisches Downscaling) sind weiterzuentwickeln, vor allem in Hinblick auf die spezifischen Herausforderungen der topografischen Besonderheiten Österreichs, aber auch zur Modellierung des Stadtklimas.

Auch das relativ junge Verfahren der inversen Modellierung zur besseren Interpretation von Messdaten bedarf noch der Weiterentwicklung. Die regionale Modellierung sollte in enger Abstimmung mit den internationalen CORDEX-Aktivitäten durchgeführt werden, insbesondere zur Erstellung von hochauflösenden regionalen Klimamodellensembles. Von großer Bedeutung ist die Frage nach der sinnvollen zeitlichen und räumlichen Auflösung von Prozessen und nach der Modellkomplexität für verschiedene Fragestellungen:

Welche Prozesse können, auch im Hinblick auf Klimaänderungen, in welchen Betrachtungen durch Parametrisierungen hinreichend gut erfasst werden, welche Prozesse müssen vom Modell explizit aufgelöst werden, und wo sind Rückkopplungen wesentlich? Inwieweit können Modelle geringerer Komplexität valide Antworten geben? Die Erhöhung der Auflösung kleinräumiger Klimamodelle ist wünschenswert, erfordert aber Verbesserungen bei den Parametrisierungen (z. B. Konvektion, Wolkenbildung, Schneeschmelze, planetare Grenzschicht, Turbulenz), bessere Beschreibungen der Randbedingungen (Landnutzung, Bodenfeuchte etc.) und zur Validierung der Modellergebnisse geeignete Beobachtungen (s. unten). Problembereiche bleiben z.B. die numerischen Ansätze in sehr steilem Gelände oder die Ausbildung von Inversionen, beides charakteris-

tisches Merkmal zahlreicher Täler und Becken im Alpenraum. Vor diesem Hintergrund gewinnt auch die statistische Modellierung an Bedeutung: Inwieweit können komplexe lokale Klimaprozesse und deren Reaktion auf den Klimawandel durch kostengünstige statistische Modelle repräsentiert werden?

Die Schneelage stellt für das Klima in Österreich, aber auch für mehrere Wirtschaftssektoren einen wichtigen Faktor dar. Die in den regionalen Klimamodellen integrierte Schneephysik ist jedoch unzureichend. Dies betrifft Schmelz- und Sublimationsvorgänge ebenso wie etwa das bei Schneefall in alpinen Tälern beobachtete Absinken der Nullgradgrenze.

3.1.5.3 Unsicherheiten, Evaluation

Ziel der Forschung muss es einerseits sein, Unsicherheiten möglichst vollständig zu quantifizieren (vor allem bezüglich Extremereignissen) und andererseits zu reduzieren. Ersteres ist insofern wichtig, um zu optimistische Abschätzungen des Klimawandels zu vermeiden. Wichtig ist eine Separierung von verschiedenen Unsicherheitsquellen.

Der Umgang mit Unsicherheiten bzw. die Analyse der Relevanz der Unsicherheit für die Disziplinen, die mit Klimamodelldaten arbeiten, bedürfen sorgfältiger Untersuchungen und transparenter Kommunikation.

Die Evaluation von Ergebnissen von Klimamodellen sollte auch die Darstellung von relevanten Prozessen umfassen; dazu sind im kleinskaligen Bereich Spezialmessnetze erforderlich. Eine besondere Herausforderung stellt die Evaluation von Modellketten dar (z. B. von meteorologischen Modellen mit Modellen biogeochemischer Kreisläufe oder dynamischen Vegetationsmodellen).

3.1.5.4 Koppelung von Modellen, Rückkopplungen, Konsistenz

Es werden Weiterentwicklungen im Bereich des dynamischen und des statistischen Downscalings und deren Koppelung gebraucht. Eine besondere Herausforderung stellt die Modellierung von Rückkoppelungseffekten mit dem Boden, der Biosphäre oder geochemischen Prozessen dar. Die Verkettung von meist hochauflösenden, komplexen Modellen verschiedener Disziplinen setzt eine Prüfung dieser voraus. Dabei ist zu klären, ob der Output des einen Modells als Input für das andere geeignet ist, und zwar nicht auf der Ebene des Formates, sondern der Konsistenz der zugrundeliegenden Annahmen, Auflösungen etc. Zugängliche, validierte Modellketten für unterschiedliche Fragestellungen könnten helfen, inkonsistente Modellketten zu vermeiden.

3.1.6 Schnittstelle der Klimaforschung mit der Klimafolgenforschung; Wechselwirkungen mit anthropogenen und klimabedingten Veränderungen

Die Schnittstelle zur Klimafolgenforschung bedarf einer substanziellen Verbesserung. Ein enger Dialog mit den DatennutzerInnen muss entwickelt werden, der von der Projektentwicklung über die Datenerzeugung und -anwendung bis zur Interpretation der Ergebnisse reicht (siehe auch Kapitel 3.6.3). Statistische Korrekturverfahren müssen evaluiert und weiterentwickelt werden. Weiterhin sollten alternative Wege der Modellierung jenseits der Top-down-Ensembles-Modellierung erschlossen werden, wie z. B. die Simulation von regionalen Narrativen, die spezifische Worst-Case-Szenarien als Grundlage für die Klimawandelanpassung beschreiben.

Wechselwirkungen mit klimarelevanten, aber nichtklimatischen Veränderungen, etwa der klimabedingten Änderung der Vegetationsdecke oder von Bewässerungs- oder Landmanagementpraktiken, werden derzeit noch kaum berücksichtigt, sind aber u. U. relevant für Fragen der Vulnerabilität, der Anpassung oder der Treibhausgasemissionen.

Klima- und sozioökonomisch bedingte Veränderungen können auch wesentlichen Einfluss auf vergangene Messreihen haben, der bei Trendanalysen herauszufiltern ist. Auch in Klimamodellberechnungen für die Zukunft müssen sie fallweise als sich ändernde Randbedingungen berücksichtigt werden (vgl. auch Kap. 3.2.1.). Nicht zuletzt gilt es zu prüfen, wie relevant die klimabedingten Änderungen im Vergleich zu anderen anthropogen verursachten Änderungen sind.

3.1.7 Grenzwerte und Kippunkte des Klimasystems

Es ist bekannt, dass verschiedene Komponenten oder Phänomene des Klimasystems in der Vergangenheit abrupten und teilweise in menschlichen Zeitskalen irreversiblen Änderungen unterlegen sind. Die Frage nach dem Auftreten von solchen Kippunkten in der Zukunft kann derzeit weder eindeutig verneint noch bejaht werden. Untersuchungen der abrupten Klimaänderungen im Pleistozän könnten zu einem besseren Prozessverständnis beitragen. Mit steigender Temperatur wird jedenfalls das Auftreten abrupter Änderungen wahrscheinlicher. Weil gängige Modelle oft nicht geeignet sind, solche Prozesse zu erkennen, handelt es sich um einen schwierigen, aber wichtigen Forschungsbereich. Unabhängig von deren Wahrscheinlichkeit, wären die potenziellen Auswirkungen auf Österreich untersuchenswert. Kippunkte können nicht nur im Klimasystem,

sondern auch in anderen natürlichen, politischen, ökonomischen und sozialen Systemen aufgrund des Klimawandels erreicht werden (vgl. Kapitel 3.2.3). Derartige Vorgänge implizieren enorme Auswirkungen auf die menschliche Zivilisation, und das Vorsorgeprinzip erfordert, dass sie bei politischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Entscheidungen berücksichtigt werden.

3.2 Forschungsbereich II: Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft

Klimawandelimpact- und -anpassungsforschung sollen immer in den lokalen Kontext von gesellschaftlichen Zustands- & Transformationsprozessen, sozioökonomischen und politischen Entwicklungen eingebettet und lokal oder regionspezifisch analysiert werden. Risiko und Risikomanagement oder Resilienz können als zentrale, verbindende Themen fungieren.

3.2.1 Theorie- und Methodenebene

3.2.1.1 Methoden zur Überwindung räumlicher (lokal bis global), zeitlicher (Vergangenheit bis Zukunft) und kausaler (Ursache/Wirkung) Diskrepanzen

Der Klimawandel und seine Folgeprozesse sind durch viele Skalenübergänge (räumlich, zeitlich und kausal) charakterisiert. Darüber hinaus sind auch die politischen Entscheidungsebenen und -zyklen zu berücksichtigen. Um ein besseres Verständnis für die komplexen Zusammenhänge zu erzeugen, bedarf es entsprechender Modellvorstellungen und darauf abgestimmter Methoden. Damit in Zusammenhang steht das Problem des Down- und Upscalings innerhalb einzelner Wissensbereiche und über diese hinweg. Die Vernetzung mit ökonomischen Impact-Modellen zur Quantifizierung von sektoralen und volkswirt-

schaftlichen Effekten kann zu einer Verbesserung der Analysen beitragen. In vielen Fällen ist die Frage zu klären, ob punktuelle Erhebungen oder Untersuchungen verallgemeinerbar sind. Welche Kriterien müssen Fallbeispiele erfüllen, damit die Ergebnisse übertragbar sind?

3.2.1.2 Methoden, die den Einfluss des Menschen und klimainduzierte Veränderungen (Boden, Vegetation, Landnutzung) berücksichtigen

Praktisch alle natürlichen Prozesse und Systeme werden außer durch das Klima auch durch menschliches Handeln, insbesondere Nutzungs- und Managementpraktiken, beeinflusst. Beobachtungs- und Messdaten spiegeln beides wider. Die Trennung der unterschiedlichen Einflüsse kann eine beträchtliche Herausforderung darstellen und ist oft nicht in befriedigender Weise möglich. Auch für die Berechnung zukünftiger Entwicklungen unter Klimaszenarien sind menschliche Eingriffe zu berücksichtigen (vgl. auch Kap. 3.1.6.).

Aber auch für die Folgen des Klimawandels auf Mensch-Umwelt-Systeme spielen sowohl die Treiberwirkung des globalen Klimawandels als auch menschliches Verhalten eine große Rolle.



Abb. 4

Um dieses komplexe Zusammenspiel zwischen den unterschiedlichen Treibern/Aktionen und der Reaktion besser zu verstehen und damit eine solide Grundlage für die Definition von Maßnahmen zu haben, sind methodische Ansätze erforderlich, die beide Aspekte gleichermaßen berücksichtigen. Eine wichtige Einflussgröße vor allem im gesellschaftlichen Bereich ist neben dem demografischen auch der sozioökonomische Wandel und die Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen, die in viel größerem Maße auf der lokalen, regionalen und globalen Ebene zu berücksichtigen wären.

3.2.1.3 Verbesserung des Prozessverständnisses

In vielen Fällen fehlt es noch an disziplinärem Prozessverständnis, sodass Auswirkungen geänderter klimatischer Verhältnisse (Climate Penalties) nicht verlässlich analysiert werden können. Dies gilt praktisch durchgängig für alle Disziplinen.

Dazu gehören z. B. physikalisch-chemische und biologische Schlüsselprozesse im Boden, die durch geänderten Temperatur- und Wasserhaushalt betroffen sein werden, die Identifikation klimasensibler Ökosystemtypen, aber auch soziale und wirtschaftliche Prozesse und deren Analyse im Hinblick auf Schwellenwerte und Kippunkte sowie Kaskadeneffekte.

Je nach Szenario ist auch mit einer unterschiedlichen Prozessdominanz zu rechnen. In einigen Bereichen, wie z. B. in Bezug auf das Landschaftsrelief (Reliefsphäre), sind zwar Klimaabhängigkeiten grundsätzlich bekannt, die konkreten Auswirkungen des Klimawandels in Vergangenheit und Zukunft aber kaum untersucht.

Von besonderem Interesse sind die Identifikation von selbstverstärkenden Prozessen und die Analyse von Pufferungskapazitäten und Grenzwerten von Systemen, bevor es zu starken Veränderungen oder Kipppunkten kommt. Veränderungen in einer Komponente eines Systems können kaskadisch Veränderungen in anderen Systemen auslösen. Diese können stabilisierend, aber auch verstärkend wirken oder immer größere Kreise ziehen. Interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftsdisziplinen ist zur Behandlung dieser Fragen unerlässlich. Letztlich geht es um ein verbessertes Systemverständnis.

Von besonderer Bedeutung sind Schwellenwerte und Kipppunkte von Systemen sowohl hinsichtlich gradueller, systematischer Änderungen, als auch hinsichtlich extremer Ereignisse. Sie definieren nicht nur Genauigkeitsanforderungen in den Disziplinen, sie sind auch Voraussetzung für die korrekte Darstellung von Zukunftsszenarien in den jeweiligen Wissenschaftsdisziplinen.

3.2.1.4 Verbesserung von Modellen in allen Skalen und Bereichen und deren Verbindungen

Modelle und damit generierte Ergebnisse sind differenziert zu betrachten. Sie können zur Überprüfung von Fakten, aber auch zur Förderung des Verständnisses von Prozessen und Systemen beitragen und einen integrierenden Faktor bei interdisziplinären Ansätzen darstellen. Wichtig ist, dass die impliziten Modellannahmen klar dargestellt werden, um geeignete Einsatzbereiche der Modelle identifizieren zu können. In manchen Wissensbereichen fehlt es noch grundsätzlich an Modellen, in anderen geht es um signifikante Verbesserungen bestehender Modelle. Auch die Weiterentwicklung von Forschungsansätzen, die einen Methodenmix aus Modellbildung, Simulation und empirisch-experimentellen Ansätzen

enthalten, wird in manchen Bereichen, etwa der Ökosystemforschung, als vielversprechend erachtet.

3.2.2 Daten, Messungen

3.2.2.1 Konzept für systematisches und systemisches Monitoring über alle Bereiche und Sektoren

Hinsichtlich der systematischen Erfassung von Klimawandelfolgen gibt es in Österreich deutlichen Bedarf. Als Grundlage für die Entscheidungsfindung, wie Anpassung an den Klimawandel aussehen soll, bedarf es in allen Natursphären der Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zum Monitoring von Folgen des Klimawandels.

Ein typisches Beispiel sind die Messstationen zum Monitoring des Permafrostes in Österreich: Konzentration auf ausgewählte repräsentative Messstellen, die langfristig betrieben werden und an denen alle für den Permafrost wesentlichen Parameter erfasst werden (Temperatur, Leitfähigkeit etc.), und ergänzend Messungen von Klimaparametern, eventuell auch Beobachtung von Vegetationsparametern etc., ermöglicht systemische Aussagen und schafft hochqualitative Kernstationen, an die z.B. Spezialmessnetze



Abb. 5

anschließen können. Ähnliches gilt auch für Monitorings in Bezug auf Biodiversität und Naturschutz. Darüber hinaus sind aber auch Monitoring- und Datenhaltungssysteme wirtschaftlicher Impactdaten zu verbessern und verfügbar zu machen. Das Einrichten von Testgebieten nahe von Siedlungsräumen erscheint hinsichtlich wirtschaftlicher Impactdaten wesentlich, um die Betroffenheit von großen Teilen der Bevölkerung besser verstehen zu können. Es sollte weiters geprüft werden, inwieweit nicht mehr betriebene Monitorings bei Wiederaufnahme oder völlig neue Konzepte (z. B. Methanproduktion aus Deponien) einen wesentlichen Beitrag leisten könnten.

Modellergebnisse können Hinweise geben, wo klimatisch bedingte Veränderungen sich frühzeitig oder besonders ausgeprägt zeigen. Dies sollte bei der Planung von Messungen bzw. Messnetzen berücksichtigt werden. Zwei Drittel der Landesfläche von Österreich werden von Gebirgen eingenommen. In den Höhenlagen ist das Messnetz sowohl zur Erfassung meteorologischer als auch hydrologischer Daten/Parameter wesentlich dünner ausgebildet, sodass das Verständnis über den Zusammenhang zwischen Klimawandelimpuls und Folgeerscheinungen in natürlichen Systemen durch besseres Monitoring deutlich verbessert werden könnte.

3.2.2.2 *Aufbau repräsentativer Testgebiete (Monitoring von Klimafolgen)*

Um das komplexe Zusammenwirken von direkten, primären und indirekten Auswirkungen des Klimawandels besser verstehen zu können, ist der Aufbau und Betrieb von Testgebieten zur Erfassung der Klimafolgen erforderlich. Das gilt sowohl für naturnahe, weitgehend unbeeinflusste als auch für stärker durch menschliches Handeln geprägte

Mensch-Umwelt-Systeme und entspricht dem Geist der LTSER-Initiative (Long-Term Socio-economic and Ecosystem Research). Österreich ist in diesem Zusammenhang in einer internationalen Vorreiterrolle, die Vorteile des Systems sollten intensiv genutzt und weiter innovativ ausgebaut werden.

3.2.3 *Themenbereiche (Grundlagen)*

3.2.3.1 *Auswirkung von Extremereignissen (Variabilität)*

Ein Großteil der Aussagen von Szenarien zu Klimawandel und damit auch zu seinen Folgeerscheinungen in der Zukunft befasst sich mit der Verschiebung von Mittelwerten. Für viele Folgeprozesse sowie für den gesellschaftlichen Umgang mit den Herausforderungen haben jedoch Extremwerte (Minima/Maxima) und deren zeitliche Verteilung eine wesentlich größere Bedeutung.



Abb. 6

Um nachhaltig wirksame Entscheidungen treffen und Maßnahmen entwickeln zu können (z. B. Design von Schutzbauwerken im Naturgefahren-Management), bedarf es aber Kenntnisse zu den Auswirkungen von Wetterextremen (Starkregen, Dürre- bzw. Hitzeperioden) bzw.

extremen Auswirkungen von weniger extremen Wetterereignissen, etwa bedingt durch Landnutzungsänderungen. Ein verbessertes Verständnis der Auswirkungen von Rahmenbedingungen auf Erholungs- bzw. Wiederaufbauprozesse nach Extremereignissen und der zugehörigen Zeitskalen wäre für die Einschätzung der gesellschaftlichen, gesundheitlichen und ökonomischen Auswirkungen von Extremereignissen wichtig.

3.2.3.2 Identifikation klimasensibler Lebensräume, Schutzgebiete, Arten, deren Interaktionen und Ökosystemleistungen

Für die Folgewirkungen des Klimawandels spielt die Suszeptibilität/Vulnerabilität von Reaktionssystemen eine entscheidende Rolle. Die Identifikation und Untersuchung von besonders klimasensitiven, d. h. vulnerablen Mensch-Umwelt-Systemen (z. B. im Rahmen von ökologischen Monitorings) ist eine wesentliche Voraussetzung, um adäquate Maßnahmen zum Umgang mit diesen Folgen setzen zu können. Dazu kann das Konzept der Ökosystemdienstleistungen herangezogen werden, es muss aber auch selbst in Hinblick auf seine ethischen und kulturellen Implikationen Gegenstand von Forschung sein. Für die Generierung der erforderlichen Datenreihen auf unterschiedlichen Skalenebenen und die Überprüfung der prognostizierten Veränderungen sind folgende Zugänge zielführend: klassische Biodiversitätsforschung, verstärkte Nutzung technologischer Neuerungen (z. B. im Bereich der Fernerkundung), Habitatmodellierung und Citizen Science.

3.2.3.3 Klimawandel als Auslöser von Interessenkonflikten

Der Klimawandel kann in der Natur und in der menschlichen Gesellschaft Auslöser von Interessenkonflikten sein (z. B. zwischen individuellen

und gesellschaftlichen, derzeitigen und zukünftigen Interessen). Diese explizit zu machen ist wesentlich für einen erfolgversprechenden Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels, setzt jedoch systemische Betrachtungen über verschiedene räumliche und zeitliche Skalen hinweg voraus.

3.2.3.4 Folgen des Klimawandels auf geomorphologische (gravitative Massenbewegungen, glaziale, periglaziale, fluviale Prozesse sowie Kaskadenprozesse) sowie auf bodenbildende Prozesse

Das Verständnis des Zusammenhangs zwischen dem Treiberprozess des Klimawandels und den Folgen auf geomorphologische und bodenkundliche Prozessdynamik ist im Vergleich zu anderen Klimafolgeprozessen bisher noch sehr unterdurchschnittlich ausgebildet. Vor dem Hintergrund der Interaktion mit menschlichen Interessen (zum einen Risiken aus Naturgefahrenprozessen, zum anderen Boden als Träger der landwirtschaftlichen Produktion) haben diese Prozesse aber eine wichtige Position im Zusammenwirken zwischen Umwelt und Gesellschaft.

3.2.3.5 Auswirkungen des Klimawandels auf Land- und Forstwirtschaft sowie deren Treibhausgasbilanzen

Im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sind die Auswirkungen des Klimawandels auf das engste mit Bewirtschaftungsformen und Anpassungsmaßnahmen verbunden. Es gibt jedoch zahlreiche offene Detailfragen, z. B. die Änderung des standörtlichen Potenzials (Nährstoffversorgung, Wasserhaushalt), der Handlungsspielraum der künftigen Waldbewirtschaftung inklusive der kurz-, mittel- und langfristigen Effekte der Anpassungsmaßnahmen auf Waldvitalität, Ökosystemleistungen und Wirtschaft im

ländlichen Raum, die künftige Baumartenzusammensetzung und standortangepasste landwirtschaftliche Kulturen und Produktionsweisen, die Bodenbearbeitung, Konsequenzen der Maßnahmen zur Senkung von Treibhausgasemissionen (CO₂, N₂O und CH₄), Invasive Species sowie Fragen des Pflanzenschutzes (geändertes Auftreten von Schadorganismen). Neben der individuellen Analyse geht es um integrierte Assessments und Systembetrachtungen als Basis für fundierte Risiko- und Resilienzabschätzungen. Rückwirkungen von Management- oder Anpassungsmaßnahmen auf Treibhausgasemissionen, aber auch auf Nicht-Treibhausgas-Emissions-Effekte (non-GHG effects) und auf deren Klimawirksamkeit sind von besonderer Relevanz.

3.2.3.6 Folgeprozesse im Bereich Infrastruktur

Im Bereich Infrastruktur stellt sich einerseits die Frage nach den Folgen für die Infrastruktur selbst (Dammbrüche, Unterspülungen, Hitzeschäden an Straßen, Unterbrechung von Stromnetzen etc.), andererseits die Frage nach den Folgen von Schäden an der Infrastruktur (z. B. Unterbrechung von Lieferketten).

Da die Infrastruktur primär durch Extremereignisse betroffen ist, sind belastbare Aussagen zur künftigen Entwicklung von Extremereignissen für dieses Forschungsgebiet von großer Bedeutung (vgl. Kapitel 3.2.3.1.) Die ebenfalls wichtige Analyse vergangener Ereignisse hängt von der Verfügbarkeit geeigneter, vergleichbarer Daten ab (vgl. Kapitel 3.6.6.). Allerdings kann auch auf der Basis vorhandenen Wissens bei sorgfältiger Abschätzung der Genauigkeitsansprüche einiges an relevantem Wissen generiert werden. Systemanalysen zur Beantwortung von Fragen nach Folgewirkungen von Infrastrukturschäden liegen für Österreich bisher nur in begrenztem Maße vor

(z. B. zu den Auswirkungen eines länger anhaltenden Blackouts). Im Sinne von Kapitel 3.2.1. (Theorie- und Methodenebene) werden für Analysen von Folgeprozessen im Bereich Infrastruktur auch Szenarien der künftigen demografischen Entwicklung, der Verkehrsentwicklung, der Abhängigkeit von Stromnetzen vs. Inselstationen etc. benötigt.

3.2.3.7 Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit und das soziale Gefüge

Sowohl hinsichtlich direkter als auch indirekter gesundheitlicher Auswirkungen des Klimawandels sind zahlreiche Fragen offen. Diese betreffen z. B. jahreszeitliche Verschiebungen von Beschwerden und Krankheiten (z. B. Allergien, Erkältungskrankheiten), das Auftreten bisher nicht „heimischer“ Krankheiten infolge anderer Bedingungen für Vektoren und Erreger oder die Qualität des Trinkwassers. Es sollten hier nicht nur technische, sondern auch organisatorische Lösungsansätze gesucht werden.



Abb. 7

Relevant sind auch Fragen des Gesundheitssystems, der Nachbarschaftshilfe, etwa während Hitzeperioden, oder der Anpassung des öffentlichen Raums. Die erwartete Zunahme der

städtischen Bevölkerung wirft zusätzliche Probleme auf (Nachverdichtung, Zunahme des „Urban Heat Island“-Effekts). Die sozioökonomischen Aspekte des Klimawandels sind nur unzureichend erforscht, so etwa die Effekte indirekter Auswirkungen des Klimawandels wie höhere Lebensmittelpreise oder sich ändernde Energiekosten auf Einkommensschwächere, aber auch Fragen der Migration („Klimaflüchtlinge“).

3.2.3.8 Weitere klimasensitive Bereiche

Neben den Auswirkungen auf Land- und Forstwirtschaft, Ökosysteme und Biodiversität, Infrastruktur, Gesundheit und soziales Gefüge identifiziert Österreichs nationale Strategie zur Anpassung an den Klimawandel noch weitere direkt oder indirekt klimasensitive Bereiche. Diese sind Energiebereitstellung und -nachfrage, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Produktion und Handel, Tourismus, Städte und Grünräume, Raumplanung, Verkehr, Umgang mit Naturgefahren und Katastrophenmanagement. Während für die meisten Aktivitätsfelder der Anpassungsstrategie in der Zwischenzeit Forschungs ergebnisse zu inkrementeller Anpassung (Verstärkung bereits heute gesetzter Anpassungsmaßnahmen wie Hochwasserschutz) vorliegen, fehlt Forschung über transformative Anpassung (neue Formen von Anpassung). Ein weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich Wechselwirkungen zwischen Anpassung in unterschiedlichen Aktivitätsfeldern, beispielsweise der Konkurrenz um die Ressource Wasser für Bewässerung und Kühlung.

Da nicht alle Sektoren einen ausreichend langen Planungshorizont haben, um langfristige Fragestellungen wie Klimarisiken adäquat würdigen zu können, ist im Sinne der Bewusstseinsbildung auch die Untersuchung der jeweiligen

Wettersensitivitäten voranzutreiben. Da die kurzfristigen Auswirkungen von Wettervariabilität oft wesentlich besser verstanden werden, können sie ein wertvoller Türöffner für die Beschäftigung mit den Auswirkungen der Klimavariabilität auf die jeweiligen Sektoren sein.

3.2.3.9 Auswirkungen des Klimawandels auf die lokale/regionale Luftgüte

Die Witterung determiniert die Konzentration von Luftschadstoffen einerseits über chemische Umwandlungsvorgänge (Temperatur und UV-Strahlung insbesondere in Bezug auf Ozon, sekundäres Aerosol und Oxidantien), andererseits über Ausbreitungsvorgänge (Windrichtung und Geschwindigkeit, Mischungsschichthöhe). Diese grundsätzlichen Einflüsse sind bekannt. Aber wie sich künftige Klimaszenarien insbesondere im kleinräumigen Kontext (z. B. urbane Straßenschluchten) und im Hinblick auf Emissionsprognosen auswirken, muss genauer untersucht werden. Dies ist eine komplexe interdisziplinäre Aufgabe, und die Erkenntnisse hätten bedeutende Auswirkungen etwa auf Stadt- und Raumplanung.

Die Luftgüte beeinflusst die Gesundheit und Lebenserwartung der betroffenen Bevölkerung und muss daher auch aus Sicht der öffentlichen Gesundheit (Public Health) berücksichtigt werden. Geänderte Emissionsprofile und Änderungen in der atmosphärischen Chemie und Schadstoffverteilung können allerdings dazu führen, dass bisher gebräuchliche und validierte Marker der Luftqualität an Bedeutung verlieren. Auch im Hinblick auf den Klimawandel ist daher eine Weiterführung epidemiologischer Studien zu den Gesundheitsauswirkungen der Luftqualität erforderlich.

3.2.3.10 Erkennen von Tipping Points in klimabeeinflussten Systemen

Auf der globalen Ebene wird der Identifikation von Kipppunkten (Tipping Points) in großräumigen globalen Subsystemen (z. B. indischer Monsun) sehr viel Aufmerksamkeit geschenkt, da angenommen/befürchtet wird, dass sich aus diesen Systemen nach Überschreiten eines bestimmten Schwellenwerts unvorhersehbare Rückkopplungen auf das globale System Erde ergeben können.

Auch auf wesentlich kleinräumigerer Skala können Kipppunkte auftreten und zu bisher nicht vorhersehbaren Folgen und Rückkopplungen führen (z. B. Felsstürze durch Verlust von Permafrost, unterkritische Saisonlänge im Wintertourismus, zu hohe Temperaturen für Weinsorten). Nur durch ein verbessertes Prozessverständnis des Zusammenspiels von Klimatreiber und Reaktionssystem, z. B. auf Basis gemeinsam ausgewerteter Daten aus Monitorings, können Kipppunkte erkannt und analysiert und damit der Kollaps von Systemen verhindert werden.

3.3 Forschungsbereich III: Anpassung

Anpassungsmaßnahmen sind immer an die lokalen/regionalen Verhältnisse gebunden und erfordern daher (anders als etwa technologische Entwicklungen) lokales Wissen, sowohl hinsichtlich der naturräumlichen als auch der gesellschaftlich-politischen Gegebenheiten. Auf der Theorie- und Methodenebene lässt sich die Forschungsfrage klar definieren. Bei der Begleitforschung zu konkreten Umsetzungen ist die Grenze jedoch fließend, was den Forschungsbedarf und die gewöhnlichen Herausforderungen hinsichtlich der Detailklärung bei der Umsetzung von Maßnahmen betrifft. Umso wichtiger ist es, klare Kri-

terien für die Wissenschaftlichkeit von Methoden zu haben und bei einer Strategieerstellung eine umfassende und methodisch saubere Quantifizierung der möglichen Auswirkungen bzw. der Risiken und Unsicherheiten zu ermöglichen.

Österreich hat, wie andere Staaten auch, eine Anpassungsstrategie für die meisten Sektoren verabschiedet, die konkrete Ziele und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel mit mehr oder weniger klaren Zeitplänen vorgibt. Die wissenschaftlichen Fragestellungen zur Umsetzung und Aktualisierung dieser Strategien sind vielfältig, Forschungsergebnisse sollen dazu dienen, Anpassungsstrategien laufend zu aktualisieren, zu verbessern und auszuweiten.

3.3.1 Theorie- und Methodenebene

3.3.1.1 Theorie der Anpassung

Klimaanpassung erfordert, ebenso wie Klimaschutz, langfristige, komplexe und z. T. sehr tiefgehende Veränderungen in Geschäft und Wirtschaft. Viele aus der Klimadiskussion bekannte Fragestellungen – etwa jene der relevanten Zeithorizonte – sind im Anpassungsbereich sowohl aus ethischer als auch aus wissenschaftlicher Sicht extrem relevant. Wechselwirkungen zwischen Anpassung und Minderung werfen wissenschaftliche Fragen auf.

Die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen und deren Evaluierung spielen ebenfalls eine zentrale Rolle. Leistungsfähige gesellschaftstheoretische und wirtschafts- und politikwissenschaftliche Analyse- und Erklärungsmodelle im Anpassungsbereich sind daher notwendig und werden auch intensiv beforscht. Diese müssen Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsfähigkeit deutlich machen. Voraussetzung für die folgenden Themenbereiche, soweit es sich nicht um Beispiele

der robusten Anpassung handelt, die ebenso besondere Beachtung verdienen, sind immer besser verfügbare, räumlich hochauflösende Daten zu erwarteten Klimaveränderungen.

3.3.1.2 Action Research, Partizipation

Parallel zu den theoretischen Ansätzen sind praxisorientierte Methoden für partizipative kleinräumige Vulnerabilitätsabschätzungen und partizipative Entwicklung von Anpassungsstrategien nötig. Um die komplexen Probleme der Anpassung an den Klimawandel wissenschaftlich sauber bearbeiten zu können, bedarf es u. a. der Weiterentwicklung der Methoden der Action Research (Aktionsforschungsansätze eignen sich besonders für problemlösungsorientierte Forschung), geeigneter Partizipationskonzepte sowie inter- und transdisziplinärer Forschungsansätze. Wichtige neue Erkenntnisse haben auch Governance-Analysen gebracht, welche die sozialen Koordinationsprozesse unter Einbindung sämtlicher relevanter Interessengruppen untersuchen, auch die verschiedenen Ansätze von Citizen Science und Responsible Research verdienen hier besondere Beachtung.

3.3.1.3 Down- und Upscaling von Handlungsoptionen

Die Entwicklung von Methoden zum Down- und Upscaling, nicht nur in Hinsicht auf (Klima-) Daten, sondern auch darauf, wie Strategien, Methoden, Anpassungs- und Monitoring-Maßnahmen auf die regionale und lokale Ebene und deren Akteure wirken und vice versa, muss weitergeführt werden. Beim Fallstudienansatz bedarf es z. B. einer kritischen Menge an methodisch miteinander abgestimmten Fallstudien in verschiedenen Regionen, Sektoren und Bevölkerungsgruppen, um Verallgemeinerungen und damit das Voneinander-Lernen zu ermöglichen.

Dazu ist die Entwicklung von Evaluationskriterien zur Messbarkeit „erfolgreicher“ Anpassung wesentlich, diese Kriterien sind dann auch in Ex-ante- und Ex-post-Untersuchungen (im Sinne von Policy Evaluation Studies) zur Überprüfung der Effektivität und Kosten-Nutzen-Abschätzung heranzuziehen.

3.3.1.4 Maladaptation

Fehlanpassung, Maßnahmen, die mehr Schaden als Nutzen anrichten bzw. wo ein Anpassungsnutzen einem Mitigationsziel entgegenwirkt, sind ein wichtiges Thema der Anpassungsforschung, die Untersuchung der nichtintendierten Konsequenzen ist ebenso ernsthaft durchzuführen. Die Problematik ist häufig verknüpft mit Fragen der Skalen – zeitlich und räumlich – und der Governance-Strukturen. Siehe hierzu auch Kapitel 3.4.4 Wechselwirkung zwischen Mitigation und Adaptation.

3.3.1.5 Grenzen & Wirksamkeit der Anpassung

So wie jene in 3.1.7 erwähnten Kippunkte des Klimasystems sind auch die Kippunkte sozio-ökonomischer Systeme zu untersuchen, denn bei einem gewissen Ausmaß klimatischer Veränderung (Temperaturänderung, Verschiebung klimatischer Zonen etc.) werden Grenzen der Anpassungsfähigkeit erreicht.

Diese können bestimmt sein durch die Art der in Betracht gezogenen Anpassung (grüne oder graue Anpassung), verfügbare Mittel, Akzeptanz in der Bevölkerung, den Stand des Wissens usw. Derartige Analysen, auch jeweils damit verbundene volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen, sind für Österreich nicht verfügbar, aber notwendig.

3.3.2 Umsetzungsebene

3.3.2.1 Forschung zur Integration von Anpassung in diverse Politikbereiche

Voraussetzungen und Maßnahmen zur Entstehung eines neuen, querliegenden Politikfeldes „Anpassung“ sind zu analysieren und die institutionellen, akteursstrategischen und diskursiven Wandlungsprozesse zu bestimmen. Öffnungsprozesse hin zu neuen politischen und planerischen Lösungen (auch in anderen von Anpassung betroffenen Politikbereichen) sind zu identifizieren, und insbesondere gilt es auch verstärkt den Diskurs mit privatwirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren zu suchen, wofür sich eine zunehmende Rolle für die Sozialwissenschaften – wie Politikwissenschaft, Soziologie, Anthropologie, Psychologie – ergibt, die es zu fördern gilt.

3.3.2.2 Gesellschaftliche Kontextualisierung von Klimawandel, Klimafolgen, Anpassung und Vulnerabilität

Um der Komplexität und Multidimensionalität (sozial, zeitlich, räumlich) von Klimafolgen und Anpassung zu entsprechen, muss eine gesellschaftliche Kontextualisierung erfolgen. Dazu gehören z. B. auch Analysen zu Gender- und Geschlechterrollen im Klimawandel.

Zum Ausgangspunkt sozialwissenschaftlicher Betrachtung müssen nicht unbedingt klimatische Prozesse und deren (vermutete oder nachgewiesene) zeitliche Veränderungen herangezogen werden, es können auch Gesellschaften und soziale Prozesse gewählt werden, etwa Bemühungen, das Klima zu schützen oder sich den befürchteten Klimaänderungen anzupassen. So stellt auch die umsetzungsorientierte Vulnerabilitätsforschung, nicht nur in ihren technischen, sondern auch in sozioökonomischen Fragestellungen einen For-

schungsbedarf dar, wie etwa auch die konkrete Untersuchung des tatsächlichen Erfolges von Anpassungsmaßnahmen.

3.3.2.3 Maßnahmenbewertungen und -vergleiche

Dieses Feld umfasst die Weiterentwicklung und verstärkte Anwendung von Methoden, die dazu dienen, unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen in ihren Kosten und Folgen über das Monetäre hinaus vergleichen zu können (wie z. B. Multikriterienanalyse oder Robust Decision Making).



Abb. 8

Gemeinden und Regionen müssen oft zwischen verschiedenen Anpassungsmaßnahmen wählen (etwa technischer Hochwasserschutz in der Gemeinde, Umsiedlungen aus Hochwassergebieten, Wassermanagementmaßnahmen und Retentionsbecken stromaufwärts etc.), die nicht nur unterschiedlichen Finanzierungsaufwand haben, sondern auch unterschiedlichen Schutz bieten, verschiedene Gruppen stärker/weniger belasten, länger- oder kurzfristig wirksam werden usw. Darüber hinaus ist der tatsächliche Erfolg bei der Umsetzung von Anpassungsstrategien zu analysieren, und wo möglich, quantitativ zu erfassen, ebenso sind förderliche und behindernde

Faktoren bezüglich der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sowie Erfolgsbedingungen für erfolgreiche Anpassung zu identifizieren.

Insbesondere erscheint es erstrebenswert, das Potenzial internationaler Vergleiche besser auszuschöpfen, indem erfolgreiche Strategien auf ihre generellen Erfolgsfaktoren analysiert werden, um sie in den lokalen Kontext einbetten zu können.

3.3.2.4 Operationalisieren von Handlungsempfehlungen

Bei Aktivitäten, die ein Teil von Action Research sein können, geht es vor allem darum, Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen, aber auch Empfehlungen auszusprechen und Hilfestellungen bei der Entscheidungsfindung und begleitend zu den Maßnahmen zu bieten. Damit wird auch Capacity Building zum integralen Bestandteil von Forschungsprojekten. In dem sich formierenden Aufgabengebiet des „Knowledge Brokers“ können wichtige Synergien zwischen Wissenschaft und Politik/Anwendung geschaffen werden. Dieses bedarf aber auch der entsprechenden, kritischen Beleuchtung.

3.3.3 Monitoring, Dokumentation

Anpassungsmaßnahmen erfolgen teilweise in aller Stille auf der privaten Ebene, teilweise nach Gemeinderatsbeschlüssen oder auf höheren Ebenen. In Hinblick auf die Notwendigkeit, voneinander zu lernen, werden Konzepte zur Dokumentation von Anpassungsmaßnahmen und zur Messung und Bewertung der Zielerreichung von Anpassungsmaßnahmen gebraucht. Dies gilt insbesondere, wenn auch Anpassungsmodellregionen entstehen, für die es gilt, generelle und spezifische Handlungskonstellationen zu berücksichtigen, auch in Hinsicht auf ein mögliches Upscaling.

3.4 Forschungsbereich IV: Mitigation

Die Verringerung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und die Erhöhung der Speicherung von Treibhausgasen im Boden und der Biomasse sind die wichtigsten anthropogenen Beiträge zur Stabilisierung des Klimas. Zur Erreichung des im Pariser Klimaabkommen festgelegten Ziels, den Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, ist der Übergang zu nahezu treibhausgasemissionsfreien Industrieländern bis Mitte des Jahrhunderts unerlässlich.

Zudem soll in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ein globales Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken erreicht werden.

Dies wird Handlungen in folgenden für effektiven Klimaschutz essenziellen Feldern erfordern: Suffizienz, Steigerung der Energieeffizienz, Umstieg auf kohlenstoffarme Energieträger (typischerweise erneuerbare), Treibhausgasreduktionen der nichtenergiebedingten Emissionen (vor allem Land- und Forstwirtschaft) sowie eine Erhöhung der Senkenkapazität.

In allen Bereichen ist Forschungsbedarf gegeben, sowohl hinsichtlich naturwissenschaftlich-technischer Aspekte als auch, und vor allem, hinsichtlich sozioökonomischer Fragen, wobei die einen jeweils im Kontext der anderen und umgekehrt zu betrachten sind; dies umfasst auch Fragen des Lebensstils und von gesellschaftlichen und individuellen Werten (s. auch Kapitel 3.5.1).

3.4.1 Technologieentwicklung und Minderungsoptionen nach Sektoren

Eine Bewertung der Bedeutung von Mitigationsmaßnahmen kann nicht durch ihre technischen und betriebswirtschaftlichen Charakteristika allein erfasst werden.

Etwa zwei Drittel der globalen sowie der österreichischen Treibhausgasemissionen gehen auf die Nutzung fossiler Energieträger zurück, und damit auf ein zentrales Element des gegenwärtigen ökonomischen Systems. Für die Analyse des Energiesystems und Änderungsoptionen ist die Frage nach wohlstandsrelevanten Energiedienstleistungen (temperierte Wohnung, Mobilität etc.) relevant. Bisherige Untersuchungen dazu sollten intensiviert und vor allem modellgestützt weiterentwickelt werden.

Eingriffe in das Energiesystem wirken sich in vielfältiger Weise auf Wirtschaftssektoren sowie öffentliche und private Haushalte aus. Allgemeiner gesprochen können sich neue Technologien nur verbreiten, wenn sie von der Gesellschaft akzeptiert werden – gleichzeitig kann die Einführung einer neuen Technologie auch gesellschafts- und wirtschaftstransformierenden Charakter haben.



Abb. 9

Erneuerbare-Energie-Technologien wie Solar- und Windenergie sowie Biomasse verändern z. B. die Kulturlandschaft, sie erfordern neue Spezialisten und Spezialwissen, sie führen zu Änderungen in den Energieimporten und damit den geopolitischen Abhängigkeiten, und sie verändern die Steuereinnahmen und Förderstrukturen. Durch ihren dezentralen Charakter verändern sie räumliche und institutionelle Strukturen von Wirtschaft und Gesellschaft. Ihre Verbreitung erfordert andere Infrastrukturen und führt zu anderen Mustern von Produktion und Konsum als zentralisierte Stromerzeugungstechnologien wie Fossil- oder Nuklearenergie (siehe auch Forschungsbereich V).

3.4.1.1 Technologieentwicklung

Im Rahmen des Science Plan beschränkt sich die Technologieentwicklung auf die Beobachtung des Status quo und von Zukunftstrends v. a. im Bereich der Energienachfrage (für Wohnen, Mobilität, Produktion etc.) und der Energiebereitstellung – und deren Bewertung im Hinblick auf die gesellschaftliche Transformation sowie gesellschaftliche Risiken (auch: Geoengineering), nicht auf Forschung und Entwicklung im Bereich klimafreundlicher Technologien (Mitigationstechnologien) selbst. Diese sind im Rahmen des Strategieprozesses „Dialog Energiezukunft 2050“ unter Federführung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) in einem Parallelprozess analysiert worden; die Ergebnisse sind zu denen des Science Plan komplementär.

Der Science Plan schließt jedoch Fragen des Potenzials erneuerbarer (eventuell auch alternativer) Energien unter sich ändernden Klima-, Wirtschafts- und sozialen Bedingungen ein, ebenso Fragen der Steigerung der Energieeffizienz und landwirtschaftlicher Technologien.

3.4.1.2 Lock-in-Effekte

Da Technologien sich weiterentwickeln, besteht stets die Gefahr, dass Mitigationsmaßnahmen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt als optimal gelten konnten, in der Folge eine Belastung darstellen, weil bessere Technologien mehr TGH-Emissionen einsparen würden, das Ende der Lebenszeit der Vorgängertechnologie aber noch nicht erreicht ist. Konzepte zu finden, wie solche Lock-in-Effekte vorausgesehen und nach Möglichkeit vermieden werden können, ist eine wichtige Aufgabe.

3.4.1.3 Rebound-Effekt

Auf der individuellen Ebene, aber sehr stark vom Wirtschaftssystem angetrieben, ist der sogenannte Rebound-Effekt angesiedelt – die Tatsache, dass Einsparungen (die sich auch monetär niederschlagen) auf der einen Seite sehr häufig auf der anderen mehr als kompensiert werden. Dies betrifft Energie und auch THG-Emissionen. Der Rebound-Effekt wurde bereits intensiv untersucht, für weitergehende Forschung sind Lösungsoptionen, die Zusammenhänge mit gängigen Lebensstilen und dem vorherrschenden Wachstumsparadigma herstellen, ein wichtiger Aspekt.

3.4.1.4 Energieerzeugung und -nachfrage; natürliche Ressourcen

Die Datenlage im Energiebereich ist unzureichend: Räumlich hochaufgelöste Daten zu physikalischen, technischen, ökonomischen und nachhaltigen Potenzialen erneuerbarer Energieträger werden ebenso benötigt wie kontinuierlich aktualisierte Datenbanken zur Kostenentwicklung dieser Technologien. Ebenso erforderlich sind Szenarien unter unterschiedlichen Fördervarianten bzw. Optionen zur Herstellung von mehr Kostenwahrheit (Internalisierung externer Kosten etc.). Untersuchungen zum Themenkomplex

Energieerzeugung- und -nachfrage erfordern die Konsolidierung von Modellansätzen und empirische Studien, um politische Entscheidungen besser vorbereiten zu können.

Das umfasst Arbeiten zu technischen und institutionellen Barrieren gegenüber Verbesserungen der Energieeffizienz oder den Möglichkeiten, den in Zukunft erwarteten Elektrizitätsbedarf einzugrenzen bzw. nachhaltig abzudecken, oder zu Kosteneffekten und Sozialverträglichkeit verschiedener Systeme, die einen Umstieg auf erneuerbare Energiequellen forcieren (Förderungen, Ordnungsrecht, fiskalische Maßnahmen

Eine Ausweitung der Energie-Transformationsforschung inklusive systematischer Vergleiche der Resultate von Modellen und Energie- und Emissionsszenarien (z. B. Benchmarking und Multi-Modell-Vergleiche, Analyse der Resultate von Szenario-Ensembles) könnte Forschungsergebnisse wesentlich robuster machen und damit die Kreditibilität erhöhen.

Zur möglichen Bedeutung potenziell disruptiver Technologien für die Energiewende, wie speicherintegrierte Elektromobilität, autonomes Fahren, hocheffiziente europäische Gleichstromnetze, Innovationen in der Nachfrage wie z. B. Demand-side-Management, Energiedienstleistungsfirmen und Mobilitätsdienstleistungen sind ebenso zu untersuchen wie Fragen der öffentlichen Akzeptanz, z. B. von Smart-Grid-Technologie und allgegenwärtiger Fernerkundung (Ubiquitous Sensing).

Der Zusammenhang von Energie- und Klimazielen mit anderen energiepolitischen Zielsetzungen auf nationaler, EU- und internationaler Ebene (Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit und Leistbarkeit) ist ebenfalls besser zu beleuchten.

3.4.1.5 *Mobilitätssysteme und -verhalten*

Etwa ein Viertel der Treibhausgasemissionen in Österreich und weltweit stammt aus dem Verkehr. Emissionsminderungsmaßnahmen können durch unterschiedliche Maßnahmen erreicht werden:

Vermeidung der Entstehung von Mobilitätswängen durch entsprechende Siedlungsstrukturen, Regulierung und Verkehrsplanung, technische Maßnahmen, „Soft Measures“ wie z.B. Information, Erziehung, ökonomische Anreize und fiskalische Maßnahmen.



Abb. 10

In allen Bereichen gibt es erprobte Maßnahmen, aber auch noch offene Forschungsfragen. Zu diesen gehören auch Fragen nach Zielerreichungsanalysen sowie Aspekte der Akzeptanz von Maßnahmen. Neue technologische Entwicklungen – wie etwa autonomes Fahren, Sektorkoppelung (E-Mobile als temporäre Stromspeicher) – in Kombination mit anderen Trends, etwa Sharing, sollten untersucht werden.

3.4.1.6 *Landnutzung und Raumstruktur*

Als Problemkreise, die keinem Wirtschaftssektor direkt zuzuschreiben sind, sind Landnutzungs- und Raumordnungsfragen und solche der Raumstruktur derzeit nicht im Fokus

von einschlägigen Forschungsvorhaben. Zu den zu untersuchenden Fragestellungen gehören auch Governance und Entscheidungsstrukturen. Für das Problem Klimawandel sind systematische Wechselwirkungen in der Landnutzung, Landnutzungsänderungen (Land Management, Land Use Intensity) versus Land Cover Change oder daraus folgende Treibhausgasbilanzen (Quellen und Senken) wesentlich. Mit verbesserten Informationsgrundlagen könnten auch Kosten und Potenzial der Treibhausgasminderung durch Landnutzungsänderungen genauer abgeschätzt werden. Der Zusammenhang zwischen Bevölkerungswachstum, Migration, Landflucht, Verstädterung und Klimaschutz ist zudem unzureichend untersucht. Bei entsprechenden Vorhaben sind auch die Bedeutung des Wertes des Eigentums und damit in Zusammenhang stehende Verteilungsfragen zu berücksichtigen.

Entscheidungen im Bereich der Raumplanung haben oft sehr langfristige Wirkungen und können großen Einfluss auf Verkehrsemissionen oder den Ressourcen- und Flächenverbrauch haben. Vergleichende Studien der sehr unterschiedlichen gesetzlichen Grundlagen und Handhabung in unterschiedlichen Gemeinden, Regionen und Staaten bieten gute Möglichkeiten, übertragbare Best-Practice-Beispiele zu finden und aus diesen zu lernen.

3.4.1.7 *Land- und Forstwirtschaft*

Land- und Forstwirtschaft können durch die Art der Bodenbearbeitung (z. B. Biolandwirtschaft statt konventioneller), durch die Waldbewirtschaftung (z. B. Rodungen und Umtriebszeiten) und durch die Bereitstellung von Biomasse zur energetischen Nutzung Wesentliches zur Mitigation beitragen. Als Gegenstand zukünftiger Forschung bieten sich in diesem Zusammenhang Wechselwirkungen

zwischen Bioenergie sowie biogenen Rohstoffen für stoffliche Anwendungen (Bioökonomie, Bauindustrie, Papierindustrie etc.) und C-Bilanz von Land- und Forstwirtschaft an sowie die Frage, wie C-Vorteile pro Hektar von Bewirtschaftungsformen wie Biolandwirtschaft ihren Nachteilen durch höheren Flächenbedarf gegenüberstehen. Die Minderung von THG-Emissionen bei der Produktion von tierischen Produkten (v. a. Fleisch und Milchprodukte) und der Zusammenhang mit Bemühungen des Tierschutzes und der Tiergesundheit (auch vor dem Hintergrund sich ändernder klimatischer Bedingungen und einer möglichen Ausbreitung neuer vektorübertragenen Krankheiten) sind offene Forschungsthemen.

Auch Änderungen aufseiten der Nachfrage nach Nahrungsmitteln (Bedeutung von veganem oder vegetarischem Lebensstil, Nachfrage nach Regionalität und Bioprodukten; Relevanz von Ökobilanzen von Produkten bei der Auswahl durch KonsumentInnen etc.) sollten systematisch erhoben werden. Effiziente und effektive Möglichkeiten der Vermeidung von Lebensmittelabfällen über die ganze Wertschöpfungskette sollten besser untersucht werden.



Abb. 11

Nicht zuletzt ist die Landwirtschaft durch den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen stark betroffen. Hier öffnet sich auch in Zusammenhang mit Fragen der Ernährungssouveränität und -sicherheit im Klimawandel ein breites Forschungsfeld.

3.4.1.8 Infrastruktur und ihre Rolle für den Ressourcenverbrauch

Die Infrastruktur bestimmt in vielfältig Weise den Ressourcenverbrauch und die Treibhausgasemissionen, und sie ist darüber hinaus mitbestimmend für Lebensqualität und Lebensstil. Insbesondere langlebige Infrastruktur (etwa im Bereich Mobilität) kann Lock-in-Effekte bewirken und einer Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft und Gesellschaft entgegenstehen.

Systematische Bestandserhebungen von Infrastruktur, mögliche Szenarien zu deren Umbau in Richtung einer klimafreundlichen Infrastruktur inkl. Finanzierungsbedarf und möglicher Barrieren sind bisher wenig untersucht. Der Resilienz von Infrastruktur gegenüber extremen Wetterereignissen und deren Folgen kommt besondere Bedeutung zu. Nur für einzelne Infrastrukturen gibt es derzeit einschlägige Untersuchungen in Österreich.

3.4.1.9 Gebäude

Vergleichsweise gut untersucht ist der Gebäudebestand, aber insbesondere für Nichtwohngebäude und deren Energieverbrauch ist eine Verbesserung der Datenlage notwendig. Die Überwindung von bestehenden Barrieren bei der thermischen Sanierung und der Umstellung von Heizungssystemen sollte untersucht werden.

Letzteres gilt insbesondere für urbane Bereiche mit hoher Bevölkerungsdichte und einer hohen Anzahl historischer und denkmalgeschützter Objekte.

Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in Richtung kostengünstigere Systeme, welche die Sanierung von Gebäuden bei durchgehender Bewohnung ermöglichen, könnten die Sanierungsrate von Gebäuden wesentlich erhöhen.



Abb. 12

3.4.1.10 Finanzsektor

Die Bedeutung des Finanzsektors für den Umbau des Wirtschaftssystems in Richtung einer nachhaltigen und klimafreundlichen Wirtschaft ist in Österreich wenig untersucht. Dies betrifft einerseits die Mobilisierung von öffentlichem und v. a. privatem Kapital für den Umbau der Infrastruktur inkl. Gebäude (Crowd Investing, Green Bonds, PPP-Modelle). Andererseits sind das Thema Divestment (Abzug von Kapital aus klimaschädigenden Veranlagungen), seine Bedeutung und seine Folgen für Österreich wenig untersucht.

3.4.1.11 Industrie

Dem weiten Spektrum der Industrie in Österreich entsprechend, stellen sich sehr unterschiedliche Forschungsfragen. Technologische Maßnahmen zur Effizienzverbesserung sind ebenso gefragt wie organisatorisch-logistische, worunter Fragen zur Organisation von Prozessketten (Stichwörter Just-in-time-Fertigung, „Landstraße als Lager“)

und Transportlängen in Produktionsketten fallen. Auch sind Aspekte der Ressourceneffizienz und der Zusammenhang mit dem Kreislaufwirtschaftspaket der EU-Kommission wesentlich, nicht zuletzt deshalb, da der Einsatz sekundärer Brenn- und v. a. Rohstoffe zentrale Möglichkeiten zur Minderung von THG-Emissionen bietet.

Entsprechende Zusammenhänge – auch mit Produktdesign sowie der Lebensdauer und Reparierbarkeit von Produkten – sollten ebenso wie die Potenziale und Auswirkungen der weiteren Digitalisierung und Roboterisierung der Industrie (Industrie 4.0) auf die Klimabilanz der Produktion untersucht werden.

Auch sollten ein Umstieg auf erneuerbare Rohstoffe („Bioökonomie“), dessen mögliche Auswirkungen auf die Klimabilanz sowie etwaige negative Umwelteffekte durch eine erhöhte Nachfrage nach biogenen Rohstoffen untersucht werden. Zweifellos kann die Industrie ambitionierte Klimaziele nur mit technologischen Durchbrüchen erreichen. Für den Umstieg auf grundlegend neue Verfahren, vor allem in der energieintensiven Industrie, ist Planungssicherheit eine wichtige Voraussetzung.

Dabei ist auch auf Möglichkeiten der Vermeidung von Prozess-Emissionen (nicht-energiebedingte THG-Emissionen, die bei derzeitigen Technologien etwa in der Zement- und Roheisenerzeugung in nicht unerheblichem Ausmaß entstehen) abzielen. Hier sind neben der Frage neuer Technologien (z. B. Direktreduktion von Eisenerz durch Wasserstoff) auch alternative Werkstoffe und deren ökologische und ökonomische Auswirkungen zu untersuchen.

Szenarientwicklungen für Österreichs Weg zur Low Carbon Society, auf Basis derer belastbare Rahmenbedingungen ableitbar sind, werden daher gebraucht (siehe Abschnitt 3.5.3).

3.4.2 Politische Ebene

Technologielastige Modelle der Mitigation können nur bedingt Auskunft über die Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels geben und darüber, welche Schritte in welche Richtung zu unternehmen sind, um mittel- bis langfristig eine Transformation dorthin zu ermöglichen.

Daher ist eine Betrachtung gesellschaftlicher und politischer Systeme bei der Suche nach Möglichkeiten, mit der Herausforderung eines veränderten globalen Klimas umzugehen, unumgänglich. Dies ist Kern der Transformationsforschung. Hier sei nur der internationale Aspekt mit Bezug zu Österreich angesprochen.

3.4.2.1 Internationale Aspekte; Verringerung von Emissionen entlang der Wertschöpfungskette

Durch die Internalisierung der Wertschöpfungsketten führt Emissionsminderung im Inland (und somit Absinken der produktionsbasierten Emissionen) teilweise zur Zunahme von importierten Emissionen aus dem Ausland (Zunahme der konsumbasierten Emissionen). Forschungsbedarf besteht hier einerseits hinsichtlich der Wirksamkeit von nationaler und europäischer Klimapolitik zur Verhinderung der Zunahme der importierten Emissionen und andererseits in der Abschätzung der Divergenz von inländischen und importierten THG-Emissionen aus der Landnutzung.

3.4.2.2 Europäische und nationale Klimapolitik

Als Mitglied der Europäischen Union kann Österreich die EU-Klimapolitik mitbestimmen und braucht dazu eigenständige Analysen der Wirksamkeit von kurz- und langfristigen klimapolitischen Maßnahmen und Instrumenten auf nationaler und europäischer Ebene. Von Forschungsinteresse wäre z. B., wie Instrumente

ausgestaltet sein müssen, damit sie langfristig Mitigationsanreize für Unternehmen und Haushalte schaffen, und nicht nur kurzfristige Ausweichreaktionen stattfinden (vgl. auch 3.4.1.3. Rebound-Effekt).

Derartige Untersuchungen können einerseits mit sektoralen oder gesamtwirtschaftlichen Modellen erfolgen, andererseits aber auch qualitative politische und empirische soziologische Analysen sein.

3.4.3 Modelle

3.4.3.1 Modellverbesserung

Forschungsbedarf besteht hier in der Weiter- und Neuentwicklung von Modellen, die den Übergang zu einem nahezu Treibhausgasemissionsfreien Wirtschafts- und Energiesystem für mittlere und lange Zeithorizonte (2050 und darüber hinaus) transformativ abbilden können. Die erforderlichen Modelle umfassen sowohl Modelle für das Gesamtsystem als auch Modelle für einzelne Subsysteme und können auf unterschiedlichen wissenschaftlichen Paradigmen aufbauen. Die Modellentwicklung erfordert die Überprüfung und Veränderung impliziter Annahmen, beispielsweise hinsichtlich der Markteigenschaften und der Handlungsweise von Akteuren. Auch Weiterentwicklungen von Modellen und Szenarien, um mit Unsicherheiten und Variabilitäten besser umzugehen, sind gefragt.

3.4.3.2 Modellvalidierung

Auch in der sozioökonomischen Forschung gewinnt die Validierung der Ergebnisse durch Multi-Modell-Vergleich zunehmend an Bedeutung. Der Science Plan unterstützt daher Multi-Modell-Vergleiche mittels unterschiedlicher Modelle für Österreich sowie die Validierung von Modellergebnissen durch Ex-post-Analyse von Politik.

3.4.4 Wechselwirkung zwischen Mitigation und Adaptation

Mitigation und Adaptation können nicht unabhängig voneinander gesehen werden, da sie sich einerseits häufig physisch unterstützen oder widersprechen, sie aber andererseits auch vielfach auf dieselben Mittel zugreifen müssen. Es sind daher Methoden zur Optimierung von Anpassung und deren zeitgerechter Umsetzung sowie zur Verminderung von Trade-offs zwischen Anpassung und Klimaschutz und Nutzung von Co-Benefits zu entwickeln.

Auch Fragen der Notwendigkeit staatlicher Vorgaben vs. ungesteuerte private Anpassung in Hinblick auf zusätzliche Emissionen und Ressourcenverbrauch wären zu bearbeiten.

Wissenschaftliche Unterstützung bei der Gestaltung von Umsetzungsprozessen für Klimaschutz und Anpassung könnten dazu beitragen, dass EntscheidungsträgerInnen optimal aus Fehlern und Erfolgen lernen und es zu Kompetenzaufbau (Capacity Building), Wissenstransfer sowie sozialen Lernprozessen kommt.



Abb. 13

3.4.5 Kosten des Klimawandels bzw. der Klimapolitik

Angelehnt an IPCC könnte die Entwicklung integrativer Szenarien dazu beitragen, die Kosten des Klimawandels bzw. von Klimapolitik in einem konsistenten Rahmen zu analysieren, beispielsweise wie sich die Kosten des Klimawandels unter verschiedenen Mitigationszielen ändern. Erforderlich ist hierfür eine konsistente Ableitung österreichischer sozioökonomischer Szenarien aufbauend auf bestehenden nationalen und internationalen Szenarien sowie unter Einbeziehung der Betroffenen.

Die bisherigen Analysen der Kosten des Nichthandelns (Cost of Inaction) haben aufgezeigt, dass in einigen Bereichen umfassende Quantifizierungen der tangiblen und insbesondere der intangiblen Auswirkungen des Klimawandels fehlen. Für die Berücksichtigung ideeller und anderer nichtökonomischer Werte bedarf es hierfür der Entwicklung geeigneter Methoden. Von Interesse wäre auch der Einfluss sozioökonomischer Veränderungen (demografischer Wandel, Strukturwandel) im Vergleich zu Veränderungen der klimatischen Exposition.

Im Bereich Mitigation gewinnt die Frage der Co-Benefits, d. h. positiver Nebenwirkungen von klimapolitischen Maßnahmen beispielsweise für die Gesundheit (etwa durch eine Reduktion der Freisetzung von klassischen Luftschadstoffen wie Feinstaub und NO_x), aber auch auf die Versorgungssicherheit international an Bedeutung. Die Erforschung wesentlicher nationaler Aspekte stellt daher einen wichtigen Beitrag dar. Die Konsequenzen des Einsatzes unterschiedlicher klimapolitischer Instrumente (Förderungen, Ordnungsrecht, Steuern etc.) nicht nur auf THG-Emissionen,

sondern auch auf die Volkswirtschaft (sektorale Effekte, Beschäftigung, Staatshaushalt, Einkommensverteilung, Wohlfahrt etc.), wären zu analysieren. Auf der nationalen, mehr aber noch auf der internationalen Ebene ist die Rolle von politischen, ökonomischen und/oder ethischen Überlegungen bei der Verteilung von Kosten des Klimawandels und des Klimaschutzes zwischen unterschiedlich entwickelten und unterschiedlich betroffenen Regionen zu analysieren.

3.5 Forschungsbereich V: Gesellschaftliche Transformationsprozesse

Da selbst eine breite Diffusion „klimafreundlicher“ Technologien nicht ausreichen wird, um das Klimaproblem langfristig zu lösen, hat weltweit eine breite Debatte über die Notwendigkeit einer grundlegenden Transformation (oder Transition) der globalen Gesellschaften begonnen.

Dabei geht es zentral darum, ein neues Verständnis von Wohlstand und Lebensqualität (d. h. einem guten Leben im weiteren Sinne) zu entwickeln, das mit einem stark reduzierten Ressourcenverbrauch (Land, Material, Wasser, Energie) auskommt.

Dies beinhaltet einerseits eine Veränderung der derzeitigen Lebensstile (Konsumverhalten, Mobilitätsverhalten etc.), verbunden mit einer Verschiebung im Wertesystem, und andererseits eine Abkehr von konventionellen Produktionsstrukturen sowie von traditionellen Wirtschafts- und Arbeitsmodellen und der Entwicklung neuer Formen der Mitwirkung. Ein solch grundlegender und einschneidender Systemübergang erfordert eine gesellschaftliche Debatte über die Frage, worin ein gutes Leben besteht oder künftig bestehen könnte, erfordert aber auch neue Formen der inter- und transdisziplinären

Forschung. Die notwendige gesellschaftliche Transformation geht weit über Fragen des Klimawandels hinaus, doch ist eine strenge Abgrenzung nicht möglich. Der Science Plan konzentriert sich auf die klimanahen Themen, kommt aber nicht umhin, grundsätzlichere Fragen auch anzusprechen, da der Forschungsbedarf hier noch sehr groß ist. Ein systemischer Zugang könnte hohes Transformationspotenzial haben, und Fortschritte hier könnten die Voraussetzung für die erfolgreiche Bearbeitung der engeren, klimarelevanten Fragen sein.

Die Herausforderung für die Forschung besteht darin, einerseits die vertretbaren Schwellenwerte im Ressourcenverbrauch zu erkunden (vornehmlich durch die Naturwissenschaften), andererseits politische und gesellschaftliche Optionen für die Transformation zu einer Low Carbon Society mitzuentwickeln (vornehmlich durch Wirtschafts- und Sozialwissenschaft). Dabei sind sowohl rasch wirksame kleine Schritte als auch langfristig angelegte Konzepte und Strategien relevant. Diese können nur dann tragfähig sein, wenn sie die ganze Breite des Problems erfassen.



Abb. 14

Das beinhaltet insbesondere auch kulturelle, soziale, politische, institutionelle und ökonomische Fragestellungen, die zu den gegenwärtigen nicht-nachhaltigen Mustern der Ressourcennutzung geführt haben und ihre Perpetuierung antreiben. Hinzu kommt, dass sowohl bei kleinen Schritten, besonders aber bei großen Transformationskonzepten deren politische Machbarkeit erforscht und ihre Umsetzbarkeit in die Praxis verbessert werden muss.

3.5.1 Nachhaltige Gesellschaft

3.5.1.1 Erforschung ökologisch und sozial nachhaltiger Lebensweisen

Klimapolitik und Nachhaltigkeit fordern Änderungen in der Produktions- und Lebensweise der industrialisierten Länder, da die damit verbundenen Ressourcenverbräuche (im Konsumverhalten, Mobilitätsverhalten etc.) nicht auf neun bis elf Milliarden Menschen verallgemeinerbar sind. Damit stellt sich die Frage nach den materiellen Grundlagen eines erstrebenswerten „guten Lebens“.

Die Forderung nach Steigerung oder mindestens Erhalt des Wohlstandes bedarf einer grundlegenden Debatte über die materiellen Bedingungen von Wohlstand und Lebensqualität und setzt einen breiten Diskurs über die Werte der Gesellschaft und deren materielle Implikationen (Ressourcenverbrauch, Carbon Footprint etc.) voraus. Daran anknüpfend können Indikatoren für Wohlbefinden und Lebensqualität abgeleitet werden, die helfen, den Transformationsdiskurs zu begleiten. Klimarelevante Lebensstil- und Verhaltensänderungen können zum Beispiel geringeren Konsum von tierischen Proteinen, eine Verschiebung von material- zu dienstleistungsorientiertem Konsum, reduzierte und verlangsamte Mobilität oder Zeitwohlstand umfassen.

Sie alle haben Auswirkungen auf die Nutzung des Raumes und der materiellen Ressourcen und implizieren einen Kulturwandel. Lebensstil- und Verhaltensänderungen sind damit wichtige Elemente einer gesellschaftlichen Transformation.

3.5.1.2 Werte in der Gesellschaft

Gesellschaftlichen Entscheidungen liegen Werte und Wertesysteme zugrunde, die ihrerseits von gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen beeinflusst werden. Hinsichtlich der Fragestellung, wie eine gesellschaftliche Transformation gelingen kann, gewinnen Begriffe wie Lebensqualität, Umwelt- oder Klimagerechtigkeit, Mitwirkung, insbesondere an relevanten Diskursen, stark an Bedeutung. Die zunehmende Wahrnehmung sowie der Bedarf an anderen Wertesystemen spiegeln sich auch in den Bemühungen um Maßzahlen wie Beyond-GDP oder Happiness-Index usw. wider. Dieser Bedarf ist auch auf politischwirtschaftlicher Ebene erkennbar.

3.5.1.3 Zukunftsbilder ressourcensparender Menschen/Gesellschaften

Es fehlt an konkreten, wissenschaftlich abgesicherten Vorstellungen, wie eine kohlenstoffneutrale Gesellschaft aussehen kann. Was werden die Menschen essen, arbeiten, in ihrer Freizeit tun, wie werden sie wohnen, sich zu welchem Zweck fortbewegen etc. Diese Fragen stellen sich natürlich nicht nur in den industrialisierten Ländern, sondern weltweit und im Zusammenspiel unterschiedlicher Lebensweisen und großer Unterschiede im Ressourcenverbrauch. Bei derartigen Überlegungen ist zu beachten, dass die neue Gesellschaft nicht sozusagen auf der grünen Wiese aufgebaut wird.

Bestehende physische, ökonomische und soziale Strukturen und vor allem Infrastrukturen (z. B. in der Mobilität) beeinflussen das individuelle Verhalten in erheblichem Maße und müssen daher für eine ressourcensparende Lebensweise angepasst werden. Die partizipative Erarbeitung von Zukunftsbildern ist essenziell für deren gesellschaftliche Akzeptanz.

3.5.1.4 Sozioökonomische Herausforderungen der Transformation

Bei der Diskussion über die Transformation der Gesellschaft hin zu einer klimafreundlichen bzw. einer nachhaltigen Gesellschaft ist es insbesondere aus wissenschaftlicher Sicht notwendig, eine Vielzahl von Aspekten zu betrachten: vom Geld- und Finanzsystem über ökonomische Konzepte und Modelle, die Rolle von politischen Konjunkturzyklen vs. langfristige Politikerfordernisse bis hin zu Arbeitsmodellen und dem Rechtswesen.

Auch wenn kurzfristige Lösungen an die vorherrschenden Konzepte und Paradigmen gebunden sind – die mittel- und langfristigen Lösungen werden Veränderungen bringen müssen.

Die Wissenschaft ist aufgerufen, hier als Vordenker neue Wege zu erkunden und wissenschaftlich zu begleiten. Im Grenzbereich zwischen Wirtschafts- und Sozialwesen stehen Arbeitsmodelle.

Diese für die Transformation ganz zentrale Frage ist noch wenig bearbeitet: Neben der Erwerbsarbeit werden auch andere Formen der Arbeit (z. B. Care Work) künftig an Bedeutung gewinnen, und Fragen wie bedingungsloses Grundeinkommen stellen sich neu.

3.5.2 Wie lässt sich eine Transformation gestalten?

Die Transformation zu einer klimafreundlichen Gesellschaft muss vor dem Hintergrund vielfältiger ökonomischer, technischer und rechtlicher Prozesse gestaltet werden, in deren Zentrum Globalisierung und Europäisierung stehen.

Demnach dürfen Transformationen in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft nicht unabhängig voneinander betrachtet und die Herausforderung einer im weiteren Sinne politischen Gestaltung ernst genommen werden: Welche Institutionen und Prozesse sind dafür geeignet, welche sind vorhanden, welche müssten neu geschaffen werden? Welche Rechtsinstrumente werden gebraucht?

Die Beiträge einzelner Sektoren zur Erreichung des Klimaziels sind ohne Zweifel wichtig, es müssen jedoch z. B. bei der Transformation des Energiesystems die Auswirkungen auf andere Sektoren wie auch die Abhängigkeiten und Machtverhältnisse zwischen ihnen berücksichtigt werden. Das politische System steht damit vor erheblichen Herausforderungen und muss seine Rolle in der Gesellschaft als Ganzes neu definieren, da andere Akteure und Prozesse an Bedeutung gewinnen werden.



Abb. 15

3.5.2.1 *Bildung und Medien*

Ob Klimaschutzmaßnahmen durchgeführt werden bzw. ob gesellschaftliche Transformation stattfindet, hängt von den jeweiligen Risiken, Kosten und Nutzen, aber auch von sozialen, kulturellen und politischen Faktoren ab. Für eine umfassende und effektive Erstellung wie auch Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse zur Beratung im Klimaschutz ist eine Kombination von effektiver Klimapolitik und von Bottom-up-Initiativen erforderlich, deren Grundlage eine informierte und engagierte Öffentlichkeit sein muss. Daraus ergeben sich verschiedene Herausforderungen für die Forschung:

Als zielführend erscheint die Einbettung der globalen gesellschaftlichen Herausforderungen, einschließlich des Klimawandels, in den Curricula von Schulen und Universitäten, zugleich aber auch in die Ausbildung der LehrerInnen und die Weiterbildung der Universitätslehrenden. Fragestellungen ergeben sich hinsichtlich der praktischen Umsetzung, die von pädagogischen Konzepten der Wissensvermittlung, einschließlich der in Kapitel 2.2. behandelten Themen, begleitet werden soll. Motivationsforschung und Beforschung von Werthaltungen spielen hier ebenfalls hinein.

Von wissenschaftlicher Seite gilt es hinsichtlich der Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit z. B. die endogenen und exogenen Faktoren, die für eine bessere Verankerung des Themas und der wissenschaftlichen Erkenntnisse in der öffentlichen Meinung wesentlich sind, zu identifizieren. Fragen zu den zentralen AkteurInnen, die letztlich dafür entscheidend sind, ob Klimapolitik effektiv oder ineffektiv ist, stehen ebenfalls in diesem Zusammenhang. Dies betrifft einerseits Fragestellungen zu traditionellen Medien, andererseits zu

den Social Media, deren Wirksamkeit anderen Gesetzmäßigkeiten folgt und hinter denen andere Interessensstrukturen stehen. Auch die Dynamik all dieser Faktoren und Netzwerke ist von großem Interesse, da letztlich auch die Selbstwahrnehmung der Gesellschaft von großer Relevanz ist.

Wichtige Komponenten in der Interaktion zwischen Wissenschaft und Politik sind der handlungsorientierte Umgang mit und die Kommunikation von Risiken und Unsicherheiten (Wissenschaft zu Politik) einerseits und das Verständnis für politische Notwendigkeiten (Politik zu Wissenschaft) und für den Ablauf der Koordination von Klimapolitik vor dem Hintergrund von Medien-, Interessens- und Machtstrukturen andererseits. Forschung auf diesen Gebieten könnte zur Verbesserung der Wissensbasis von politischen Entscheidungen beitragen.

Ein besonderes Thema ist die Analyse der Ursachen und die Entwicklung von Strategien für den Umgang mit LeugnerInnen des Klimawandels. Diese Frage spielt sich auf zwei Ebenen ab: der rein klimawissenschaftlich fachlichen, die in der Regel mit vorhandenem Wissen bedient werden kann, in Einzelfällen aber neue Forschungsfragen aufwirft, und der Motivationsebene, auf der politikwissenschaftliche, soziologische und psychologische Fragen zu beantworten sind.

3.5.2.2 *Entscheidungsfindung in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft*

Die Problematik des Klimawandels reicht in alle politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereiche hinein und sollte nicht separat von diesen behandelt werden. Es wurde vermehrt festgestellt, dass allein das Zurverfügungstellen von wissenschaftlichen Fakten nicht automatisch Umdenkprozesse auslöst und politische

Entscheidungen selten basierend auf diesen Fakten getroffen werden. Machtverhältnisse und die aktuell dominierenden Wirtschaftsmodelle stehen oft diametral zu Entscheidungen, welche den Konsequenzen des Klimawandels entgegenzuwirken bzw. die Auslöser zu minimieren versuchen.

Die zumeist kurzfristig ausgerichtete Planung in Politik und Wirtschaft steht im Widerspruch zu den Zeitspannen, in denen sich das globale Klima verändert und beeinflussen lässt. Damit kann sich die Klimawandelforschung nicht zufriedengeben, vielmehr erweitert sich das Aufgabenfeld. Erkenntnisse aus den Sozialwissenschaften können zur Erklärung dieser Entscheidungsfindungsprozesse auf allen Ebenen, bis hin zum Individuum, beitragen und somit die Akzeptanz und Relevanz wissenschaftlicher Klimaforschung in allen Bereichen erhöhen.

Die Jurisprudenz ist aufgerufen, sich mit der Frage auseinanderzusetzen, wie angemessene Gesetzgebung und Rechtsprechung in Österreich, der EU und auf der globalen Ebene ihren essenziell nötigen Beitrag zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel in Zukunft besser leisten können.

3.5.2.3 Integration von Klimapolitik in andere (alle) Politikfelder

Die Integration von Klimapolitik in andere Politikfelder (v. a. Energie, Verkehr, Land- und Forstwirtschaft) auf nationaler Ebene (Bund, Länder, Gemeinden) und in politische Entscheidungsprozesse ist ein Vorgang, der durch Forschung beschleunigt werden kann, allerdings durch die Machtverhältnisse innerhalb und zwischen den Politikfeldern tangiert wird. Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Instrumenten und Maßnahmen (z. B. Instrumente

der Klimapolitik, der Gesetzgebung und der Rechtsprechung, Koordinationsprozesse wie z. B. Klimastrategie, Klimaschutzgesetz, aber auch andere nachhaltigkeitsrelevante Strategien wie z.B. zur Bioökonomie) und die bessere Nutzung von Synergien und Verhinderung von Trade-offs sind hier zu beachten.

Wirksamkeitsanalysen bestehender und innovative politische Instrumente wie auch das Monitoring entsprechender Maßnahmen sind vonnöten. Auch die Erfassung langfristiger Folgen zur Ermöglichung von Lernprozessen erfordert die wiederholte Betrachtung der Instrumente.

3.5.2.4 Institutionen und Governance

Ein besseres Verständnis der politischen und gesellschaftlichen Institutionen sowie der Governance-Strategien ist zentral für die Verbesserung der Gestaltungspotenziale in der Gesellschaft. Dabei spielen sowohl horizontale als auch vertikale Verflechtungen zwischen sehr unterschiedlichen Akteuren aus Behörden, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eine Rolle. Vergleichende Studien zum besseren Verständnis von Abläufen und Strukturen, die Rolle nicht-staatlicher Akteure (NGOs, NPOs, Bottom-up-Initiativen CSR in der Wirtschaft) sowie institutioneller Innovationen sind wichtige Aspekte dieses Themenkomplexes.

Fragen der Verantwortung für den Klimaschutz, inwieweit sie Haushalte, Wirtschaft, NGOs, staatliche Einrichtungen etc. einbezieht, sind hier von hoher Relevanz. Um diese Verantwortung wahrzunehmen, bedarf es mitunter auch der Schaffung entsprechender rechtlicher und finanzieller Rahmenbedingungen, die auch für sich ein weiteres wichtiges Untersuchungsfeld darstellen.

3.5.2.5 Identifikation von Barrieren und fördernden Faktoren

Klimapolitischer Fortschritt und Transformation hängen wesentlich an der Beseitigung von Barrieren und dem Angebot an fördernden Faktoren bzw. an einem Umfeld, das klimapolitische Innovationen zulässt, einschließlich ihres möglichen Scheiterns.

Unterstützt werden kann die gesellschaftliche Transformation unter anderem durch die Anpassung gesellschaftlicher Anreizsysteme sowie der Steuer- und Rechtssysteme (national und international) und die Schaffung neuer Institutionen. Eine wichtige Rolle hierbei spielt die Erzeugung, Bereitstellung und Verbreitung von Informationen und Problembewusstsein. Durch die öffentliche Diskussion von Werten und die Vermittlung des gesellschaftlichen Konsenses kommt dem öffentlichen Raum – und hier insbesondere Medien und dem Bildungssektor – eine besondere Bedeutung zu.

3.5.2.6 Best-Practice-Analysen, historische Transitionen

In der derzeitigen Phase des Umbruchs gibt es viele verschiedene Ansätze und Versuche – nicht alle können erfolgreich sein, aber man kann aus allen lernen. Auch historische Betrachtungen großer Transitionen der Vergangenheit (z. B. Entwicklung der Nahversorgung und deren Ursachen) könnten Aufschluss über notwendige und hinreichende Bedingungen für Transitionen liefern. Relevant wäre auch das Verständnis, wie Diffusions- und Lernprozesse über Ländergrenzen hinweg erfolgen, wo Potenziale und Grenzen liegen. Die Wissenschaft ist aufgerufen, die stattfindenden Versuche gesellschaftlicher Transformation genau zu beobachten, zu analysieren und wissenschaftlich zu begleiten.

Dazu gehört es, geeignete Indikatoren zu definieren, die Veränderungen der wissenschaftlichen Analyse zugänglich machen, und mitzuwirken an deren Implementierung in der Praxis.

3.5.2.7 Paradigmenwechsel in der Wissenschaft

Der in Kapitel 2.1. beschriebene Paradigmenwechsel in der Wissenschaft wirft selbst Forschungsfragen auf. Dazu gehört auch die Analyse impliziter Wissenschaftskulturen, welche die Klimaforschung aber auch die Wissenskommunikation beeinflussen. Es gilt, diese explizit zu machen, in ihrer Wirksamkeit zu analysieren und gegebenenfalls zu hinterfragen.

Bei der in der Klimawandelforschung – und noch mehr in der Transformationsforschung – unerlässlichen interdisziplinären und transdisziplinären Forschung stoßen unterschiedliche Wissenschaftskulturen aufeinander. Zur Konsolidierung und als gemeinsames Forschungsobjekt sind z. B. neue Methoden im Umgang mit Unsicherheiten von Bedeutung.

3.5.3 Szenarien und Entwicklungspfade

Aus den o. a. Bestandteilen sollten letztlich Szenarien und Entwicklungspfade in unterschiedlichem Detailgrad und Zeitskalen entwickelt werden, die der gesellschaftlichen Diskussion zugänglich gemacht werden. Dazu ist u. a. noch Methoden- und Modellarbeit zu leisten. So könnte z. B. auf Methoden der partizipativen Szenarientwicklung zurückgegriffen werden, um Änderungsbedarf und Optionen mit EntscheidungsträgerInnen zusammen zu entwickeln und zu bewerten.

3.6 Inter- und transdisziplinäre Themenbereiche

Dieses Kapitel beleuchtet Querschnitts- und Schwerpunktthemen aus der Perspektive möglicher und notwendiger inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit.

3.6.1 Mensch-Umwelt-Theorie (als Grundlage für gesellschaftliches Handeln im 21. Jahrhundert)

Im Anthropozän hat das Verhältnis Mensch-Umwelt eine neue Dimension erreicht, die in bisherigen Theorien zur Mensch-Umwelt- bzw. Kultur-Natur-Beziehung noch nicht adäquat berücksichtigt wird. Entscheidungen bzw. Handlungen vieler Einzelpersonen werden durch Gesellschafts- und Wirtschaftsstrukturen maßgeblich geprägt und treiben über die von ihnen bedingten Muster im Ressourcenverbrauch den globalen Klimawandel an. Dieser wiederum führt zu lokalen, regionalen und globalen Folgen des Klimawandels.

Neben der Tatsache, dass der Mensch sowohl Treiber als auch Getriebener ist, ist für eine problemadäquate Konzeptualisierung wichtig, die Wechselwirkungen zwischen lokalen und globalen Veränderungsprozessen sowie die Ungleichzeitigkeit von Entscheidungen bzw. Handlungen und Wirkungen zu berücksichtigen.

Das Thema der Wechselwirkungen zwischen anthropogenen und klimabedingten Veränderungen wird auch in Kapitel 3.1.6 behandelt. Die Herausforderungen einer Begrenzung des Klimawandels auf 1,5 bis 2°C notwendigen Emissionsreduktionen sind so groß, dass ihre Erreichung essenzielle Veränderungen in den Mustern von Ressourcennutzung bzw. großtechnische Minderungsmaßnahmen erfordern dürfte,

die tiefgreifende Konsequenzen für Wirtschaft und Gesellschaft haben werden.

Neben einer neuen Konzeptualisierung der Wechselwirkungen zwischen Menschen und natürlicher Umwelt bzw. Klima bedarf es auch der Entwicklung von Methoden, die diese Zusammenhänge und die damit verbundenen Wechselwirkungen in Modellansätzen abbilden können. Zum Thema Verbesserung von Modellen siehe auch Kapitel 3.1.5.

3.6.2 Indikatoren, Maßzahlen und Monitoring von nachhaltiger Entwicklung

Klimaschutzstrategien, die ausschließlich oder überwiegend Maßnahmen vorsehen, die an Kosten-Nutzen-Kriterien auf Grundlage gegenwärtiger Rationalitätskriterien (betriebs- oder volkswirtschaftliche Effizienz im derzeitigen institutionellen Rahmen) gemessen werden, sind unzureichend, um eine Transformation zu einer klimaverträglichen Wirtschaft und Gesellschaft einzuleiten.

Eine große Rolle spielen daher Indikatoren für Wohlstand und nachhaltige Entwicklung. Sie können die Transformation hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft und Wirtschaftsweise unterstützen, indem sie relevante Informationen bereitstellen und somit eine breitere Entscheidungsgrundlage schaffen.

In diesem Zusammenhang sind vor allem Indikatoren für die Nutzung biophysischer Ressourcen (Material- und Energieflussindikatoren, Landnutzung usw.), für die Verlagerung von Emissionen und Ressourcen-Inanspruchnahme zwischen Regionen (z.B. Carbon Footprint, Raw Material Equivalents) sowie neue Wohlstandsmaße (z. B. OECD Better Life Indicators; in Kapitel 3.5.1.2. werden auch Indikatoren wie Beyond-GDP oder der Happiness-Index genannt) nützlich.

Offen ist allerdings die Frage, wie dem Wunsch nach Komplexitätsreduktion – entweder durch ein Headline-Indicator-Konzept mit wenigen, ausgewählten Indikatoren oder durch zusammengesetzte Indizes (Composite Indices) – bestmöglich Rechnung getragen werden kann. Derzeit liegen für systematisches Monitoring nur Einzelindikatoren vor; hinsichtlich des Designs umfassender und gleichzeitig übersichtlicher Monitoringsysteme für Nachhaltigkeit besteht noch Forschungsbedarf.

3.6.3 Destillation von Klimainformation

WissenschaftlerInnen, PraktikerInnen und EntscheidungsträgerInnen steht eine Vielzahl von Daten zum erwarteten regionalen Klimawandel zur Verfügung: extrapolierte Beobachtungsreihen, globale Klimamodelle und verschiedenste regionalisierte Simulationen.

Die Unsicherheiten in den Projektionen sind noch hoch, verschiedene Datenprodukte widersprechen sich teilweise. Deshalb ist es essenziell, die relevanten Unsicherheitsquellen zu identifizieren und die tatsächliche Information aus den Daten zu destillieren. Modellsimulationen müssen mit ExpertInnenwissen verknüpft werden, um Unsicherheiten jenseits von Ensemblespannweiten realistisch abzuschätzen oder Aussagen über schwierig zu modellierende Größen überhaupt erst treffen zu können. Der Dialog mit den Datennutzern wird auch in Kapitel 3.1.6. thematisiert. Wie dort erwähnt, ist zudem eine wichtige Frage abzuschätzen, wie relevant der Klimawandel im Vergleich zu anderen Einflussfaktoren ist.

Ein Fokus auf Schwerpunktthemen bietet die Möglichkeit, Best-Practice-Richtlinien zu entwickeln und diese als modellhafte Beispiele für andere Regionen in Europa oder global zu nutzen. Der internationale Austausch ist auch wichtig, um

umgekehrt von anderen Regionen zu lernen. Eine wesentliche Überlegung ist, ob klimabedingte Veränderungen in Relation zu anderen sozioökonomischen Einflussfaktoren relevant sind.

3.6.4 Klimawandel im Gebirge

Gebirge, insbesondere die Alpen, haben nicht nur ausgeprägte Mikroklimata und beheimaten einzigartige Ökosysteme, sondern sind auch Lebensraum, Kulturraum, Freizeitregion, Wirtschaftsraum und Ressource. Gebirgsforschung hat in Österreich eine lange Tradition. Da die meteorologischen und klimatologischen Prozesse im Gebirge jedoch besonders komplex sind, sind noch viele Fragen offen.

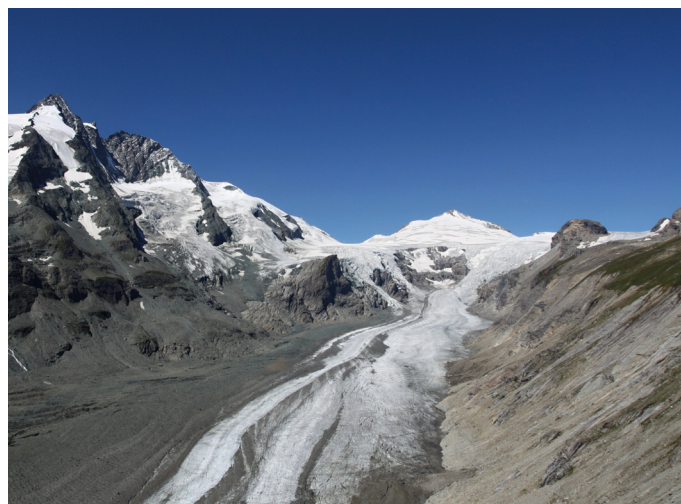


Abb 16

Dies betrifft z. B. Inversionen, Strömungs- und thermodynamische Prozesse in allen Skalenbereichen, aber insbesondere auch die Entstehung und Ausprägung von extremen Wetterereignissen. Als Extremstandorte für pflanzliches, tierisches, aber auch menschliches Leben sind Gebirge besonders empfindlich gegenüber Veränderungen. Sie eignen sich daher besonders zur Früherkennung von Folgen des Klimawandels (Mountain Ecosystems as Sentinels of Change).

Hierfür ist es besonders wichtig, die verschiedenen ablaufenden Prozesse robust zu verstehen, um Fehlattribuierungen von Ursachen der Veränderung zu vermeiden. Vor dem Hintergrund von Gebirgsklimaten wird das Thema Modellierung in Kapitel 3.1.5.2. behandelt.

Gebirge sind auch vielfältige Archive früherer Klimate (viele Erdzeitalter an Oberfläche, (Eis-) Bohrkerne) und daher für Paläoklimaforschung besonders geeignet. Sie bieten außerdem Standorte für Beobachtungs- und Messplattformen, die einerseits großräumiger repräsentativ sind, und es andererseits ermöglichen, auch im Wolkenniveau Messungen durchzuführen. Gebirge sind eine Herausforderung für Fernerkundungsmethoden; dies bietet die Möglichkeit, in Österreich Methoden zu entwickeln, die in weiterer Folge global einsetzbar sind. Fragen zur Häufigkeit von Messungen werden auch in Kapitel 3.1.4.1. behandelt, das Thema Langzeitmessungen kommt im Zusammenhang mit Gebirgen auch in Kapitel 4.1.2. vor.

Die für Gebirge kennzeichnenden kleinräumigen Klimagradienten (vor allem vertikal) bieten Möglichkeiten, die Langzeitanpassung von Organismen und Ökosystemen an das Klima zu analysieren sowie experimentell Verständnis für die Auswirkungen des Klimawandels zu gewinnen. Fragen des Monitorings werden in Zusammenhang mit dem Thema Gebirge auch in Kapitel 3.2.2.1. behandelt

3.6.5 Klima- und energieoptimierte, zukunftsfähige Städte

Stärker als bisher sollten Wechselwirkungen zwischen Klima, Ökologie des Alpenen Raums und sozioökonomischen Entwicklungen untersucht werden. Ansässige Gemeinschaften müssen hierbei sowohl als Treiber als auch als Betroffene

der Veränderungen betrachtet werden. Erarbeitete Forschungs-, Kommunikations- und Anpassungsstrategien könnten auch für andere Gebirgsregionen nützlich sein.

Städte sind Lebens- und Wirtschaftsraum, Orte intensiver sozialer Interaktion und Kulturraum. Mit zunehmender Urbanisierung gewinnen Städte an Bedeutung – auch im Hinblick auf den Klimawandel: Zum einen sind sie wesentliche Treibhausgasemittenten aufgrund der Bevölkerungszahl, der Mobilität sowie der wirtschaftlichen und industriellen Aktivität.

Sie beeinflussen zum anderen aber auch das lokale Klima in einer Weise, die einige unangenehme Eigenschaften des Klimawandels noch verstärkt. Gleichzeitig sind sie aber auch Hoffnungsträger für Emissionsreduktionsmaßnahmen, vor allem durch technologischen Fortschritt, den man hofft in Städten leichter und schneller umsetzen zu können (Smart City).

Schließlich werden in Städten zahlreiche Daten für verschiedenste Zwecke erfasst, die im Sinne von Crowd Data auch für Klimaforschung genutzt werden könnten, womit allerdings auch der Datenschutz an Bedeutung gewinnt.



Abb. 17

Die in Zusammenhang mit Österreichs Städten offenen Forschungsfragen sind dementsprechend vielfältig (siehe zum Thema Stadt auch Kapitel 3.1.5., 3.2.3.9.), u. a. zu Stadtplanung- und Architektur, Gestaltung des öffentlichen Raums, Entwicklung von rechtlichen Werkzeugen zur Umsetzung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen. Es fehlen oft einige grundlegende Daten (z. B. meteorologische Daten) bzw. werden solche nach Kriterien erhoben und gespeichert, die sie für die Klimaforschung wenig nutzbar machen (z. B. im Gesundheitswesen). Andererseits unternehmen viele Städte ernste Anstrengungen zum Klimaschutz, sodass auch einiges an Erfahrungswerten vorliegt, das sich zur wissenschaftlichen Analyse anbietet.

Während viele technische Fragen, etwa Wärmedämmung usw., bereits sehr gut erforscht sind, besteht hinsichtlich der Frage der umfassenden Bewertung und Optimierung von Umwelt- und Klimawirkungen von Baumaterialien noch Forschungsbedarf.

Wichtig ist es, Städte auch als integrierte Systeme von Natur, Technik, Wirtschaft und menschlicher Gesellschaft zu begreifen, deren wesentliche Funktionen und Eigenschaften nicht von einer einzigen Disziplin erfasst und beschrieben werden können.

3.6.6 Extremereignisse

Extreme Wetter- und Klimaereignisse sind die in der Öffentlichkeit am stärksten wahrgenommenen Klimaphänomene. Ihre Auswirkungen betreffen eine Vielzahl von Sektoren und sind, jedenfalls kurzfristig, die kostenintensivsten.

PlanerInnen und EntscheidungsträgerInnen haben deshalb ein großes Interesse an robusten Informationen über mögliche Änderungen im Auftreten von Extremereignissen (das Thema Extremereignisse und Modelle und Simulationen

wird auch in Kapitel 3.1.2. und 3.1.5. behandelt), entsprechend sind WissenschaftlerInnen deshalb mit vielen Fragen konfrontiert:

Hat es Veränderungen im Auftreten von Extremereignissen gegeben? Lässt sich die Heftigkeit einzelner Extremereignisse bereits auf den Klimawandel zurückführen?

Wie werden sich die Charakteristika von Extremereignissen in der Zukunft verändern? (siehe dazu auch Kapitel 3.1.2.) Allerdings gewinnen Extremereignisse ihre oft katastrophale Bedeutung erst im gesellschaftlichen und ökologischen Kontext.

Eine erfolgreiche Anpassung an Extremereignisse bedarf deshalb auch inter- und transdisziplinären Forschung, die Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie auch die Nutzung von lokalem Wissen einschließt. Von besonderem Interesse sind in diesem Fall auch Vorhersagbarkeit und Risikokommunikation – sowohl grundsätzlich als auch im akuten Anlassfall.

4. SCHAFFUNG VON RAHMENBEDINGUNGEN

Ein wesentliches Ziel der Klimaforschenden ist es, den Anforderungen gerecht zu werden, welche die Gesellschaft berechtigterweise an die Wissenschaft in Hinblick auf Lösungsmöglichkeiten für die großen globalen Herausforderungen, einschließlich des Klimawandels, stellen darf. Dies erfordert klassische Forschung, d. h. Streben nach Erkenntnis und besserem Verständnis von Systemen und Prozessen, natürlich, menschengemacht und interagierend, unabhängig von der unmittelbaren Nutzbarkeit wissenschaftlicher Ergebnisse. Es erfordert aber darüber hinaus eine Weiterentwicklung des Wissenschaftssystems, wie eine Erweiterung des naturwissenschaftlich geprägten Wissenschaftsbegriffs, der Entwicklung

entsprechender Qualitätskriterien und der Entwicklung einer neuen wissenschaftlichen Kommunikations- und Publikationskultur. Vieles kann die Wissenschaft selbst verbessern, für manches werden verbesserte Rahmenbedingungen benötigt.

4.1 Verbesserung des wissenschaftlichen Werkzeuges

4.1.1 Einheitliche Referenzperioden und -szenarien (Vergleichbarkeit)

Sowohl im IPCC AR5 als auch im APCC AAR14 werden viele sehr wichtige Aussagen dadurch in ihrem Wert gemindert, dass sie sich jeweils auf ganz unterschiedliche Zeiträume beziehen und damit die Vergleichbarkeit bzw. Verknüpfbarkeit mit anderen Aussagen erschwert oder gar unmöglich wird. Die Komplexität aller Prozesse des Klimawandels und seiner Folgen erfordert aber gerade dies, um die Vergleichbarkeit von Studienergebnissen zu ermöglichen. Eine Definition von einheitlichen Referenzperioden durch das CCCA ist wünschenswert. In auf Szenarien basierenden Studien sollte in ähnlicher Weise ein Referenzszenario definiert werden, das, wenn sinnvoll, zu Vergleichszwecken einbezogen werden soll.

4.1.2 Langzeitmessungen

Klimawandelforschung ist auf lange Messreihen angewiesen. Das bedeutet, dass

- a) bestehende Messreihen, die sich bereits über längere Zeiträume erstrecken, nicht zugunsten aktuell interessanter anderer Vorhaben aufgegeben werden dürfen,
- b) ausgewählte, unterbrochene Messreihen wiederaufgenommen werden sollten (z. B. meteorologische Messungen im Stadtgebiet von Wien und im Hochgebirge) und

c) neue Messstellen und Beobachtungsgrößen in Hinblick auf Langfristigkeit ausgewählt und institutionell abgesichert werden sollten (z. B. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Umweltbundesamt, Statistik Austria; Universitäten sind typischerweise kein ideales Umfeld).

Eine systematische Analyse der Datensituation in Österreich wäre wünschenswert, mit anschließenden Vorschlägen für Ergänzungen und Veränderungen unter Berücksichtigung der obigen Aspekte. Zur Durchführung dieser und Umsetzung der daraus resultierenden Empfehlungen sind finanzielle Mittel vorzusehen. Gleichzeitig wäre bei neuen Forschungsvorhaben, die Datenerfassung vorsehen, darauf zu achten, ob die Fragestellung nicht auch unter Nutzung des bestehenden Netzwerkes bearbeitet werden kann. Selbstverständlich wird auch ein optimiertes Netzwerk immer wieder Anpassungen erfordern.

4.1.3 Digitalisierungen

Wegen der Langzeitbetrachtungen in der Klimawandelforschung können Daten aus der Zeit vor der Digitalisierung von großem Wert sein. Dies betrifft z. B. meteorologische, hydrologische, glaziologische und vegetationsökologische Daten, Ertrags- und Schadensdaten in der Land- und Forstwirtschaft, Versicherungsdaten usw. Mittel zur systematischen Ortung, Erfassung und Digitalisierung derartiger Datensätze und ihre Verfügbarmachung z. B. im Klimadatenzentrum des CCCA sind vonnöten und wären gut eingesetztes Geld.

4.1.4 Vereinheitlichte Datenbanken

Einheitliche Schadensdatenerfassung und Homogenisierung bestehender Datensätze würden die Analysemöglichkeiten wesentlich verbessern. Länderübergreifende Datensätze sind erforderlich,

um flächendeckende Analysen des Bundesgebietes zu erstellen. Mit den Nachbarstaaten sollte daher ein großzügiger Datenaustausch stattfinden, die entsprechenden Daten auch über die österreichischen Datenbanken zugänglich sein.

4.1.5 Literaturdatenbank und -archiv

Ein Teil der Klimaforschung wird nur in sogenannter grauer Literatur publiziert. Um diese bestmöglich nutzen und bewerten zu können, muss sie bekannt und verfügbar sein. Die Klimaforschungscommunity sollte es sich zum Anliegen machen, eigene Publikationen in die Literaturdatenbank des CCCA einzuspeisen und mit den vollen Texten (womöglich digital) zu hinterlegen oder verlinken.

4.1.6 Offener Zugang zu Daten (Open Access)

Gerade in der Frage des Klimawandels ist es essenziell, auf so viele Daten wie möglich Zugriff zu haben. Aus diesem Grund ist das Thema des offenen Zugangs auf allen Ebenen wichtig: zunächst durch das Zurverfügungstellen von Metadaten in dafür geeigneten Datenbanken – ein Prinzip, das bei öffentlich geförderter Forschung im Speziellen immer stärker gefordert wird.



Abb. 18

Somit wird auch sichergestellt, dass an einer Thematik im Detail weitergearbeitet werden kann, auch wenn eine ForscherIn nicht mehr persönlich in einem Forschungsbereich aktiv ist.

Außerdem ist bei Publikationen auch darauf zu achten, dass in Fachzeitschriften publiziert wird, die einen möglichst offenen Zugang (Open Access) sicherstellen. Damit werden Daten einem breiten Publikum zugänglich, was den wissenschaftlichen Diskurs jenseits des klassischen Peer-Review-Prozesses anregt. Open-Access-Publikationen sind zum Teil mit einem finanziellen Mehraufwand verbunden, was schon bei der Antragstellung berücksichtigt werden und dem seitens der Forschungsförderer Rechnung getragen werden sollte.

4.2 Erweiterung der Produktarten

4.2.1 Sachstandsberichte (Assessments)

Es herrscht Bedarf an Aggregation von vorhandenem Wissen und dessen Nutzbarmachung für Stakeholder und Gesellschaft. In Fortführung des Österreichischen Sachstandsberichtes Klimawandel 2014 (AAR14) sind Assessments für Teilbereiche und spezielle Fragestellungen (z. B. Gesundheit, Tourismus, Raumplanung, Bioökonomie etc.) und in entsprechendem zeitlichen Abstand, auch eine Aktualisierung des AAR14 unter Einbeziehung der gesamten einschlägigen wissenschaftlichen Community, zu erarbeiten und vorzulegen.

4.2.2 Zeitnahe Bereitstellung handlungsrelevanter Informationen

Staatliche und private AkteurInnen sind schon jetzt gezwungen zu handeln oder wollen jetzt handeln. Sie haben oder nehmen sich aber oft nicht die Zeit,

wissenschaftliche Forschungsergebnisse abzuwarten. Da jedoch oft auch das bereits bekannte Wissen genügt, um zu besseren Entscheidungen zu kommen, ist es wichtig, dass die ForscherInnen in Kooperation relevanter ExpertInnen dieses sorgfältig interpretieren, bewerten und dadurch nutzbar machen. Klarstellung, was die jeweilige Auskunft leisten und was sie nicht leisten kann, ist dabei essenziell.

4.3 Maßnahmen aufseiten der Forschungs- und Wissenschaftspolitik

4.3.1 Höhere Projektsummen für interdisziplinäre Projekte

Auf der forschungspolitischen Ebene ist zu fordern, dass insbesondere für interdisziplinäre Projekte (auch Integrationsstudien) höhere Projektsummen zur Verfügung gestellt werden, um alle erforderlichen Wissenschaftsdisziplinen einbinden, auch umfassendere Fragestellungen adäquat behandeln und den erhöhten Aufwand für die Kommunikation abdecken zu können.

4.3.2 Wettbewerbsfähigkeit und Nachwuchsförderung

Für eine sowohl exzellente als auch sozialverträgliche Forschung ist es notwendig, dass NachwuchswissenschaftlerInnen sich auf möglichst nur ein Projekt konzentrieren können und zugleich eine mittelfristige Perspektive haben (für PostdoktorandInnen etwa zwei Jahre, für DissertantInnen mindestens drei Jahre). Projekte mit solchen Laufzeiten entlasten die ForscherInnen vom aufwendigen Antrags- und Berichteschreiben für Kurzprojekte. Sie sind auch deutlich attraktiver, um auf dem hochkompetitiven internationalen Arbeitsmarkt hervorragende KandidatInnen rekrutieren zu können.

4.3.3 Anreize für klimafreundliche Forschung

Antragsformulare für Forschungsförderung sollten eine Darlegung der Maßnahmen zur klimafreundlichen Gestaltung der Forschung vorsehen. Seitens der Förderer und Auftraggeber wären erhöhte Ausgaben für klimafreundliches Verhalten (z. B. Zugfahrt statt Flug) und CO₂-Kompensationen z. B. für Flüge anzuerkennen. Forschungseinrichtungen sollten ihr Bemühen um internetbasierte, virtuelle Konferenzräume verstärken.

4.3.4 Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen an die neuen Herausforderungen der Wissenschaft

Will man stärkeres gesellschaftliches Engagement der Forschenden, so müssen Leistungen für die Gesellschaft (z. B. Citizen Science, Politikberatung, Medienarbeit) der wissenschaftlichen Karriere förderlich sein. Dazu gehört auch die Erweiterung des Evaluierungskriteriums „Wissenschaftliche Exzellenz“ um das Kriterium „Societal Impact“ in allen relevanten Bereichen des Forschungsbetriebes, wie dies auch grundsätzlich gesetzlich vorgesehen ist.

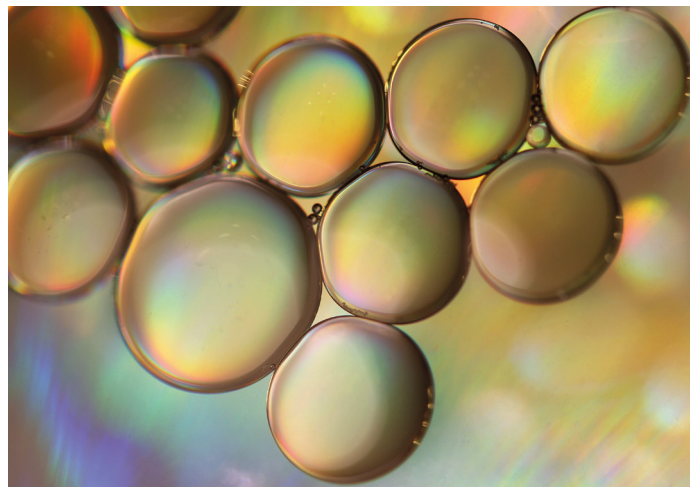


Abb. 19

5. IST-ZUSTAND DER KLIMAFORSCHUNG IN ÖSTERREICH

5.1 Forschungsnetzwerke

In der österreichischen Klimaforschungslandschaft gibt es Netzwerke auf nationaler und regionaler/lokaler Ebene. Mit seinen 28 Mitgliedern (Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) hat sich das Climate Change Centre Austria (CCCA) zur Aufgabe gemacht, die Klimaforschung in Österreich zu stärken, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, Wissenstransfers zu unterstützen sowie Politik und Gesellschaft zu beraten und weiter zur internationalen Sichtbarkeit und Vernetzung der österreichischen Forschung beizutragen (z. B. durch Teilnahme an Forschungsprogrammen und in Gremien und Panels).

In diesem Sinne versteht sich das CCCA als Anlaufstelle für Forschung, Politik, Medien und Öffentlichkeit für alle Fragen der Klimaforschung in Österreich, stärkt das Vertrauen zwischen den Mitgliedern und Stakeholdern, hilft Sprachbarrieren zu beseitigen und fördert damit einen nachhaltigen Klimadialog in Österreich.

5.2 Forschungskompetenzen und -leistungen; Akteure (Kompetenzlandkarte)

Basierend auf Schätzungen und aktiver Beteiligung an internen Workshops bei den Mitgliedsorganisationen des CCCA kann davon ausgegangen werden, dass in Österreich etwa 300 bis 400 WissenschaftlerInnen in der Klimaforschung tätig sind. Ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse fließen in unterschiedliche thematische, geografische und forschungspolitische Diskussionen und Kontexte ein. Zum einen finden die Ergebnisse nationaler

Forschung in der Entwicklung und Umsetzung von nationalen, regionalen, lokalen, organisatorischen und individuellen Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategien Verbreitung. Neben dieser vorwiegend national sichtbaren Forschung fließen Beiträge von hauptsächlich international (europäisch) orientierten Forschungsaktivitäten in die Arbeiten internationaler Konsortien wie dem IPCC, dem Global Energy Assessment oder dem Global Biodiversity Outlook und Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA) sowie dem LTSER-Netzwerk (Long-Term Socio-economic and Ecosystem Research) ein bzw. sind eingeflossen. Österreichische KlimaforscherInnen leisten Beiträge im Bereich der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung; erste Bemühungen gehen in Richtung Transformationsforschung. Das CCCA hat eine Kompetenzlandkarte entwickelt, die einen schnellen Überblick über alle KlimaforscherInnen in Österreich erlauben soll. Darin wird abgebildet, in welchen Fachbereichen die ForscherInnen tätig sind, was ihr spezifisches Erkenntnisinteresse ist und an welchen Forschungsaktivitäten sie beteiligt sind.

Dies ist zum einen hinsichtlich der Bildung von Forschungskonsortien eine wertvolle Grundlage, dient aber andererseits auch dazu, Nachfragenden aus Gesellschaft, Wirtschaft und Politik eine schnelle Orientierungsmöglichkeit zu geben. Die Kompetenzlandkarte wird laufend aktualisiert und weiterentwickelt, um das komplexe Bild der österreichischen Klimawandelforschungslandschaft bestmöglich abzubilden.

Durch das Zusammenbringen lokaler und regionaler Netzwerke, wie sie in Österreich in und um Wien, Graz, Innsbruck gegeben sind, entsteht ein wesentlicher Mehrwert für die österreichische Klimaforschung, was auch dadurch zum Ausdruck

kommt, dass das CCCA ein wichtiger strategischer Partner des BMWWF bei dessen Engagement in der Joint Programming Initiative „Connecting Climate Knowledge for Europe“ (JPI Climate) und der Umsetzung von deren strategischer Forschungsagenda auf nationaler wie internationaler Ebene geworden ist.

Neben einem gemeinsamen Agenda-Setting für die thematischen Rahmenprogramme der Europäischen Kommission (z. B. Horizon 2020) eröffnet diese Partnerschaft auch die Zusammenarbeit im „Responsible Science“-Programm des BMWWF zur Klimaforschung.

5.3 Austrian Assessment Report 2014 (AAR14)

Das von der Initiative Austrian Panel on Climate Change (APCC) und von CCCA mitgetragene Projekt, einen nationalen Sachstandsbericht zum Klimawandel zu produzieren, zeigt das gute Funktionieren des Klimaforschungsnetzwerks in Österreich. Als erster entsprechender Bericht eines Einzelstaats hat der Austrian Assessment Report 2014 (AAR14) auf nationaler und internationaler Ebene großes Aufsehen erregt und positiv zur Wahrnehmung des Klimawandels durch Bevölkerung, Politik und Wirtschaft beigetragen. Inhaltlich liegt damit eine hervorragende, kommentierte Zusammenfassung des Wissens zum Klimawandel in Österreich vor, die als wertvolle Basis für Entscheidungen in Politik und Wirtschaft dient.

5.4 Forschungsförderung

Im Bereich der Klimaforschung sind die nationalen und internationalen Förderstrukturen vielfältig. In Österreich bieten zum einen Förderinstrumente des FWF die Möglichkeit für Forschungsanträge,

die ohne inhaltliche Vorgaben dem freien Erkenntnisinteresse der Antragstellerin oder des Antragstellers entsprechen.

Zum anderen bieten Programme wie das Austrian Climate Research Programme (ACRP) des Klima- und Energiefonds (Klimafonds) die Möglichkeit, angewandte Forschung zu betreiben, die sich an nationalen inhaltlichen Prioritäten sowie ihrer „Policy Relevance“ ausrichtet. Klarer Zusatzbedarf besteht hinsichtlich der Förderung von Transformationsforschung, die beim FWF aufgrund ihres starken inter- und transdisziplinären Charakters sehr schwer positionierbar ist und für das ACRP-Programm oft zu wenig direkten Klimabezug hat. Lediglich über das JPI-Climate-Programm wurde mit einer Ausschreibung 2013 ein erster Ansatz zur Transformationsforschung gemacht.

Im Zuge der Entwicklung des Europäischen Forschungsraumes (ERA) treten neben den europäischen Rahmenprogrammen mit Horizon 2020 zunehmend auch europäische Joint Programming Initiatives (JPI) der Forschungsförderung in Erscheinung, von denen einige einen engen Bezug zur Klimaforschung im Sinne des CCCA aufweisen, etwa JPI Climate, JPI FACCE oder JPI URBAN EUROPE.

Die Finanzierungen des European Research Council (ERC) bieten eine weitere Möglichkeit, ohne thematische Vorgaben Forschungsinteressen zu verfolgen. In all diesen Bereichen können und sollten sich österreichische ForscherInnen über die österreichische Forschungspolitik am inhaltlichen Agenda-Setting beteiligen, um so die eigenen Themen auf die internationale Ebene zu heben und sich besser in die internationale Forschung einzubinden.

MITWIRKENDE & DANK

Der Science Plan zur strategischen Entwicklung der Klimaforschung in Österreich ist ein Produkt der österreichischen Klimaforschungsgemeinschaft und wurde in einem offenen Prozess erstellt.

Im Climate Change Centre Austria wurde eine strategische Arbeitsgruppe eingerichtet, die sich federführend für die Endfassung des Science Plan verantwortlich zeichnet.

Leitung der Arbeitsgruppe

Helga Kromp-Kolb & Douglas Maraun

Projektmanagement

Julia Kolar

Qualitätskontrolle der Kommentarearbeiten

Jill Jäger (selbstständige Beraterin) und Gottfried Kirchengast (Universität Graz)

Mitglieder

Andreas Baumgarten, Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit

Birgit Bednar-Friedl, Universität Graz

Douglas Maraun, Universität Graz

Christoph Görg, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Helmut Haberl, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Leopold Haimberger, Universität Wien

Robert Jandl, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Angela Köppl, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Helga Kromp-Kolb, Universität für Bodenkultur

Reinhard Mechler, Wirtschaftsuniversität Wien/International Institute for Applied Systems Analysis

Franz Prettenhaler, Joanneum Research

Jürgen Schneider, Umweltbundesamt

Hans Stötter, Universität Innsbruck

Elisabeth Worliczek, JPI Climate/Universität für Bodenkultur

Der Grundstein für den Science Plan wurde unter der Führung von Georg Kaser gelegt. In drei thematischen Subgruppen entwickelten folgende Personen das erste Konzept und die Inhalte des Science Plan:

Forschungsbereich I: Physical Scientific Basis

Leitung: Leopold Haimberger

Ingeborg Auer, Karl Gartner, Regina Hitzenberger, Michael Hostättner, Georg Kaser,

Bianca Rossmann, Mathias Rotach, Matthias Themessl

Forschungsbereich II: Vulnerability, Risks/Impacts and Adaptation Physical Scientific Basis

Leitung: Markus Leitner/Andreas Baumgarten

Michiko Hama, Robert Jandl, Markus Keuschnig, Reinhard Mechler, Ina Meyer, Kathrin Schneider,

Peter Zeil

Forschungsbereich III: Mitigation und Societal Transformation

Leitung: Wilfried Winiwarter/Helmut Haberl

Claudia Kettner, Helga Kromp-Kolb, Ines Omann, Ingeborg Schwarzl, Reinhard Steuerer,

Fabian Wagner, Miriam Weber

Die von den Subgruppen erstellten Dokumente wurden von Helga Kromp-Kolb und Hans Stötter im Jahr 2015 zu einem konsolidierten Entwurf zusammengeführt und neu strukturiert.

Die dadurch entstandene Version des Science Plan bildete die Basis für die nun vorliegende Fassung von März 2017.

Partizipation der österreichischen Klimaforschungsgemeinschaft

Um die Beiträge zum Science Plan so breit und offen wie möglich zu gestalten, wurden Beteiligungen in unterschiedlicher Form angeboten. Dank gilt hier den rund 100 WissenschaftlerInnen aus 20 österreichischen Forschungseinrichtungen, die sich im Rahmen von Workshops, Arbeitsgruppentreffen und nicht zuletzt im Kommentierungsprozess an der Erstellung des Dokuments beteiligt haben. Allein im Rahmen des Kommentierungsprozesses sind rund 500 Kommentare aus der Forschungsgemeinschaft eingegangen und nach IPCC Muster in einem qualitätskontrollierten Prozess von der Arbeitsgruppe in den vorliegenden Science Plan integriert worden.

Koordination

Von organisatorischer Seite wurde die Entstehung des Science Plan von den MitarbeiterInnen des Climate Change Centre Austria begleitet. Die Gesamtkoordination lag bei Julia Kolar und Ingeborg Schwarzl. Für das Layout federführend verantwortlich war Heide Spitzer, die Pressearbeit oblag Stefan Ropac. Aus dem Kreis der ehemaligen CCCA Mitarbeiter ist Sebastian Helgenberger für seine Mitwirkung am Science Plan zu nennen. Der Dank für das Lektorat geht an Matej Kundracik.

ABBILDUNGEN / FOTONACHWEIS

Abb. 1: Österreichischer Sachstandsbericht

Abb. 2: Extremereignisse: pixabay.com_neufal54

Abb. 3: Messungen: Wegener Center, Universität Graz

Abb. 4: Theorie- und Methodenebene: APCC_B2K5_Nat Waldverjüngung: Natürliche Waldverjüngung durch Zirbe (*Pinus cembra*) und Lärche (*Larix decidua*) im Bereich der subalpinen Waldgrenze auf ehemaligen Weideflächen in der Gemeinde Sölden (Ötztal) auf ca. 2 200 m ü. d. M. im Jahr 2005. Foto: D. Stöhr.

Quelle: Baumgarten, A., C. Geitner, H.P. Haslmayr und S.Zechmeister-Boltenstern, 2014: Der Einfluss des Klimawandels auf die Pedosphäre. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 601–640.

Abb. 5: Daten, Messungen: pixabay.com_rschaller98

Abb. 6: Auswirkung von Extremereignissen (Variabilität): APCC_B2K4_Murenabgänge: Durch ein stationäres Gewitter mit > 130 mm Niederschlag in 3 Stunden ausgelöste Rutschungen und Muren im Kleinsölktal 2010. Foto: Markus Mayerl, Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Ennstal und Salztal

Quelle: Glade, T., R. Bell, P. Dobesberger, C. Embleton-Hamann, R. Fromm, S. Fuchs, K. Hagen, J. Hübl, G. Lieb, J.C. Otto, F. Perzl, R. Peticzka, C. Prager, C. Samimi, O. Sass, W. Schöner, D. Schröter, L. Schrott, C. Zangerl und A. Zeidler, 2014: Der Einfluss des Klimawandels auf die Reliefsphäre. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 557–600.

Abb. 7: Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit und das soziale Gefüge: APCC_B2K6_Asiat.Tigermücke: Asiatische Tigermücke (*Aedes (Stegomyia) albopictus*). Foto: R. Pospischil

Quelle: König, M., W. Loibl, R. Steiger, H. Aspöck, B. Bednar-Friedl, K.M. Brunner, W. Haas, K.M. Höferl, M. Huttenlau, J. Walochnik und U. Weisz, 2014: Der Einfluss des Klimawandels auf die Anthroposphäre. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 641–704.

Abb. 8: Maßnahmenbewertungen und -vergleiche: pixabay.com_papannon

Abb. 9: Technologieentwicklung und Minderungsoptionen nach Sektoren: pixabay.com_seagul

Abb. 10: Mobilitätssysteme- und verhalten: pixabay.com_VolkerSchnaebele

Abb. 11: Land- und Forstwirtschaft: Martha Stangl, CCCA

Abb. 12: Gebäude: pixabay.com_ASSY

Abb. 13: Industrie: pixabay.com_JuergenPM

Abb. 14: Forschungsbereich V: Gesellschaftliche Transformationsprozesse: AdobeStock

Abb. 15: Bildung und Medien: Iris Staggl

Abb. 16: Klimawandel im Gebirge: pixabay.com_PublicDomainPictures

Abb. 17: Klima- und energieoptimierte, zukunftsfähige Städte: pixabay.com_naobim

Abb. 18: Offener Zugang zu Daten (Open Access): pixabay.com_Unsplash

Abb. 19: Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen an die neuen Herausforderungen der Wissenschaft: pixabay.com_SashSegal

IMPRESSUM

Herausgeber

Climate Change Centre Austria - Klimaforschungsnetzwerk Österreich

Borkowskigasse 4/4, A-1190 Wien

Tel: 01/47654/99117

info@ccca.ac.at

ZVR: 664173679

Für den Inhalt verantwortlich

Das Climate Change Centre Austria (CCCA) ist für den Inhalt verantwortlich. Trotz des umfassenden Beteiligungsprozesses spiegelt der Inhalt nicht notwendigerweise die Meinung aller Mitglieder des CCCA wieder.

Der Prozess zur Entwicklung eines Science Plan reicht zu den Anfängen des CCCA zurück und wurde 2011 durch das Projekt „Strategische Entwicklung des Climate Change Centre Austria“ des damaligen Ministeriums für Wissenschaft und Forschung (BMWF) initiiert. Neben dieser finanziellen Förderung wurde der Science Plan durch umfangreiche Eigenleistungen seitens der CCCA Gemeinschaft ermöglicht. Informationen zur Entstehung des Science Plan und zum Beteiligungsprozess sind auf der Website des CCCA www.ccca.ac.at nachzulesen.

Layout und Cover

Heide Spitzer, "Camouflage"

Druck

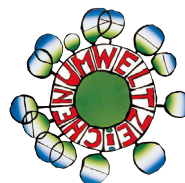
Medienfabrik Graz

8020 Graz

Dreihackengasse 20

office@mfg.at

Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens
UW-Nr. 812.



Diese Broschüre wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler sind dennoch nicht auszuschließen.

ISBN 978-3-9503778-3-5



ZENTRUM FÜR SOZIALE INNOVATION
CENTRE FOR SOCIAL INNOVATION



<http://www.zsi.at>

