



**Konzept Nationales
Forschungsprogramm
Klima 2024 plus**

IMPRESSUM

HERAUSGEBERIN UND KONTAKT

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)
ProClim – Forum für Klima und globalen Wandel
Haus der Akademien • Laupenstrasse 7 • Postfach • 3001 Bern • Schweiz
+41 31 306 93 51 • filippo.lechthaler@scnat.ch • proclim.scnat.ch • [@scnatCH](https://www.instagram.com/scnatCH)

ZITIERVORSCHLAG

Ingold K, Lechthaler F, Müller G, Neu U (2024) Nationales Forschungsprogramm Klima 2024 plus.
Swiss Academies Communications 19 (4)

AUTORINNEN UND AUTOREN

Karin Ingold (Universität Bern) • Filippo Lechthaler (SCNAT) • Gabriele Müller (SCNAT) • Urs Neu (SCNAT)

REVIEW

ProClim-Kuratorium und weitere Forschende aus den interdisziplinären Klimawissenschaften

BASIS FÜR DEN KATALOG DER FORSCHUNGSFRAGEN

Die Forschungsfragen basieren auf verschiedenen Erhebungen und Diskussionen im Netzwerk der Klimaforschenden und Befragungen von Stakeholdern aus Verwaltung, Wirtschaft, Praxis, insbesondere im Zusammenhang mit einem Themenvorschlag für eine NFP zu sozialwissenschaftlichen Fragen im Klimaschutz von 2022 sowie dem Projekt CH2018 Impacts zu Forschungslücken im Bereich Klimaauswirkungen und Anpassung aus dem Jahr 2019 (siehe Kapitel 4.1).

LAYOUT

Olivia Zwygart (SCNAT)

stock.adobe.com/Eagle2308

Dieser Bericht wurde mit der finanziellen Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) erarbeitet. Für den Inhalt ist allein die SCNAT verantwortlich.

1. Auflage, 2024

Communication in elektronischer Form und Anhänge verfügbar auf
<https://proclim.scnat.ch/de/id/jA5fH?embed=anmvL>

ISSN (online) 2297-1807

DOI: doi.org/10.5281/zenodo.12168731



**Konzept Nationales
Forschungsprogramm
Klima 2024 plus**

SDGs: Die internationalen Nachhaltigkeitsziele der UNO

Mit dieser Publikation leistet die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) einen Beitrag zu der SDG 13: **«Umgehend Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen.»**

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) SIND ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG AUF ÖKONOMISCHER, SOZIALER UND ÖKOLOGISCHER EBENE. 2015 HABEN DIE STAATS- UND REGIERUNGSCHEFS DER VEREINTEN NATIONEN DIE 17 SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS VERABSCHIEDET. DIESE NEUEN ZIELE SOLLEN BIS 2030 GLOBAL UND VON ALLEN UNO-MITGLIEDSTAATEN UMGESETZT WERDEN UND DER SICHERUNG EINER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG DIENEN.

- > sustainabledevelopment.un.org
- > eda.admin.ch/agenda2030/de/home.html



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	6
2 Koordinierte Forschungsaktivitäten bzw. -programme im Klimabereich in der Schweiz – die aktuelle Situation in der Forschungsförderung	8
3 Anforderungen an ein Forschungsprogramm mit Systemperspektive	12
3.1 Anforderungen an zu fördernde Forschungsprojekte bzw. Konsortien	12
3.2 Anforderungen an das Forschungsprogramm	12
3.3 Mögliches Forschungsgefäss	13
4 Konzept und Inhalte des Forschungsprogramms	15
4.1 Vorgehen zur Identifizierung von Forschungslücken und relevanten Themen	16
4.2 Das Forschungsprogramm: Konzept, Forschungslücken und Inhalte	17
4.2.1 Mitigation	17
4.2.2 Anpassung	19
4.2.3 Alpenraum	21
4.2.4 Mögliche weitere Forschungs- und Anwendungsbereiche.....	22
5 Optionen für ein Forschungsprogramm	24
Referenzen	25
Abkürzungsverzeichnis	26

Zusammenfassung

Ausgangslage

Die zur Erreichung der Klimaziele notwendige Transformation stellt eine enorme technische, politische und sozioökonomische Herausforderung dar, bietet aber auch Chancen. Während die Umgestaltung der Energieversorgung in der Schweiz bereits in verschiedenen nationalen Forschungsprogrammen beleuchtet wurde, standen insbesondere Fragen zur gesellschaftlichen Transformation noch nie im Zentrum eines nationalen Forschungsprogramms. ProClim hat deshalb im Auftrag des BAFU eine Übersicht über bestehende Fragestellungen und Forschungslücken und ein Konzept für ein Forschungsprogramm zur Bearbeitung dieser Fragen erarbeitet und ein geeignetes Forschungsgefäss identifiziert.

Aufgrund von aktuellen Erkenntnissen zur Nachhaltigkeitsforschung, Schlussfolgerungen aus früheren Evaluationen sowie Erkenntnissen aus Stakeholderbefragungen wurden bestehende Forschungsprogramme und -gefässe nach bestimmten Kriterien evaluiert. Diese umfassen die Förderung der koordinierten Zusammenarbeit zwischen Schweizer Forschungsinstitutionen sowie die inter- und transdisziplinäre Ausrichtung. Diese Evaluation kam zum Schluss, dass es seit dem Abschluss des NCCR Climate im Jahr 2013 kein nationales Forschungsprogramm zum Klimathema mit breiter hochschulübergreifender und systemischer Ausrichtung mehr gegeben hat. Zwar gab und gibt es weiterhin forschungsgruppenübergreifende Zusammenarbeit, doch beschränkt sich diese auf wenige Zentren oder auf die Zusammenarbeit innerhalb von Hochschulen oder Hochschulinstitutionen. In weiten Teilen fehlt jedoch die Förderung einer themen- und institutionsübergreifenden Zusammenarbeit, die für die anstehenden komplexen Fragestellungen unabdingbar ist. Deshalb braucht es ein nationales Forschungsprogramm, das auf grössere Projekte mit Sicht auf das sozioökonomische Gesamtsystem ausgerichtet ist und eine interinstitutionelle Zusammenarbeit innerhalb der Forschungsprojekte voraussetzt. Aufgrund der hohen Bedeutung des Klimawandels für die Gesellschaft ist auch der glaubwürdige Einbezug von Politik und weiteren Stakeholdern (transdisziplinärer Ansatz) eine wichtige Voraussetzung, sowohl für die Produktion praxisrelevanter Resultate wie auch für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Ergebnisse. Dank hochkarätiger Forschung von Welt Ruf und der Kenntnis des spezifischen gesellschaftlichen Kontexts der Schweiz ist die Schweizer Forschung prädestiniert, in den nächsten Jahren wichtige und unabdingbare Entscheidungsgrundlagen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu liefern.

Anforderungen an ein Forschungsprogramm und Optionen für ein Forschungsgefäss

Aus den oben genannten Kriterien wurden folgende Anforderungen an ein Forschungsprogramm definiert:

1. Förderung der Koordination in einem grösseren Themenbereich (Bündelung der Kräfte und Finanzen)
2. Flexible Projektgrösse und -dauer, angepasst an die Fragestellung
3. Förderung der wissenschaftlichen Exzellenz und Einbezug aller Kompetenzen und Disziplinen
4. Langfristigkeit (ca. 10–20 Jahre)
5. Unterstützung von Feldversuchen

Die Analyse bestehender Programme und Gefässe zeigt, dass das Format der NCCRs (bzw. Nationalen Forschungsschwerpunkte NFS) am ehesten den oben beschriebenen Anforderungen entspricht, insbesondere bezüglich Langfristigkeit (12 Jahre), Flexibilität, Koordination, Transdisziplinarität und wissenschaftlicher Exzellenz. Die Nachteile dieses Gefässes sind, dass das Programm nur für die im NCCR integrierten Forschungsgruppen zugänglich ist und dass die Grösse eines NCCRs Umfang und Breite der Fragestellungen bei weitem nicht abdecken kann. Es bräuchte mehrere NCCRs im gleichen Themenbereich, was bisher nicht üblich war. Aus diesen Überlegungen können zwei Optionen abgeleitet werden, wobei Option 1 in einem ersten Schritt im Vordergrund steht:

1. Ein NCCR, der einen Teilbereich der Forschungsfrage abdeckt sowie ein Sonderforschungsprogramm, welches auf die verbleibenden Aspekte fokussiert, oder
2. Ein umfassendes Sonderforschungsprogramm, das alle Teilbereiche umfasst (dieser Fall wäre auch die Option, falls kein NCCR mit Themenschwerpunkt Klima zustande käme).

Konzept des Forschungsprogramms

Aktuelle Forschungsfragen und -lücken wurden anhand bereits bestehender Berichte und Literatur sowie durch umfangreiche Befragungen von Forschenden und Stakeholdern identifiziert (siehe Kapitel 4.1). Basierend auf den oben genannten Kriterien, den identifizierten For-

schungslücken sowie Bedürfnissen aus Wissenschaft und Praxis wird ein Forschungsprogramm vorgeschlagen, das einem systemischen Ansatz folgt und sich einerseits in Input-Prozess-Output, sowie in drei Forschungsbereiche (Mitigation, Anpassung, Alpenraum) aufteilt. Dabei gibt es auch Überlappungen zwischen den verschiedenen Forschungsbereichen und weitere mögliche Anwendungsbereiche.

Die drei inhaltlichen Blöcke des systemischen Ansatzes teilen sich in folgende Bereiche ein: Den Input bilden die physikalischen Prozesse sowie die Auswirkungen des Klimawandels. Diese lösen ökologische, aber auch gesellschaftliche Reaktionen aus, die wir in die Blöcke Mitigation, Anpassung sowie – mit einem räumlichen Fokus – Alpenraum aufteilen.

Auf der Output-Seite steht das Zielwissen, das heisst wohin wir gelangen möchten, bspw. Netto-Null-Treibhausgasemissionen oder eine klimaresiliente Gesellschaft. Es braucht also das Studium verschiedener Transformationsprozesse, um die Resilienz zu stärken und die Netto-Null-Gesellschaft zu erreichen.

Inhalt des Forschungsprogramms

Bezüglich Mitigation stellen sich folgende systemische Fragen: Welche sektoralen und vor allem auch sektorübergreifenden Transformationsprozesse können angestossen werden, um das Netto-Null-Ziel zu erreichen? Welche Veränderungen sind am wirkungsvollsten und werden entsprechend priorisiert und wie werden Zielkonflikte identifiziert, kommuniziert und gelöst? Beispielsweise kann die Politikevaluation Antworten liefern, wie sich politische Massnahmen in unterschiedlichen sozialen Kontexten und föderalen Ebenen in der Schweiz wirkungsvoll einsetzen lassen.

Die übergeordnete Frage bei der Anpassung ist, wie wir die Klimaanpassung in der Schweiz in diesem Sinne ausgestalten und gleichzeitig andere Ziele wie Mitigation, die Erhaltung von Ökosystemdienstleistungen, Ressourceneffizienz und weitere Nachhaltigkeitsziele erreichen können. Die Resilienz gegenüber dem Klimawandel kann erhöht werden, wenn man die Klimaanpassung so gestaltet, dass sie zu den Problemcharakteristiken passt.

Zudem gibt es wichtige Überlappungen zwischen Mitigation und Anpassung, die in sich auch eine Forschungslücke bilden. Beides ist für die Schweiz zentral, da aufgrund des bereits eingetretenen Klimawandels und der für die Verstärkung der Mitigation benötigten Zeit Anpassungen unausweichlich sind. Aufgrund der Unsicherheiten in der regionalen Klimaentwicklung bewegen wir uns

dabei immer im Kontext des «Entscheidens unter Unsicherheiten» und es stellt sich die Frage, wo wir Anpassungsprioritäten setzen möchten, das heisst in welchen Sektoren, Branchen und auch Gebieten.

Der dritte Forschungsbereich neben Mitigation und Anpassung fokussiert auf den Alpenraum Schweiz. Die Schweiz als Alpenland ist besonders vulnerabel gegenüber extremen Wetterereignissen und temperaturbedingten Schwankungen. Der Alpenraum bietet auch spezifische Möglichkeiten der Klimamitigation, stellt aber auch eine besondere Herausforderung bei der Anpassung dar.

Dieses Konzept kann als Grundlage für ein Forschungsgesuch dienen. Zurzeit sind verschiedene Eingaben für einen NCCR im Klimabereich in Bearbeitung.

1 Einleitung

Aufgrund ihrer topographischen und klimatischen Gegebenheiten ist die Schweiz im internationalen Durchschnitt besonders stark vom Klimawandel betroffen, insbesondere bezüglich Temperaturanstiegs und Extremereignissen (siehe zum Beispiel Scherrer et al. 2016). Zudem hat sich die Schweiz unter dem Paris-Abkommen verpflichtet, international ihren Beitrag zur Eindämmung des globalen Klimawandels zu leisten. Die dazu notwendige Transformation stellt jedoch eine enorme technische, politische und sozioökonomische Herausforderung dar, bietet aber auch Chancen (Hasnoot et al. 2020). So müssen beispielsweise die Energieversorgung komplett dekarbonisiert und zahlreiche gesellschaftliche Verhaltensweisen überdacht und angepasst werden (Brosch 2021). Der Schweizer Forschungsplatz ist fähig, einmalige Evidenz zum Klimawandel und seinen Folgen zu erarbeiten, sowie innovative Lösungen, seien sie technologischer oder auch wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Art, vorzuschlagen. Wenn das Wissen über die verschiedenen Hochschulen und Disziplinen hinweg gebündelt und Grundlagen- mit Transformationswissen verbunden werden, kann die Schweiz einen einzigartigen Beitrag zum Verständnis, aber auch zur Umsetzung von Massnahmen der Klimaanpassung und Mitigation leisten. Während die Umgestaltung der Energieversorgung bereits in verschiedenen nationalen Forschungsprogrammen beleuchtet wurde, standen insbesondere Fragen zur gesellschaftlichen Transformation noch nie im Zentrum eines nationalen Forschungsprogramms. Vor diesem Hintergrund hat das BAFU ProClim beauftragt, Forschungslücken insbesondere hinsichtlich gesellschaftspolitischer Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu identifizieren und zu bewerten sowie den Bedarf einer nationalen und transdisziplinären Koordination zu evaluieren.

Grundsätzlich müssen Eindämmung des Klimawandels (Klimaschutz bzw. Mitigation) und Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) sowie physikalische Klimagrundlagen integrativ, koordiniert und in der Schweiz auch dem Föderalismus Rechnung tragend angegangen werden. Seit dem Abschluss des NCCR Climate im Jahr 2013 und dessen Überführung in das Oeschger Center for Climate Change Research (OCCR) an der Universität Bern sowie das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) der ETH Zürich gab es jedoch kein national übergeordnetes Forschungsprogramm im Klimabereich mehr. Zwar gab und gibt es weiterhin forschungsgruppenübergreifende Zusammenarbeit, doch beschränkt sich diese auf die genannten Zentren oder auf die Zusammenarbeit innerhalb von Hochschulen oder Hochschulinstitutio-

nen. Mit dem Programm SWEET des BFE, das vor allem auf den Energiesektor und mehrheitlich technologische Aspekte fokussiert und nun auf Klimafragen ausgedehnt werden soll, sowie dem Programm NCCS-Impacts, das auf aktorsgerechte Klimadienstleistungen abzielt, werden in Teilbereichen Konsortienprojekte unterstützt. Nur ein NCCR würde es ermöglichen, einen grösseren Teilbereich und verschiedene dringliche Fragen in den klimarelevanten Forschungsfeldern abzudecken, und stellt eine einmalige Chance dar, die verschiedenen klimarelevanten Herausforderungen anzugehen.

Um den identifizierten Forschungsfragen Rechnung zu tragen und sie in ihrer Gesamtheit anzugehen, braucht es ein nationales Forschungsprogramm Klima, das auf grössere Projekte mit einer systemischen Sicht ausgerichtet ist, die eine interinstitutionelle Zusammenarbeit erfordern. Nur so lassen sich die gesellschaftspolitischen Fragestellungen im Klimabereich erfolgversprechend angehen und es können grosse und wichtige bestehende Lücken in der Forschung zum Klimawandel wie auch in der Forschungsförderungslandschaft geschlossen werden. Die Schweizer Klimaforschungsgemeinschaft braucht klare Signale, dass die systemische, inter- und transdisziplinäre Forschung sowie die interinstitutionelle Zusammenarbeit in naher Zukunft unterstützt werden. Damit werden Anreize geschaffen, bestehende Netzwerke und Kooperationen fortzusetzen und auszubauen. Die Schweiz kann mit technologischem Know-How-Transfer auch einen wichtigen Beitrag zur globalen Mitigation leisten, insbesondere im Globalen Süden. Der Bereich Technologie und Innovation, der vor allem im Energiebereich eine wichtige Rolle spielt, wird durch die Programme von Innosuisse und eben SWEET bereits jetzt recht gut abgedeckt.

Aufgrund der Komplexität des Klimawandels und des gleichzeitigen Bedarfs an System-, Ziel- und Transformationswissen kommt der Wissenschaft eine Schlüsselrolle zu. Dies gilt insbesondere für die gesellschaftliche Transformation: Welche Faktoren beeinflussen eine gesellschaftliche Transformation und welche Steuerungsmöglichkeiten gibt es? Wie können Kippunkte identifiziert werden (Systemwissen)? Auf welche extremen Ereignisse müssen wir uns in der Schweiz einstellen? Wie könnte eine klimaneutrale und anpassungsfähige Schweiz aussehen (Zielwissen)? Und welche Entwicklungspfade gibt es, was bedeutet dies, wer gewinnt, wer verliert, wie kann ausgeglichen werden etc. (Umsetzungswissen)? Gerade die Anpassung an den Klimawandel beinhaltet hochkomplexe Fragestellungen aufgrund des komplizierten

Zusammenspiels zwischen den zu erwartenden Entwicklungen des regionalen Klimas, für deren Kenntnis auch spezifische physikalisch-naturwissenschaftliche Modelle Voraussetzung sind, und dem Umgang der Gesellschaft mit den entsprechenden Folgen.

Diese Fragestellungen lassen sich nur mit einer systemischen Betrachtungsweise angehen. Das bedeutet, dass die Forschung von Beginn an auf das sozioökonomische Gesamtsystem ausgerichtet ist und die Zielsetzung der Arbeiten in diesem System eingebettet sind. Da diese Zusammenarbeit praktisch alle wissenschaftlichen Disziplinen betrifft (von der Physik, Biologie, Geologie oder Chemie über Wirtschafts-, Politik- und Rechtswissenschaften oder Sozialpsychologie bis zu Kommunikations- und Sprachwissenschaften) ist Interdisziplinarität eine Voraussetzung. Und aufgrund der hohen Bedeutung des Klimawandels für die Gesellschaft ist auch Transdisziplinarität bzw. der Einbezug von Politik und weiteren Stakeholdern eine wichtige Voraussetzung sowohl für die Produktion praxisrelevanter Resultate wie auch für eine erfolgreiche Umsetzung der Ergebnisse. Sehr wichtig ist dabei, dass die inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit von Beginn an erfolgt, mit einer partizipativen Entwicklung von Inhalt und Ausrichtung der Forschung. Dies kann erfahrungsgemäss nur dann gewährleistet werden, wenn die Koordination bereits bei der Projektplanung gefordert wird. Wichtige Einsichten zu Anforderungen einer wirkungs- und nachhaltigkeitsorientierten Forschung sind auch in einem kürzlich erschienenen Swiss Academies Report zu Lighthouse-Programmen dargestellt (Wülser und Edwards, 2023).

Die Schweiz verfügt über eine hochkarätige und international anerkannte Forschung im beschriebenen Themenkreis mit verschiedenen Forschungsgruppen von Weltruf und weist exzellente Forschende in den bezüglich Klimaschutz und Transformation immer wichtigeren Disziplinen wie Kommunikationswissenschaften oder Verhaltensökonomie auf. Dank der Kenntnis des spezifischen gesellschaftlichen Kontexts der Schweiz, in welchem die Forschenden selber eingebettet sind, ist die Schweizer Forschung prädestiniert, in den nächsten Jahren wichtige und unabdingbare Entscheidungsgrundlagen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu liefern. Das erarbeitete Wissen kann im eigenen Land in Wert gesetzt werden und die dringenden Fragen werden in koordinierter Art und Weise angegangen. Dies erlaubt, zukunftsgerichtete Entscheidungen faktenbasiert zu treffen und innovative Lösungen zur Unterstützung des unausweichlichen gesellschaftlichen Wandels in der Schweiz umzusetzen. Davon profitiert auch der Wissens- und Innovationsstandort Schweiz.

Der vorliegende Bericht stellt eine Übersicht über bestehende Fragestellungen und Forschungslücken und ein Konzept für ein Forschungsprogramm zur Bearbeitung dieser Fragen dar. In einem ersten Schritt wurden laufende und kürzlich auslaufende Forschungsförderungsgefässe mit Klimabezug evaluiert (Kapitel 2) und darauf basierend strukturelle Anforderungen an ein Forschungskonzept mit Systemperspektive definiert (Kapitel 3). In einem Folgeschritt wurden konzeptionelle und inhaltliche Schwerpunkte skizziert (Kapitel 4), welche sich aus bestehenden Dokumenten und Umfragen bei Forschenden und Stakeholdern herleiten lassen. In einem letzten, zusammenführenden Schritt, sind konkrete Umsetzungsoptionen für ein Forschungsprogramm dargestellt (Kapitel 5).

2 Koordinierte Forschungsaktivitäten bzw. -programme im Klimabereich in der Schweiz – die aktuelle Situation in der Forschungsförderung

In diesem Kapitel werden laufende und kürzlich ausgeführte Gefässe der Forschungsförderung im Klimabereich der Schweiz dargestellt und mögliche strukturelle Lücken diskutiert. Damit werden spezifische Anforderungen an Forschungsfördergefässe mit Blick auf eine lösungsorientierte, das heisst an gesellschaftspolitischen Bedarf ausgerichtete, und exzellente Klimaforschung in der Schweiz aufgezeigt.

Die vorliegende Betrachtung basiert auf einer Übersicht zu Schweizer klimawissenschaftlichen oder klimarelevanten Forschungsprogrammen. Wir fokussieren dabei ausschliesslich auf grössere Initiativen, die das Potenzial haben, von übergreifender oder interdisziplinärer Natur zu sein. Die identifizierten Programme werden in Tabelle 1 nach vier Kriterien beurteilt (für eine vollständige Beschreibung der Programme, siehe Anhang 1). Diese Kriterien basieren auf den Merkmalen, die für normative Forschung zu Nachhaltigkeitsthemen zentral und zielführend sind (Wülser et al. 2020), auf Erfahrungen und Schlussfolgerungen aus früheren grösseren nationalen Forschungsprogrammen zu systemübergreifenden gesellschaftsrelevanten Themen (Boulouchos et al. 2020), sowie auf Erkenntnissen aus Stakeholderbefragungen und -diskussionen (siehe Kapitel 4.1). Einer der wichtigsten Punkte ist dabei die Systemperspektive, das heisst, dass zusammenhängende Fragestellungen nicht einzeln bearbeitet werden, sondern dass diese von Beginn weg aus der Perspektive des Gesamtsystems betrachtet und die Verbindungen zu anderen Fragestellungen bereits bei der Projektplanung mitgedacht werden. In den meisten Forschungsprogrammen wurden bisher die verschiedenen Fragestellungen in einzelnen Projekten oder Workpackages behandelt und dann versucht, die Resultate in einer Synthese zusammenzufügen. Daraus ergab sich jedoch kaum mehr als eben ein Resultateüberblick und es fehlte die Perspektive des Gesamtsystems (typischerweise bestehend aus Input-Throughput-Output). Ähnliches gilt für die Transdisziplinarität, die zwar in verschiedenen Programmen gefordert wird, aber in der Praxis eher «ex post», «end of pipe» oder «pro forma» eingebaut worden ist. Deshalb ist es wichtig, dass bereits bei der Ausschreibung und bei der Projekteingabe auf entsprechende Anforderungen geachtet wird. Diese systemische Sicht wird in der folgenden Analyse durch die Kriterien «interdisziplinär» und «themenübergreifend» operationalisiert.

- **Koordinierte Forschung:** Das Forschungsprogramm fördert die koordinierte Zusammenarbeit der verschiedenen Schweizer Forschungsinstitutionen und Hochschultypen.
- **Interdisziplinär:** Das Forschungsprogramm fördert die Beteiligung verschiedener wissenschaftlichen Disziplinen. Es wird aus unterschiedlicher fachlicher und methodischer Perspektive an einer gemeinsamen Fragestellung gearbeitet.
- **Themenübergreifend:** Das Forschungsprogramm deckt verschiedene thematisch verknüpfte Domänen ab (Auswirkung, Anpassung und Mitigation) und vereint unterschiedliche sektorale Betrachtungen (Energie, Ernährung, Gesundheit etc.)
- **Transdisziplinär:** Das Programm fördert die Forschung von den Grundlagen bis zur Umsetzung und erlaubt eine gemeinsame Erarbeitung des Problemverständnisses über Sektoren und Disziplinen hinweg unter Einbezug der betroffenen Stakeholder.

Die Übersicht zeigt, dass ein Grossteil der aktuellen Forschungsprogramme thematisch im Bereich der technologischen Innovationen situiert sind mit Schwerpunkt Energie. Obwohl im Allgemeinen der Einbezug verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen gewährleistet ist, fehlt sowohl eine breitere thematische Abstützung bzw. der Einbezug verschiedener Sektoren sowie die integrative Betrachtung von Klimafolgen, Anpassung (Adaptation) und Klimaschutz (Mitigation). Durch die gemeinsamen Initiativen des ETH-Rats werden zwar inter- und transdisziplinäre Arbeiten über Themenschwerpunkte hinweg gefördert, durch die Ansiedlungen im ETH-Bereich fehlt aber eine Verankerung in der gesamten Hochschullandschaft der Schweiz. Bei den abgeschlossenen Projekten wird ersichtlich, dass einzig das bereits vor einiger Zeit abgeschlossene NCCR Climate Programm die vier oben genannten Kriterien mehrheitlich erfüllte.

Zusammengefasst lässt sich also feststellen, dass aktuell kein koordiniertes Forschungsprogramm besteht, welches gleichzeitig:

1. Hochschulübergreifende Konsortien fordert und fördert, nicht nur innerhalb eines Hochschulbereichs,

2. systemisch ausgerichtet ist, das heisst von Forschungsfragen ausgeht, welche themen- beziehungsweise sektorübergreifend sind und einer «glaubwürdigen» interdisziplinären Konstellation bedürfen und
3. transdisziplinär ist und von Grundlagenforschung bis zur Umsetzung in der Praxis reicht.

Basierend auf dieser Einsicht und den obgenannten Quellen werden im Folgekapitel Anforderungen an ein Forschungsprogramm mit Systemperspektive skizziert.

Tabelle 1: Übersicht über grössere bestehende und abgeschlossene Forschungsprogramme im Themenbereich

Aktuelle Forschungsprogramme	Thema	Koordiniertes Projekt	Interdisziplinär	Themenübergreifend	Transdisziplinär	Volumen (CHF und Laufzeit)	Finanziert durch	Kommentar
SWEET (BFE)	Innovationen im Energiebereich	X	X	(X)	X	148,3 Mio. über 12 Jahre (2021–2032)	Ressortforschung Bund	Thematisch starker Fokus auf technologischen Innovationen (mit Ausnahme eines Moduls).
Gemeinsame Initiativen des ETH-Rats (SPEEDZERO, Engage u. a.)	Energie, Klima und ökologische Nachhaltigkeit		X	X	X	30 Mio. über 4 Jahre (2022–2025)	ETH	
	Engagement und Dialog mit der Gesellschaft					7 Mio. über 4 Jahre (2022–2025)	ETH	
Flagship-Initiative Innosuisse (Ausschreibung 2023)	Disruptive Lösungen für die Transition zu einer Netto-Null-Welt (Materialien, Verfahren, Energielösungen, nachhaltige Produktion)	X	(X)		(X)	50 Mio.	Innosuisse	Thematisch besteht ein starker Fokus auf technologische Innovationen.
Innovation Booster Innosuisse	Radikale Innovationen/Ideen u. a. im Klima- und Energiebereich (kollaborative Ansätze)	X	X		(X)	Einzelne Booster mit unterschiedliche Volumen z. B. Energy Lab 2021–2024 mit 1,5 Mio.	Innosuisse	Thematisch besteht ein starker Fokus auf technologische Innovation und Produktion.
BRIDGE Discovery (Innosuisse/SNF)	Nachhaltige Entwicklung	X	(X)		X	Seit 2017; 105 Mio. über 4 Jahre (2021–2024)	Innosuisse/SNF	Thematischer Fokus auf Technologie und Produktinnovation. Ergebnisse müssen Potenzial für innovatives Produkt/Dienstleistung haben.
Forschungsprogramm Extremes (WSL)	Entscheidungshilfen und Strategien zu zukünftigen Extremen		X		X	4 Mio. über 5 Jahre (2021–2025)	WSL	Thematischer Fokus auf Extremereignisse sowie Entscheidungshilfen und Bewältigung.
NCCS-Impacts (Bundesämter, ETH, WSL)	Praxisnahe Klimadienstleistungen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft	X	X	(X)	X	Finanzierung nicht online ersichtlich (2022–2025)	Ressortforschung Bund	Trotz multisektoraler Betrachtung, sind die bestehenden Projekte thematisch mehrheitlich im Bereich der Klimafolgen situiert.

X: Trifft zu, (X): Trifft teilweise zu

Abgeschlossene Forschungsprogramme	Thema	Koordiniertes Projekt	Interdisziplinär	Themenübergreifend	Transdisziplinär	Volumen (CHF und Laufzeit)	Finanziert durch	Kommentar
NCCR Climate (SNF)	Klima in Vergangenheit und Zukunft, Auswirkungen, Risikoeinschätzung, Kosten, Klimapolitik	X	X	X	X	26 Mio über 12 Jahre (2001–2013) ohne Eigenfinanzierung.	SNF	Das Oeschger Center an der Univ. Bern und das C2SM an der ETH Zürich sind aus diesem NCCR als permanente Forschungsschwerpunkte bzw. Institutionen entstanden.
Nationale Forschungsprogramme (NFP 61, 66, 68, 70, 71) SNF	nachhaltige Wassernutzung, Ressource Holz, Boden, Energie	X	(X)	(X)	X	10–20 Mio. Dauer 4–5 Jahre (Bsp. aus 2011–2020)	SNF	Lösungsorientiert, inter- und transdisziplinär, koordinierte Forschungsprojekte. Einzelprojekte auf thematischen Schwerpunkt fokussiert.
Förderprogramm Energie (Innosuisse): 8 Kompetenzzentren SCCER	Lösungen zu Fragen im Zusammenhang mit der Energiewende	X	(X)		(X)	250 Mio. über 8 Jahre (2013–2020)	Innosuisse	Thematisch auf Energie fokussiert. SCCR CREST widmete sich als einziges Zentrum ausdrücklich sozioökonomischen Fragen.
Pilotprogramm Anpassung (BAFU)	Anpassungen an Hitze, Hochwasser, Trockenheit etc.	X	(X)		(X)	Co-Finanzierung von verschiedenen Bundesämtern (2017–2023)	Ressortforschung Bund	Umsetzungsorientiert, Lösungen im Anpassungsbereich. Thematisch auf Anpassung fokussiert.
Flagship-Initiative Innosuisse (5 von 15 Flagships zur Dekarbonisierung)	Technische Innovationen zur Dekarbonisierung	X	(X)		(X)	Innosuisse Thematisch auf technologische Innovationen fokussiert (2021–2023)	Innosuisse	Thematisch auf technologische Innovationen fokussiert.

X: Trifft zu, (X): Trifft teilweise zu

3 Anforderungen an ein Forschungsprogramm mit Systemperspektive

Im Nachfolgenden möchten wir skizzieren, wie ein Forschungsprogramm gestaltet werden sollte, um die oben genannten Kriterien möglichst gut zu erfüllen.

3.1 Anforderungen an zu fördernde Forschungsprojekte bzw. Konsortien

Die Bewertungskriterien für die zu fördernden Forschungsprojekte sind eng mit der Komplexität der zu bearbeitenden Themenbereiche und Fragestellungen verknüpft. Diese lassen sich nur erfolgreich mit einer systemischen Betrachtungsweise und inter- wie transdisziplinärer Zusammenarbeit in Konsortien angehen. Folgende Kriterien stehen somit im Zentrum:

1. Die Forschung sollte sich an den übergeordneten Zielen der Schweizer Klimapolitik orientieren, um möglichst gesellschaftspolitisch relevant zu sein. Entsprechende inhaltliche Bereiche werden in Kapitel 4 definiert.

Damit diese Orientierung sichergestellt werden kann und ein grösstmöglicher Nutzen für die Gesellschaft erreicht werden kann, sind neben wissenschaftlicher Exzellenz folgende Ansätze von grosser Bedeutung:

- Transdisziplinarität: wo als sinnvoll erachtet, Einbindung der Praxis und Verwaltung von Beginn an, Entwicklung eines gemeinsamen Problemverständnisses
 - Kollaborative/integrative Komponente, die über die Grenzen einzelner Gruppen, Abteilungen und vorzugsweise Institutionen hinausgeht (Netzwerkkonzept)
 - Lösungsorientiert (Lösungsansätze erarbeiten)
 - Umsetzungsorientiert (Umsetzung mitdenkend resp. actionable research)
 - Pilot Settings müssen möglich sein, z. B. Pilotversuche oder Reallabore
2. Eine systemische Sichtweise ist, wie in Kapitel 2 erwähnt, für die Bearbeitung komplexer Fragestellungen unabdingbar. Diese muss in einem Projekt von Beginn an im Vordergrund stehen, koordiniert und geplant werden. Ein nachträgliches Zusammenführen von verschiedenen Sichtweisen genügt nicht. Dafür erachten wir die folgenden Faktoren als wichtig:
 - Interdisziplinarität: Verschiedene fachliche Perspektiven auf eine Fragestellung

- Fokus auf Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Systemkomponenten resp. «grössere» Zusammenhänge (wichtigste Trade-Offs und Synergien identifizieren)
- Sektor- und skalenübergreifender Ansatz
- Institutionelle Diversität: Konsortien von verschiedenen Forschungsgruppen erlauben mehr Perspektiven und wissenschaftliche «Kulturen»
- Entwicklung thematischer und methodischer Schnittstellen eines Gesamtsystems

3.2 Anforderungen an das Forschungsprogramm

Aus diesen Anforderungen an die Projekte und den Erfahrungen von früheren grösseren Forschungsprogrammen, die verschiedene Hindernisse und Defizite zutage gefördert haben (Boulouchos 2020), sowie aus den sehr unterschiedlichen Themenbereichen und Fragestellungen lassen sich folgende Anforderungen und Ziele für das Forschungsprogramm ableiten:

- Förderung der Koordination in einem grösseren Themenbereich: In einem so breiten, vernetzten und komplexen Themenbereich, der praktisch alle Bereiche der Gesellschaft betrifft, ist eine nationale Koordination der Forschungsaktivitäten und eine Bündelung der Kräfte und Finanzen sehr wichtig.
- Flexible Projektgrösse und -dauer: Die Forschungsfragen können sehr unterschiedliche Bedürfnisse und Ansprüche aufweisen bezüglich des Umfangs, der Dauer, des Finanzbedarfs usw. Die Förderregelung sollte deshalb unterschiedliche Grössenordnungen und Laufzeiten von Projekten bzw. Konsortien zulassen.
- Ganzheitliche Betrachtungsweise: Förderung der wissenschaftlichen Exzellenz und Einbezug aller erforderlichen Kompetenzen und Disziplinen, damit die verschiedenen Aspekte des Themas im Hinblick auf das Gesamtsystem abgedeckt werden.
- Langfristigkeit: Damit eine Abfolge von grundlagenorientierter Forschung bis hin zur Anwendung von Beginn an geplant und umgesetzt werden kann, sollte auch eine längere Dauer von Projekten möglich sein und das Förderungsprogramm langfristig orientiert sein (ca. 10 bis max. 20 Jahre).

- Unterstützung von Feldversuchen: In vielen Bereichen, vor allem auch wenn gesellschaftliche Belange betroffen sind, sind Feldstudien oder Reallabore sehr wichtig, um vielversprechende Ansätze in der Realität auch testen zu können, bevor sie grossflächig (z. B. in Regelungen, Gesetzen, Planungen usw.) umgesetzt werden. Die Berücksichtigung von Pilot- und Demonstrationsaktivitäten und gut koordinierten Feldversuchen sollte explizit vorgesehen sein.

3.3 Mögliches Forschungsgefäss

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, entspricht das Format der NCCRs (bzw. Nationalen Forschungsschwerpunkten NFS) am ehesten den oben beschriebenen Anforderungen. Die Ziele, Strukturen und Anforderungen des NCCR umfassen u. a. folgende Punkte (siehe Infoseite des SNF; in Klammern Verbindung zu den oben skizzierten Kriterien), und ist somit in vielen Aspekten kongruent mit den in 3.1 und 3.2 dargelegten Punkten:

- Langfristig angelegte Forschungsvorhaben zu Themen von strategischer Bedeutung für die Zukunft der schweizerischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft fördern (→ *Langfristigkeit: Laufzeit 12 Jahre*).
- Die Arbeitsteilung unter den Forschungsinstitutionen in der Schweiz und deren internationale Vernetzung verbessern; neue Forschungsstrukturen aufbauen oder bestehende stärken (→ *Koordination der Forschung*).
- Netzwerke wissenschaftlicher Zusammenarbeit und Partnerschaften im akademischen und ausserakademischen, öffentlichen und privaten Sektor schaffen (→ *Einbezug aller wissenschaftlichen Institutionen und der Praxis*).
- Verbindungen zu potenziellen Nutzern der Forschungsergebnisse pflegen; so wird der Wissens- und Technologietransfer in Wirtschaft und Gesellschaft gefördert (→ *Transdisziplinarität, Lösungs- und Umsetzungsorientierung*).
- Forschungsprojekte von höchster Qualität und mit besonderer Gewichtung interdisziplinärer, aber auch neuer, innovativer Ansätze innerhalb der beteiligten Disziplinen fördern (→ *Interdisziplinarität, Flexibilität bezüglich Forschungsansätzen*).

Die Aufteilung in drei Vierjahresperioden, wobei alle vier Jahre das Forschungsprogramm angepasst werden kann, erlaubt zudem eine gewisse inhaltliche Flexibilität.

Auch wenn die Struktur von NCCRs den angestrebten Anforderungen am besten entspricht, weist sie auch einige nachteilige Punkte auf:

- Das Forschungsgesuch muss von etablierten Forschenden eingereicht werden. Es besteht das Risiko, dass deren Forschungsinteressen ein überproportionales Gewicht erhalten. Das gleiche gilt für die Vorgabe einer oder mehrerer Heiminstitutionen, die einen erheblichen Teil der Finanzierung beitragen müssen. Folglich werden die Forschungsschwerpunkte dieser Heiminstitution stärker gewichtet.
- Das Programm ist nur für die im Forschungsschwerpunkt integrierten Forschungsgruppen zugänglich. In einem so breiten Thema ist damit nur ein Teil der Forschungsgruppen integriert.
- Der Umfang von NCCRs ist nicht eindeutig festgelegt, doch mit Bezug auf bisherige NCCRs ist unwahrscheinlich, dass ein einziger NCCR die Breite der Fragestellungen abdecken kann.

Aufgrund dieser letzten Punkte könnte mit einem NCCR wohl nur ein Teilthema abgedeckt werden, das heisst es bräuchte mehrere NCCRs im gleichen Themenbereich, was bisher nicht üblich war. Als Alternative könnte bzw. müsste auch grundsätzlich ins Auge gefasst werden, ein grösseres Sonderforschungsprogramm (z. B. ähnlich wie die SCCERs) anzustreben, das im Grundsatz eine ähnliche Struktur wie die NCCRs aufweist, aber ein stärkeres Gewicht auf die Forschungskoordination legt (z. B. durch eine entsprechend dotierte Koordinationsstelle, welche Forschungskonsortien zu verschiedenen Themen koordiniert), für die ganze Forschungscommunity offensteht und sich nicht schwerpunktmässig an wenigen Institutionen orientiert und sich somit auf eine beschränkte Anzahl von Forschungsgruppen konzentriert. Mit einem solchen Programm könnten gesellschafts- und klimapolitisch zentrale Fragestellungen verstärkt angegangen werden, die bisher nicht im Zentrum von nationalen Forschungsprogrammen gestanden sind, insbesondere im Bereich Anpassung und sozioökonomische Fragen zur Mitigation. Wichtig ist dabei auch eine Abstimmung mit, beziehungsweise eine Abgrenzung zu bereits bestehenden oder geplanten nationalen Forschungsprogrammen im Klimabereich (z. B. SWEET bzw. SWEETER von BFE/BAFU zu Fragen der Transformation und Dekarbonisierung des Energieversorgungssystems).

Aus diesen Überlegungen können zwei Optionen abgeleitet werden, wobei Option 1 in einem ersten Schritt im Vordergrund steht:

1. Ein NCCR, der einen Teilbereich der Forschungsfragen (wie in Kapitel 4 und in Tabelle 2 im Anhang 2 dargelegt) abdeckt sowie ein Sonderforschungsprogramm, welches auf die verbleibenden Aspekte fokussiert, wobei die Etablierung eines Koordinations- und Austauschkanals zwischen beiden Programmen dringend empfohlen wird.
2. Ein umfassendes Sonderforschungsprogramm, das alle Teilbereiche umfasst (dieser Fall wäre auch die Option, falls kein NCCR zustande kommt.) Ein solches Forschungsprogramm würde ebenfalls in Teilbereiche aufgliedert, eine mögliche thematische Aufteilung ist in Kapitel 4 beschrieben.

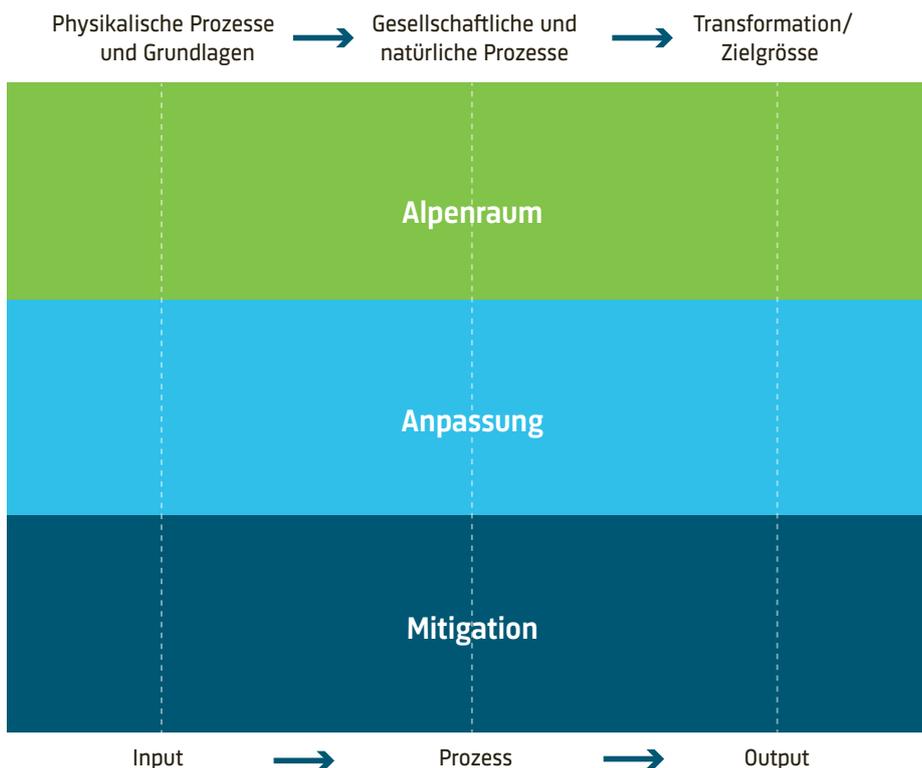
4 Konzept und Inhalte des Forschungsprogramms

Basierend auf den oben genannten Kriterien (siehe Kapitel 3), den identifizierten Forschungslücken, und den Bedürfnissen aus Wissenschaft und Praxis (siehe Kapitel 4.1) schlagen wir ein Forschungsprogramm vor, das einem systemischen Ansatz folgt und sich einerseits in Input-Prozess-Output und andererseits in drei Forschungsbereichen (Mitigation, Anpassung, Alpenraum) aufteilt (Figur 1). Auch Überlappungen zwischen den Forschungsbereichen sowie weitere mögliche Anwendungsbereiche werden nachfolgend kurz skizziert.

Die drei Blöcke (Input-Prozess-Output) des systemischen Ansatzes teilen sich in folgende wissenschaftsrelevante Bereiche ein: Auf der Input-Seite stehen die klimaphysischen Prozesse sowie die Auswirkungen des Klimawandels (bezogen auf verschiedene Ökosysteme, aber auch im Zusammenhang mit Landnutzungsformen). Diese Prozesse und Auswirkungen lösen ökologische, aber auch gesellschaftliche Reaktionen aus, die wir einerseits in Klimamitigation und -anpassung und andererseits in einen räumlichen Fokus auf den Alpenraum aufteilen. Natürliche und gesellschaftliche Prozesse werden durch Ansätze der Klimafolgenforschung sowie typischerweise

der Sozial-, Wirtschafts-, Rechts-, Human-, und Geisteswissenschaften analysiert. Auf der Output-Seite stehen dann das Zielwissen und wohin wir gelangen möchten. Zwei Grössen stehen da im Zentrum: Auf der einen Seite die Netto-Null- und auf der anderen Seite die klimaresiliente Gesellschaft. Es braucht also das Studium verschiedener Transformationsprozesse, um die Resilienz zu stärken und die Netto-Null-Gesellschaft zu erreichen. Methoden der Transdisziplinarität, das Co-Design von Lösungen mit ausgewählten Stakeholdern, Reallabore, Pilotregionen, oder auch Bürger:innen-Räte sind einige Ansätze, die hier zur Anwendung kommen können.

Wir legen nun kurz das Vorgehen (siehe Kapitel 4.1) dar, wie die Forschungslücken identifiziert wurden, um danach die Struktur und inhaltliche Ausgestaltung des Programmes (siehe Kapitel 4.2) vorzustellen. Tabelle 2 (Anhang 2) fasst dabei die Ergebnisse systematisch zusammen.



Figur 1: Systemischer Ansatz (Input-Prozess-Output) in drei ausgewählten Forschungsbereichen

4.1 Vorgehen zur Identifizierung von Forschungslücken und relevanten Themen

Die Methodik zur Identifikation der Forschungslücken basiert einerseits auf der Beurteilung von führenden (Schweizer) Forschenden in den entsprechenden Themenbereichen sowie andererseits der Evaluation der Bedürfnisse von Personen, welche die Ergebnisse der Forschung nutzen bzw. für ihre Arbeit auf die Existenz von wissenschaftlichen Daten und Informationen angewiesen sind (nachfolgend als Stakeholder bezeichnet). Die vorhandene wissenschaftliche Literatur wurde indirekt über das breite Wissen von erfahrenen Forschenden und teilweise auch über die eigene Konsultation von Literatur zu spezifischen Themen einbezogen. Zusätzlich und aufgrund von bereits vorhandenen Erhebungen oder kurzfristigen Aktivitäten/Anfragen (z.B. Ausschreibung von NFP-Themenvorschlägen) sind hier weitere Elemente in den Hauptthemenbereichen der IPCC-Berichte (Physikalische Grundlagen, Klimafolgen und Anpassung, Mitigation bzw. sozioökonomische Fragen) eingeflossen.

Im Folgenden sind die spezifischen Vorgehen in den drei Bereichen physikalische Grundlagen, Klimafolgen und sozioökonomische Fragen kurz dargestellt:

Physikalische Grundlagen: Hier wurde in der Umfrage mit führenden Forschenden der Gemeinschaft abgeklärt, wo Bedarf zur Beantwortung wichtiger Fragestellungen mit über-institutionellem Koordinationsbedarf besteht. Die Eingaben von rund 25 Expert:innen aus zahlreichen Forschungsinstitutionen wurden thematisch sortiert, geclustert und in einer Ergänzungs- bzw. Reviewrunde vervollständigt. Die identifizierten Lücken lassen sich in die Bereiche Prozess-Verständnis des Klimasystems, Extremereignisse, Modellierung, Messungen, Datenverarbeitung und Biosphäre gliedern (siehe Anhang 5).

In verschiedenen Treffen und Gesprächen mit Vertreter:innen verschiedener Forschungsinstitutionen und -disziplinen wurde anschliessend diskutiert, für welche Fragen allenfalls kombinierte Projekte sinnvoll wären und für welche Fragen eine inter-/transdisziplinäre bzw. interinstitutionelle Zusammenarbeit förderlich ist.

Klimafolgen und Anpassung: 2019 wurde im Rahmen der vorbereitenden Tätigkeiten für das Projekt CH-Impacts in einem ausführlichen Prozess die Forschungslücken im Bereich Klimafolgen und Anpassung in der Schweiz diskutiert. In einem Scoping Meeting diskutierten rund 60 Vertretende aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung die grössten klimabedingten Herausforderungen in der Schweiz, die sich aus den Schweizer Klimaszenarien CH2018 ableiten lassen. Diskussionsbasis bildeten die vier «Storylines» der Klimaszenarien CH2018: trockene

Sommer, heftige Niederschläge, mehr Hitzetage und schneearme Winter sowie eine schleichende Temperaturerhöhung. Die Ergebnisse des Meetings sowie die weitere Ausarbeitung und Reviewprozesse ergaben folgende Bereiche von Forschungslücken, insbesondere auch aus den Bedürfnissen der Anwender: Bessere Auflösung von Daten und Modellentwicklung; Systemverständnis und Kaskadeneffekte; Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen; Infrastrukturen, Gebäude und Raumnutzung; Gesundheit; Tourismus; gesellschaftliche, ökonomische und sozioökonomische Themen (siehe Anhang 4).

Im Weiteren wurde auch eine zielgruppengerechte Aufarbeitung und Kommunikation mit dem Ziel eines stark erleichterten und vereinfachten Zugangs zum erarbeiteten Wissen sowie die Co-Produktion von Wissen bzw. die inter- und vor allem transdisziplinäre Zusammenarbeit über alle Sektoren hinweg betont, um eine übergreifende und systemorientierte Sichtweise zu fördern und den Bedürfnissen der Nutzenden gebührend Rechnung tragen zu können. Ein Teil dieser Fragestellungen werden im sektorübergreifenden Programm NCCS-Impacts behandelt.

Sozioökonomische und gesellschaftliche Fragen: Im Rahmen einer Projekteingabe für einen NFP-Themenvorschlag in Frühjahr 2022 wurden in einer mehrstufigen Umfrage unter Forschenden wichtige Themen und Forschungslücken erhoben, geordnet und nach Themen strukturiert. Dabei wurden folgende sechs Themenfelder identifiziert: Gesellschaftlicher und kultureller Wandel; ethische und rechtliche Aspekte; Instrumente der Information und Kommunikation; Möglichkeiten und Wirkungsweisen von politischen Massnahmen; Umgang mit neuen Technologien; Einfluss wirtschaftlicher Entwicklungen.

In einer breiten Stakeholderbefragung (verschickt an rund 150 Personen aus Wirtschaft, Verwaltung und Politik; Rücklaufquote ca. 35%) wurden diese Themen aus Sicht der Praxis bewertet und ergänzt (siehe Anhang 3).

Die Stakeholder haben die identifizierten Themenschwerpunkte bezüglich Mitigation bestätigt und sich insbesondere für folgende Aspekte interessiert: Wirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels; Massnahmen, die gegen einen solchen ergriffen werden können; soziale Akzeptanz von Infrastrukturprojekten, neuen Technologien oder auch politischen Massnahmen; Kommunikation und die Rolle der Medien.

In weiteren Gesprächen mit ausgewählten Forschenden der Gemeinschaft (C2SM/ETH Zürich, MeteoSchweiz, Oeschger Center/Universität Bern u.a.) wurde eruiert, welche dieser Themen das grösste wissenschaftliche, aber auch inter- und transdisziplinäre Potenzial haben.

Diese ausgewählten Themen fließen nun direkt in Kapitel 4.2 und das vorgestellte Forschungsprogramm ein.

4.2 Das Forschungsprogramm: Konzept, Forschungslücken und Inhalte

Die in Absatz 4.1 dargelegten Recherchen mit den zwei Umfragen haben ergeben, dass neben den beiden traditionellen klimawissenschaftlichen Schwerpunktthemen der Mitigation und der Anpassung das Studium des Alpenraumes eine weitere wichtige Komponente darstellt. Die Schweiz, wie andere alpine Länder und Landschaften, ist seit jeher und besonders von extremen Wetterereignissen betroffen, was sich durch den Klimawandel verstärkt hat (CH2018 2018). Zudem stellt der Alpenraum eine einzigartige Landschaft dar und ist ein wichtiger sozioökonomischer und kultureller Raum, der durch soziodemographischen und klimatischen Wandel unter Druck steht (Eriksen und Hauri, 2021).

Weiter haben unsere Analysen ergeben, dass die Schweiz über eine starke Forschungsgemeinschaft sowohl in den physikalischen Klimawissenschaften als auch in der Forschung zu den Klimafolgen verfügt. Es wurde klar, dass auf dieses Wissen und das darin immer noch zur Verfügung stehende Innovationspotenzial weiterhin gebaut werden sollte. Aber gerade in der Vorbereitung zum NFP-Call im Frühjahr 2022 wurde allerdings klar, dass sich zwar auch die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, die Geistes- und Humanwissenschaften und weitere Wissenschaftszweige wie die Neurologie vermehrt mit dem Thema Klima auseinandersetzen, sich aber genau in diesen Bereichen noch sehr viele offene Forschungsfragen und v.a. auch Potenzial der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit vorhanden sind (siehe auch Wülser et al. 2021, Chapter 4). Gerade die Transdisziplinarität verfügt über geeignete Methoden, nicht nur die klimaphysikalischen, sondern auch die sozial- und geisteswissenschaftlichen Resultate in die Breite zu tragen, mit betroffenen Akteuren, Stakeholdern und der Bevölkerung gemeinsam zu entwerfen und umzusetzen. Im nachfolgenden Programmvorschlag machen wir uns deshalb diese neuen inter- und transdisziplinären Ansprüche zunutze. Wir skizzieren den systemischen Ansatz, wie schon oben kurz beschrieben, anhand von a) den physikalischen Grössen als Input, b) den Klimafolgen sowie den sozial-, wirtschafts-, und geisteswissenschaftlichen Ansätzen als natürliche und gesellschaftliche Prozesse und c) den transdisziplinären Methoden als Gestaltungshilfen der Outputs. Wichtig erscheint uns der Hinweis, dass die Abfolge Input-Prozess-Output nicht linearen Logiken zu folgen scheint und es auch Wechselwirkungen und Rückkoppelungen geben kann, nicht zuletzt auch zwischen den verschiede-

nen Anwendungsbereichen Mitigation, Anpassung und Alpenraum.

Ein weiterer wichtiger Hinweis ergibt sich aus der aktuellen politischen Diskussion zur Energieversorgung, der energiewissenschaftlichen Forschung sowie dem engen Zusammenhang zwischen Klima- und energierelevanten Entscheiden. In vielen Bereichen überschneiden sich deshalb Klima- und Energieforschung. Wir tragen diesen Überschneidungen dort Rechnung, wo es für die von uns identifizierten Forschungslücken Sinn macht, wissend, dass es, wie bei anderen Bereichen auch (z.B. den Klimafolgen und beim Forschungsprogramm des NCCS), momentan verschiedene, vor allem technologie- und praxisfokussierte Programme gibt (siehe Kapitel 2). Wie oben erwähnt sehen wir das nachfolgend in den Kapiteln 4.2.1 bis 4.2.4 präsentierte Forschungsprogramm als komplementär sowie umfassender und stärker auf Klimafragen fokussiert als diese Programme.

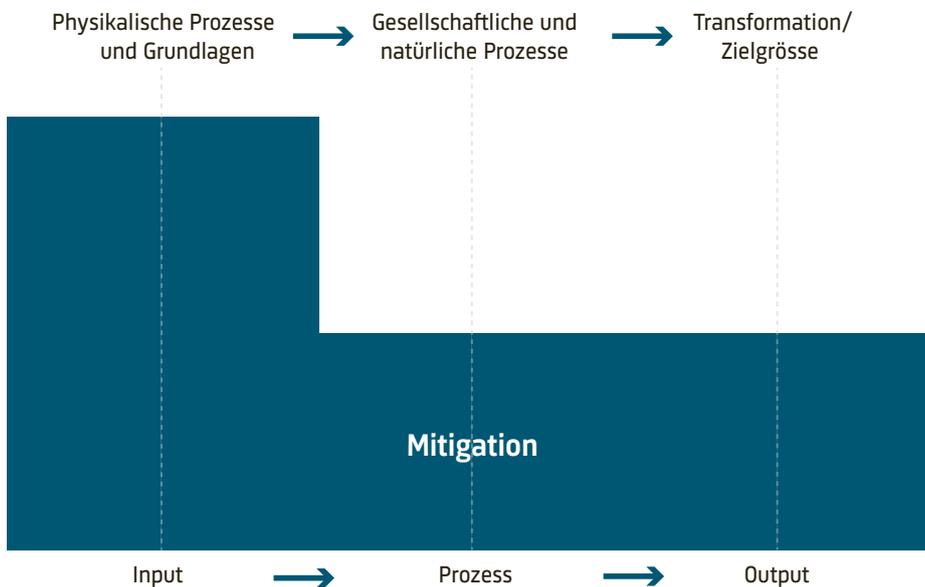
Siehe auch Tabelle 2 in Anhang 2 für eine Zusammenfassung der Forschungslücken und -fragen.

4.2.1 Mitigation

Als ersten Forschungsbereich stellen wir die Mitigation vor. Die angestrebte Zielgrösse ist hier – im Juni 2023 von der Bevölkerung mit der Annahme des Klima- und Innovationsgesetzes bestätigt – die Netto-Null-Gesellschaft. Die übergeordnete systemische Frage, die sich uns hier stellt, ist, welche sektoralen und vor allem auch sektorübergreifenden Transformationsprozesse angestossen werden können, um dieses Ziel zu erreichen. Welche Veränderungen sind am wirkungsvollsten und werden entsprechend priorisiert und wie werden Zielkonflikte identifiziert, kommuniziert und gelöst?

Input: Die grundsätzlichen Problemstellungen und Zielsetzungen für die Mitigation aufgrund des bestehenden Wissens zum Klimasystem sind bekannt (IPCC-Bericht 2021, 2022). Es gibt jedoch noch einige wichtige offene Fragen mit Relevanz für die Mitigation, beispielsweise bezüglich der wechselseitigen Beeinflussung von Nährstoffhaushalt und Kohlenstoffkreislauf. Dies bietet eine wichtige Grundlage für die Planung, die Abschätzung der Wirksamkeit und die Priorisierung von Mitigationsmassnahmen in Bereichen wie der Land- und Forstwirtschaft, dem Ernährungssystem oder von biologischen negativen Emissionen bzw. Senken.

Prozesse: Obwohl die Klimamitigation in verschiedenen Politikfeldern wie der Energiepolitik oder auch teilweise der Raumplanung bereits verankert ist, scheint eine der grösseren Herausforderungen zu sein, wie man konkret



die einzelnen wirtschaftlichen Sektoren, das heisst neben der Energiewirtschaft auch die Haushalte und den Privattransport sowie das Ernährungssystem dekarbonisieren kann (Rohrer und Sperr 2018). Allgemein benötigen wir mehr Wissen, wie tiefgreifende gesellschaftliche Veränderungen ablaufen und welche Faktoren zu Veränderungen führen. Konkret soll erforscht werden, wie Menschen auf unterschiedlichste Anreize aus der Politik und Wirtschaft, auf Information, aber auch auf Evidenz oder Geschichten reagieren, wenn es darum geht, neue Technologien oder Verhaltensweisen anzunehmen (Hofmann et al. 2023; Matuso et al. 2022; Fesenfeld and Rinscheid 2021). Nebst der Akzeptanz spielen dabei auch verhaltensökonomische und neuropsychologische Faktoren eine wichtige Rolle (Wyss et al. 2022; Brosch 2021).

Zusätzlich kann die Politikevaluation Antworten auf die Fragen liefern, wie sich politische Massnahmen in unterschiedlichen sozialen Kontexten und föderalen Ebenen in der Schweiz wirkungsvoll umsetzen lassen und welche Instrumente gut beziehungsweise weniger gut sowie in welcher Zusammensetzung und welcher Reihenfolge am wirkungsvollsten zum Ziel der Netto-Null-Gesellschaft beitragen (Mildenberger et al. 2022; Rogge und Dütschke 2018). Hier, aber auch aus ökonomischer und ethischer Sicht stellt sich zudem die Frage des gerechten und sozial verantwortungsvollen Umgangs mit Gewinner:innen und Verlierer:innen der angestrebten Transformation und von alternativen Wirtschaftsformen (Steffen and Schmidt 2021). Dabei spielt das Recht aufgrund seiner Steuerungsfunktion eine Schlüsselrolle, nicht nur bezüglich der Rahmengesetze, sondern auch der Regelungen wie der Berechnung der Zuteilung von CO₂-Budgets. Zahlreiche Klimaklagen unterstreichen das Bedürfnis nach Antwort

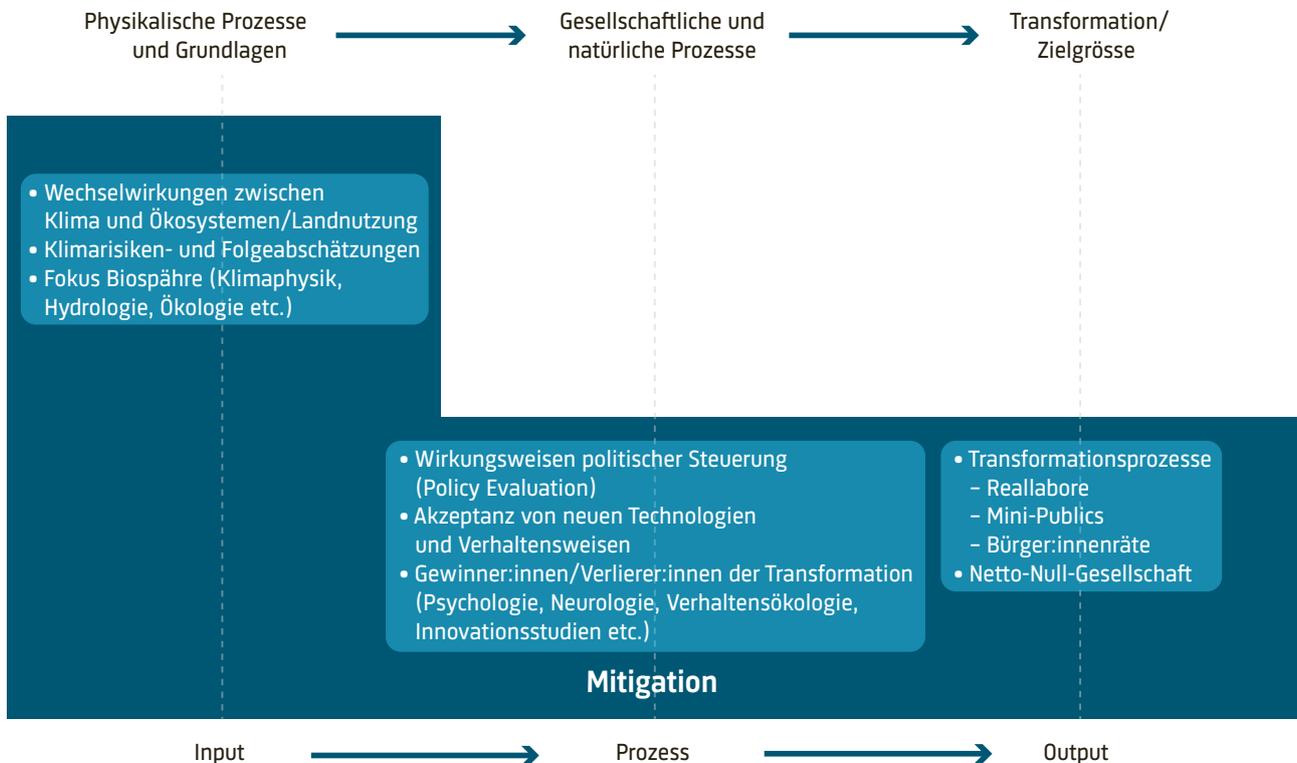
ten aus der Rechtsprechung.

Output: Auf der Transformations- und Impact-Seite stellen sich zwei Fragen: Welche Wege zur Netto-Null-Zielerreichung gibt es? Wo und wie lassen sich dabei die verschiedenen Stakeholder in das Co-Design von Massnahmen einbeziehen? Zwei konkrete Beispiele seien hier genannt, welche sich weiterentwickeln, bzw. für dieses Forschungsprogramm anpassen lassen: Das eine sind Reallabore (Pärli et al. 2022.), in denen ausgewählte Bevölkerungsgruppen an eine neue Wirklichkeit zum Beispiel in der Ernährung, dem Transport, oder dem Wohnen herangeführt werden. Das andere

sind erweiterte Methoden der Partizipation, zum Beispiel in Bürger:innen-Räten oder Mini-Publics. Diese können helfen, neue Verhaltensweisen, aber auch neue politische Regulierungsformen in die Breite der Gesellschaft zu tragen (Fesenfeld et al. 2023). Die generelle Frage, wie effizient und effektiv demokratische und föderale Systeme für Transformationsprozesse sind, lässt sich so kritisch überprüfen und so können demokratische und föderale Alternativen entwickelt werden.

Verbindende oder überlappende Elemente mit Anpassung: Es gibt wichtige Überlappungen zwischen Mitigation und dem nachfolgend skizzierten Bereich der Anpassung, die in sich auch eine Forschungslücke bedeuten (siehe Seneviratne et al. 2018). Beides ist für die Schweiz zentral, da der bereits eingetretene Klimawandel und aufgrund der für die Mitigation benötigten Zeit, Anpassungen unausweichlich macht. Gerade wenn es um naturbasierte Lösungen (nature-based solutions) geht, wie die Aufforstung oder die Konservierung von bestehenden Wäldern oder anderen Ökosystemen, gibt es ein grosses Potenzial, doppelt zu profitieren. Konkret ist ein Schutzwald gleichzeitig auch eine CO₂-Senke und trägt im besten Fall also zu beiden Anwendungsbereichen, der Anpassung und der Mitigation, bei. Solche «co-benefits» können noch vertiefter und spezifischer für den Schweizer Kontext identifiziert werden (Giordano et al. 2020; Hasnoot et al. 2020).

Ein weiteres verbindendes Thema ist die gezielte und aktive Kommunikation zu Klimarisiken und Anpassung: Wann und wie passt man sich an, wo ist man resilient und wo bedarf es einer Transformation? Die Kommuni-



Figur 2: Schaubild Anwendungsbereich Mitigation

kationswissenschaften bieten hier geeignete Ansätze an der Schnittstelle zwischen Mitigation und Adaptation (Strauss et al. 2022; Schäfer et al. 2021).

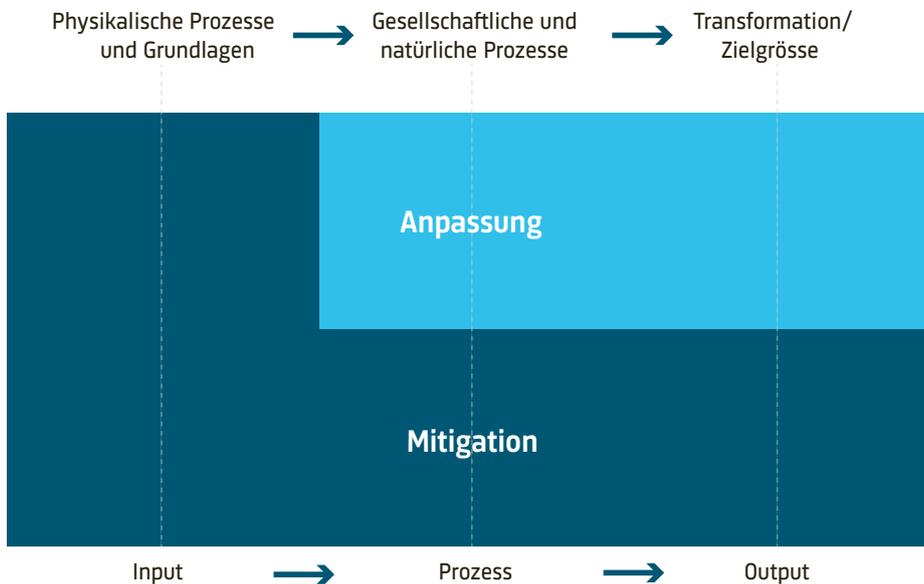
4.2.2 Anpassung

Der zweite Forschungsbereich ist die Klimaanpassung mit der Zielgrösse einer klimaresilienten Gesellschaft. Die übergeordnete Frage hier ist, wie wir die Klimaanpassung in der Schweiz in diesem Sinne ausgestalten und gleichzeitig andere Ziele wie Mitigation, die Erhaltung von Ökosystemdienstleistungen, Ressourceneffizienz und weitere Nachhaltigkeitsziele erreichen können. Dabei können wir uns auch die Digitalisierung und Big Data zu Nutzen machen. Aufgrund der Unsicherheiten in der regionalen Klimaentwicklung bewegen wir uns dabei immer im Kontext des «Entscheidens unter Unsicherheiten» und es stellt sich die Frage, wo wir Anpassungsprioritäten setzen möchten, in welchen Sektoren, Branchen und auch Gebieten, und wo wir uns aktiv, wo eher passiv an Veränderungen anpassen.

Input: Für eine wirkungsvolle Klimaanpassung ist es grundsätzlich relevant, Klimarisiken adäquater zu erfassen (Simpson et al. 2021). Dies gilt insbesondere für die regionale Ebene. Neben den langfristigen, schleichenden

Veränderungen ist das Wissen zu Veränderungen bei extremen Ereignissen (z.B. Hitzewellen oder Starkniederschläge) sehr wichtig, da diese einen grossen Einfluss auf unsere Gesellschaft und Wirtschaft haben. Hierbei sind mögliche Veränderungen von Wetterlagen bzw. der atmosphärischen Zirkulation auf regionaler Ebene von grundlegender Bedeutung. Dabei geht es unter anderem darum, Kenntnisse zu den Zeitskalen der Persistenz von Wetterlagen und deren verschiedenen Folgen (zum Beispiel auf die Gesundheit oder die Landwirtschaft oder den Wasserhaushalt allgemein) zu gewinnen. Die grossen Datenmengen sowie Technologien des Datenmanagements und der Künstlichen Intelligenz vermehrt und besser zu nutzen scheint hier unabdingbar. Die Entwicklung eines digitalen Klima-Wetter-Impact-Zwillings böte hier eine Chance, die Klimaphysik und -folgen näher aneinander zu bringen, sowie die riesigen Datenmengen und neue digitale Technologien konkret zu nutzen (siehe als Beispiel EC 2022). Dies könnte auch für die Mitigation genutzt werden und ein verbindendes Element aller Forschungsbereiche werden.

Prozess: Auch wenn wir auf der Input-Seite die Wechselwirkungen zwischen Klima und einzelnen Ökosystemen besser verstehen sowie einen speziellen Fokus auf extreme Wetterereignisse setzen, wissen wir noch nicht genau, wie konkret eine resiliente Schweiz und Gesell-



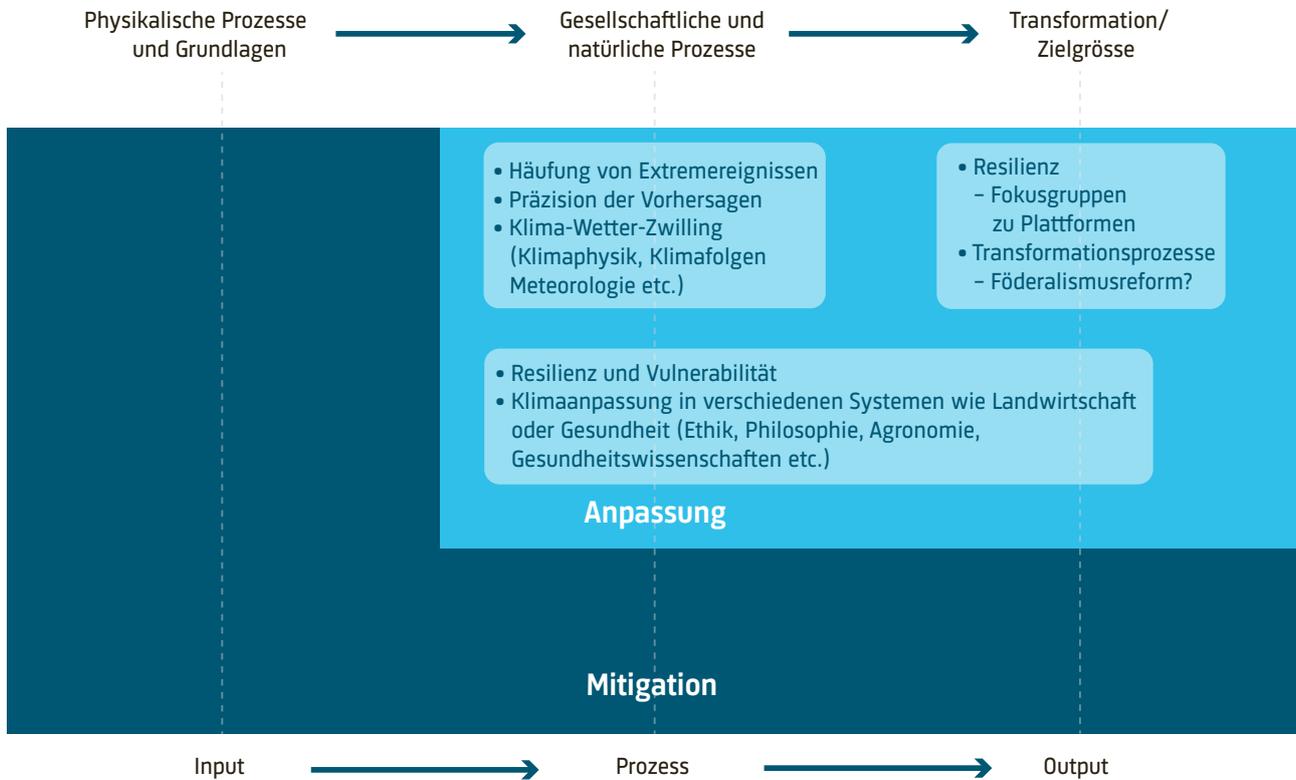
schaft aussähe und wie einzelne Adressaten auf Wandel, aber auch auf verbesserte Information (bessere Vorhersagen, mehr Informationen zu extremen Wetterereignissen, etc.) reagieren. Der Klimawandel und die Zunahme der Durchschnittstemperatur, extreme Wetterereignisse, eine veränderte Dauer von Jahreszeiten mit phänologischen, hydrologischen und weiteren Einflüssen können je nach Sektor oder gesellschaftlichem Kontext ganz unterschiedlich eingeschätzt werden. Oder anders gesagt, die Klimaanpassung kann von Untätigkeit bis zu einer extrem angepassten oder veränderten Verhaltensweise reichen. Es ist letztlich auch eine normative und ethische, vielleicht sogar philosophische Frage, wer sich wann, wie und wie stark anpasst (aktiv oder passiv; Byskov et al. 2021; Thiery et al. 2021). Die Erörterung der Resilienz sowie der Vulnerabilität, aber auch der Lebensqualität von einzelnen Gebieten und Bevölkerungsgruppen sollte hier im Fokus stehen (siehe Bresch et al. 2014 für eine Anwendung im Privatsektor). Dies kann auf verschiedene Sektoren angewendet und ausgeweitet werden wie die Landwirtschaft oder auch die menschliche Gesundheit (Vicedo-Cabrera et al. 2021; Meuwissen et al. 2019). Und dann stellen sich auch noch Fragen der Kosten-Nutzen-Analyse sowie der Identifikation und des Umgangs mit möglichen Gewinner:innen und Verlierer:innen des Klimawandels, aber auch von möglichen Anpassungsmassnahmen. Rechtliche Fragen im Bereich Anpassung sind noch weitgehend unerforscht, teilweise wohl auch aufgrund des Föderalismus.

Output: Die Resilienz gegenüber dem Klimawandel kann erhöht werden, wenn man die Klimaanpassung so gestaltet, dass sie zu den Problemcharakteristiken passt (Ingold et al. 2018): Die Klimafolgen betreffen verschiedene

Sektoren, Ökosysteme und Landnutzungsformen (NCCS 2018). Sie betreffen aber nicht die ganze Schweiz gleichermaßen: Aufgrund ihrer topographischen oder sozioökonomischen Gegebenheiten sind einige Kantone, Regionen oder gar Gemeinden ähnlich oder eben ganz unterschiedlich von den Klimafolgen wie extremen Wetterereignissen (Dürre, Hitze, Starkniederschläge, Überschwemmungen, etc.) betroffen. Impact-basierte Warnungen werden in diesem Kontext immer wichtiger. Anhand von transdisziplinären Methoden wie Fokusgruppen oder Runden Tischen könnten verschiedene

Formate die dem sektor- und ebenenübergreifenden Naturell der Klimaanpassung gerecht werden, ausprobiert und auf ihre Effizienz und Angepasstheit evaluiert werden (Martin et al. 2022). Diese Analysen haben nicht zuletzt rechtliche und politikwissenschaftliche Implikationen auf die Ausgestaltung oder gar eine Reform unseres Föderalismus.

Verbindende und überlappende Elemente mit den Bereichen Mitigation und Alpenraum: Die Resilienz sowie der Transformationsprozess der Anpassung sind beide für die Anwendungsbereiche der Adaptation und des Alpenraumes hochrelevant. In verschiedenen Landschaftsgebieten und Regionen der Schweiz, und so insbesondere auch im Alpenraum, bedeutet «sich anpassen» auch, einen kulturellen Wandel auf sich zu nehmen und sich Fragen zu stellen wie: Wie oft möchte ich noch pro Jahr in die Ferien fliegen? Wie viel Fleisch esse ich noch pro Woche? Schicke ich meine Kinder noch in die Skischule? Dies sind alles Fragen, die einerseits individuell beantwortet werden müssen, aber die in ihrer Gesamtheit grosse Implikationen auf ganze Geschäfts- und Wirtschaftszweige, auf die Kultur und die Gesellschaft in unserem Land haben. Dazu kommt, dass nicht alle Individuen die gleichen Möglichkeiten zur Anpassung ihres Handelns haben. «Neue» klimawissenschaftliche Disziplinen der Anthropologie, der Kulturgeschichte, der Innovationsstudien oder auch der Verhaltenspsychologie werden hier eingeladen sein, Antworten zu finden.



Figur 3: Schaubild Anwendungsbereich Anpassung

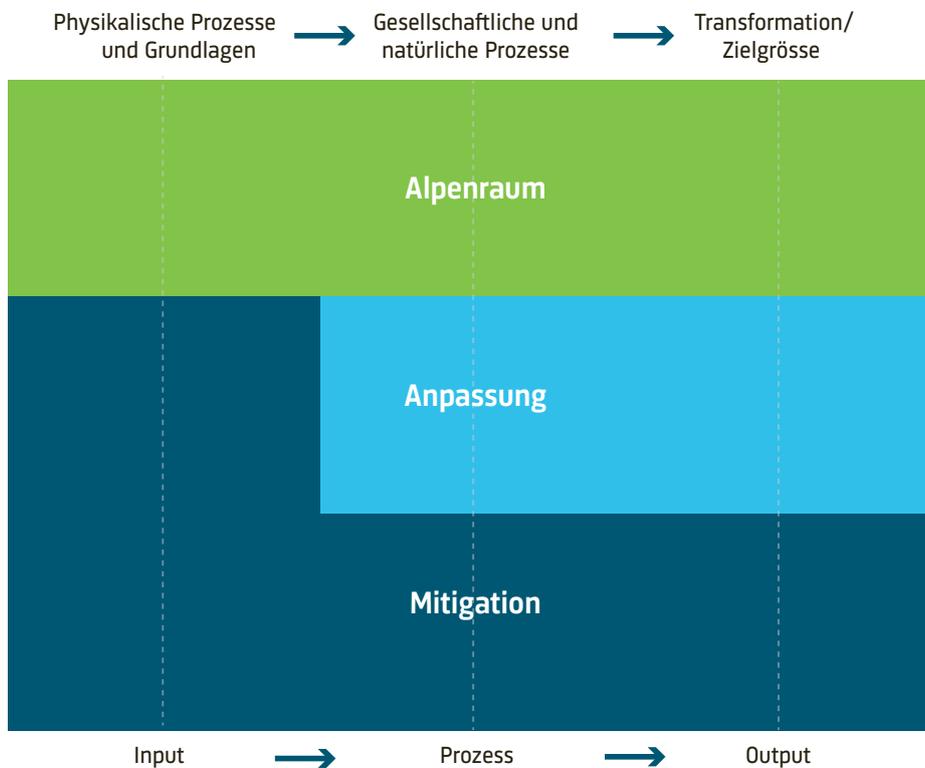
4.2.3 Alpenraum

Für den dritten und letzten Forschungsbereich wählen wir einen räumlichen Ansatz und fokussieren auf den Alpenraum Schweiz. Aufgrund des raumbezogenen Fokus finden sich hier verschiedene Forschungsfragen und Themen der Mitigation sowie der Anpassung wieder. Das Einzugsgebiet des Alpenraumes umfasst in vielen Bereichen auch das Schweizer Flachland und urbane Gebiete. Es ist zudem oft grenzüberschreitend und verschiedene klimarelevante Fragestellungen betreffen somit nicht nur die Schweiz. Wir fassen also den Alpenraum relativ breit in der nachfolgenden Darlegung.

Die Schweiz, insbesondere als Alpenland, ist besonders vulnerabel gegenüber extremen Wetterereignissen und temperaturbedingten Schwankungen (siehe zum Beispiel Brosse et al. 2022). Der Alpenraum bietet aber auch Möglichkeiten der Klimamitigation, nicht zuletzt durch die Förderung erneuerbarer Energien in schon infrastrukturschweren Gebieten. Der Alpenraum als überregionales Gebiet mit seinem Einzugsgebiet bis in die Niederungen kann also sowohl als räumliches «Testfeld» für die Forschungsfragen der Klimamitigation (wie erreichen wir das Netto-Null-Ziel?) wie auch der Klimaanpassung (wie sieht eine resiliente Schweiz aus?) dienen.

Input: Ähnlich wie beim Anwendungsbereich «Anpassung» verspricht auch hier die Betrachtung der Schnittstelle von (regionaler) Klima- und Impaktmodellierung wichtige zusätzliche Erkenntnisse und es lohnt sich, in die Weiterentwicklung hochaufgelöster Klimamodelle zu investieren. Dies würde helfen, die Unsicherheiten über die zukünftige Klimaentwicklung zu reduzieren und lineare, aber auch nicht-lineare Veränderungen besser zu verstehen. Auch hier könnte ein Wetter-Klima-Zwilling, speziell ausgerichtet auf den Alpenraum, zielführend sein.

Prozess: Die Alpen sind ein funktionaler Raum, der verschiedenen Ansprüchen genügen sollte (Balsiger 2011). Diese Ansprüche verändern sich, nicht nur bedingt durch den Klimawandel, auch im Nachgang der Corona-Krise oder aus anderen soziodemographischen, auch kulturellen und wirtschaftlichen Gründen (Wirth et al. 2022). Wie sieht der Alpenraum der Zukunft aus und was bedeutet das für die aktuell installierte Infra- und Siedlungsstruktur, den Transport, aber auch das Wasserregime? Welches sind die spezifischen Herausforderungen bei Mitigation, Anpassung und Resilienz? Um diese Fragen zu beantworten ist ein interdisziplinäres Zusammenspiel nötig, zum Beispiel zwischen Geographie und Ingenieurwissenschaften, Tourismus- und Wirtschaftswissenschaften.



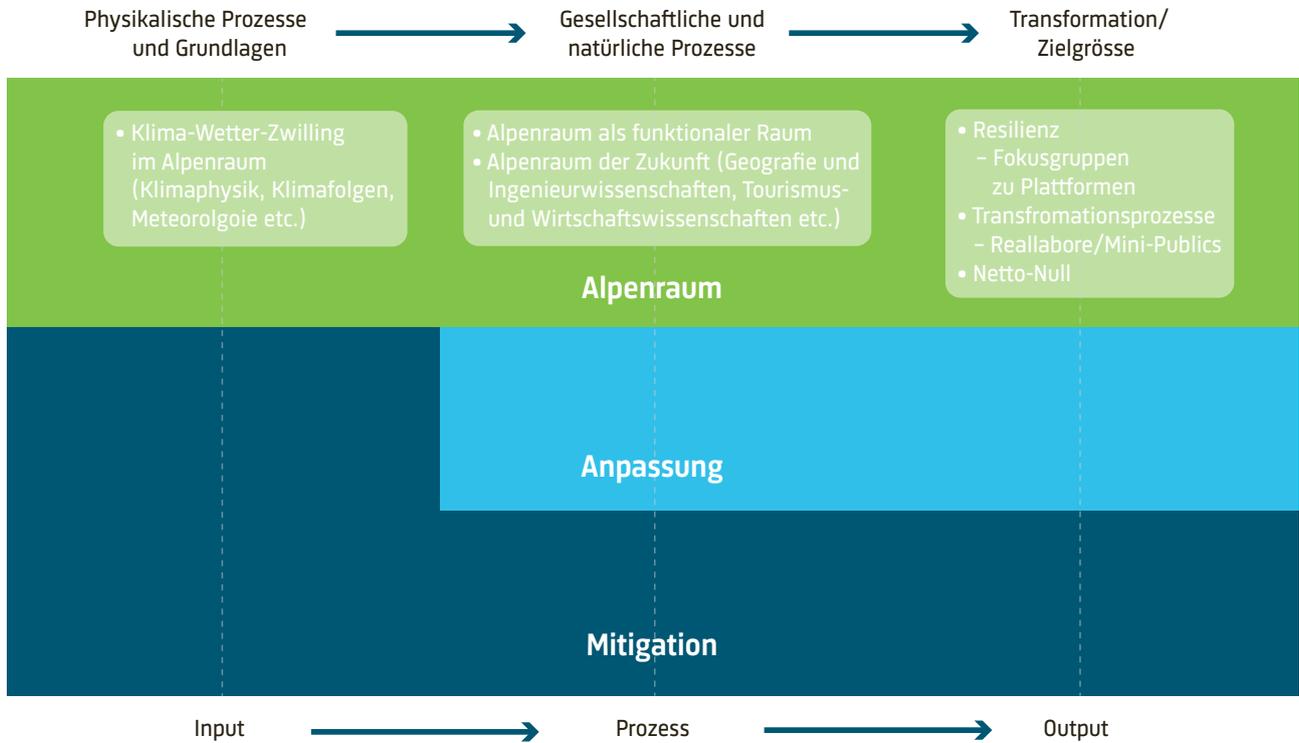
Output: Der Alpenraum könnte als Pilot fungieren, nicht nur um einen digitalen Zwilling auf Input-Seite, sondern auch um die verschiedenen Ansätze und Methoden der Inter- und Transdisziplinarität zu testen. So könnten die ersten Reallabore, Mini-Publics und eine Fokusgruppe Alpen in diesem Pilot starten, um innovative Lösungen für eine resiliente Alpen- und Netto-Null-Gesellschaft zu entwickeln. Wie nachfolgend erklärt, kann diese Erfahrung dann auch in andere Räumlichkeiten oder Sektoren getragen werden.

Dieses Forschungsprogramm und sein Konzept verfolgen sozusagen ein Bausatzsystem, wo die horizontalen Ebenen oder auch die einzelnen Pakete (Input-Prozesse-Output) innerhalb des systemischen Ansatzes entweder komplett ausgetauscht oder aber auch ergänzt werden können.

4.2.4 Mögliche weitere Forschungs- und Anwendungsbereiche

Anstatt oder zusätzlich zu den Alpenräumen könnte man sich auch auf andere Regionen der Schweiz fokussieren, wie zum Beispiel urbane Gebiete und einzelne Städte oder ausgewählte Gemeinden.

Ein anderer, nicht räumlicher, sondern sektoraler Ansatz wäre, sich auf einzelne Wirtschaftszweige oder Sektoren wie die Landwirtschaft, die Gesundheit, die Energie, das Transportwesen etc. zu fokussieren und so den systemischen Ansatz von Input über Prozesse bis hin zur Transformation aus Sicht der Mitigation und/oder der Anpassung durchzuspielen.



Figur 4: Schaubild Forschungsbereich Alpenraum

5 Optionen für ein Forschungsprogramm

Wie in Kapitel 3 dargelegt, ist ein NCCR am besten geeignet, um die identifizierten Forschungslücken zu adressieren, auch wenn ein NCCR nicht alle Forschungsbereiche abdecken kann. Im Spätherbst 2023 hat der SNF eine thematisch offene NCCR-Ausschreibungsrunde initiiert. Der Zeitpunkt dieser Ausschreibung passt ideal in den Zeitplan dieses Forschungskonzepts. Basierend auf der vorliegenden Arbeit hat bereits eine frühzeitige Koordination der Forschungsgemeinschaft stattgefunden mit dem Ziel, in thematischen Forschungsbereichen zusammenzuarbeiten.

Für einen NCCR kommen zahlreiche klimabezogene Themen in Frage, unter anderem die in Kapitel 4 skizzierten Forschungsbereiche.

Im Folgenden sind einige grundsätzliche Überlegungen zur Themenwahl aufgeführt:

- Mit den sozial- und geisteswissenschaftlichen Fragen, die vor allem den Forschungsbereich Mitigation betreffen, hat sich noch kein nationales Forschungsprogramm als Hauptfokus beschäftigt. Zwar haben viele Forschungsprogramme solche Fragen auch behandelt, aber meist nur am Rande und bezüglich Impacts auf die Gesellschaft oder auf spezifische Fragestellungen (z. B. das SCCER CREST im Bereich Energie). Auch fehlt in diesem Bereich bisher ein umfassendes Forschungsnetzwerk über die verschiedenen Disziplinen und Fragestellungen hinweg, auch wenn die Tätigkeiten der Akademien und die Arbeiten in diversen Forschungsprojekten und -programmen den Austausch zwischen den Forschenden in den letzten Jahren verstärkt haben.
- Auch im Forschungsbereich Impacts und Anpassung gibt es noch zahlreiche wichtige Forschungslücken, wie die ausführliche Erhebung im Jahr 2018 gezeigt hat. Zwar gibt es dazu ein Programm des NCCS, «NCCS-Impacts», doch ist dieses stark praxisorientiert und fokussiert vor allem auf Klimadienstleistungen. Die Schweiz ist vom Klimawandel vor allem aufgrund seiner geographischen Lage – sie liegt in bzw. nahe an einem Gebirgsraum, dem Alpenraum, sowie im Übergangsbereich von der mediterranen zur gemässigten Klimazone – in sehr vielen Bereichen betroffen. Damit stellen sich hier zahlreiche komplexe Fragen, insbesondere auch bezüglich der Kombination von Extremeignissen. Die Anpassung ist deshalb für Wirtschaft und Gesellschaft in der Schweiz von hoher Bedeutung.

- Der Forschungsbereich Alpenraum ist vor allem deshalb wichtig, weil ein Gebirge bezüglich Auswirkungen des Klimawandels und damit auch der Anpassung ein spezielles Umfeld schafft, das entsprechend spezifische Probleme und Fragestellungen aufwirft. Ein NCCR, der auf den Alpenraum fokussiert, kann diese Eigenheiten adäquat erfassen.

Unabhängig der Themenwahl und des Forschungsfokus sind auch weiterführende Anstrengungen, die Schweiz wieder in die Europäische Forschungslandschaft zu integrieren, sehr wichtig: viele klimarelevante Forschungslücken werden durch Verbundprojekte und internationale Kollaborationen wie das Digital Europe Programm, das sich auch mit digitalen Zwillingen befasst, adressiert. Die direkte europäische Zusammenarbeit ist für die Forschung sehr wichtig und kann durch die Übergangsfinanzierung nur ungenügend ersetzt werden.

Referenzen

- Balsiger J (2011) **New environmental regionalism and sustainable development**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 14, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.019>
- Boulouchos K et al. (2020) **Energieforschung 2020+ in der Schweiz – Empfehlungen für zukünftige programmatische Finanzierung**. Positionspapier der Erweiterten Energiekommission der Akademien der Wissenschaften Schweiz. Bern.
- Bresch DN, Berghuijs J, Egloff R, Kupers R (2014) **A resilience lens for enterprise risk management**. In Amsterdam University Press eBooks (S. 49–66). <https://doi.org/10.1515/9789048524358-006>
- Brosch T (2021) **Affect and emotions as drivers of climate change perception and action: a review**. *Current opinion in behavioral sciences*, 42, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.02.001>
- Brosse M, Benateau S, Gaudard A, Stamm C, Altermatt F (2022) **The importance of indi-rect effects of climate change adaptations on alpine and pre-alpine freshwater systems**. *Ecological solutions and evidence*, 3 (1). <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12127>
- Byskov MF, Hyams K, Satyal P, Anguelovski I, Benjamin L, Blackburn S, Borie M, Caney S, Chu E, Edwards G, Fourie K, Fraser A, Heyward C, Jeans H, McQuistan C, Paavola J, Page EC, Pelling M, Priest SJ, ... Venn A (2021) **An agenda for ethics and justice in adaptation to climate change**. *Climate and Development*, 13 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1700774>
- CH2018 (2018) **CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report**. National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp. ISBN: 978-3-9525031-4-0
- Eriksen C, Hauri A (2021) **Klimawandel in den Schweizer Alpen. CSS Analysen zur Sicherheitspolitik**. 290. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000500123>
- Fesenfeld L et al. (2023) **Wege in die Ernährungszukunft der Schweiz: Leitfaden zu den grössten Hebeln und politischen Pfaden für ein nachhaltiges Ernährungssystem**. SDSN Schweiz. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7543576>
- Fesenfeld, L. P, Rinscheid A (2021) **Emphasizing urgency of climate change is insufficient to increase policy support**. *One earth*, 4 (3), 411–424. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.010>
- Giordano R, Pluchinotta I, Pagano A, Scricciu A, Nanu F (2020) **Enhancing nature-based solutions acceptance through stakeholders' engagement in co-benefits identification and trade-offs analysis**. *Science of The Total Environment*, 713, 136552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136552>
- Haasnoot M, Biesbroek R, Lawrence J, Muccione V, Lempert RJ, Glavovic B (2020) **Defining the solution space to accelerate climate change adaptation**. *Regional Environmental Change*, 20 (2). <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01623-8>
- Hofmann B, Ingold K, Stamm C, Ammann P, Eggen RI, Finger R, Fuhrimann S, Lienert J, Mark J, McCallum CS, Probst-Hensch N, Reber U, Tamm L, Wiget M, Winkler M., Zachmann L, Hoffmann S (2023) **Barriers to evidence use for sustainability: Insights from pesticide policy and practice**. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 52 (2), 425–439. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01790-4>
- Ingold K, Driessen, PPJ, Runhaar H, Widmer A (2018) **On the necessity of connectivity: linking key characteristics of environmental problems with governance modes**. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62 (11), 1821–1844. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1486700>
- Jia G et al. (2019) **Land-Climate Interactions. Germany**. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/08/05_Chapter-2-V3.pdf on 06 Jun 2023. CID: 20.500.12592/k0rb3r.
- Martin MA, Boakye EE, Boyd E, Broadgate W, Bustamante MMC, Canadell JG, Carr ER, Chu E, Cleugh H, Csevár S, Daoudy M, De Bremond A, Dhimal M, Ebi KL, Edwards C, Fuss S, Girardin MP, Glavovic B, Hebden, S., ... Zhao, JZ (2022) **Ten new insights in climate science 2022**. *Global Sustainability*, 5(E20). <https://doi.org/10.1017/sus.2022.17>
- Matsuo T, Malhotra A, and Schmidt T S (2022) **Catching-up in green industries: the role of prod-uct architecture**. *Innovation and Development*, p. 1-30. doi.org/10.1080/2157930x.2022.2115192
- Meuwissen MP, Feindt PH, Spiegel A, Termeer CJ, Mathijs E, De Mey Y, Finger R, Balmann A, Wauters E, Urquhart J, Viganì M, Zawalińska K, Herrera H, Nicholas-Davies P, Hansson H, Groot JC, Slijper T, Coopmans I, Vroeghe W, ...Reidsma P (2019). **A framework to assess the resilience of farming systems**. *Agricultural Systems*, 176, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Mildenberger M, Lachapelle E, Harrison K, Stadelmann-Steffen I (2022) **Limited impacts of carbon tax rebate programmes on public support for carbon pricing**. *Nature Climate Change*, 12 (2), 141–147. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01268-3>
- Pärli R, Stauffacher M, Seigo SL, Probst M, Pearce BJ (2022) **Designing interventions for sustainable change in a real-world laboratory**. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02659-y>
- Rogge KS, Dütschke E (2018) **What makes them believe in the low-carbon energy transition? Exploring corporate perceptions of the credibility of climate policy mixes**. *Environmental Science & Policy*, 87, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.009>
- Rohrer J, Sperr N (2018) **Die Folgen der Dekarbonisierung des Energiesystems auf die Schweizer Stromversorgung**. ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. <https://doi.org/10.21256/zhaw-4826>
- Schäfer MS, Painter J (2021) **Climate journalism in a changing media ecosystem: Assessing the production of climate change-related news around the world**. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12 (1). <https://doi.org/10.1002/wcc.675>
- Scherrer SC, Fischer EM, Posselt R, Liniger MA, Croci-Maspoli M, Knutti R (2016) **Emerging trends in heavy precipitation and hot temperature extremes in Switzerland**. *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(6), 2626–2637. <https://doi.org/10.1002/2015jd024634>
- Seneviratne SI, Phipps SJ, Pitman AJ, Hirsch AL, Davin E, Donat MG, Hirschi M, Lenton A, Wilhelm M, Kravitz B (2018) **Land radiative management as contributor to regional-scale climate adaptation and mitigation**. *Nature Geoscience*, 11 (2), 88–96. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0057-5>

- Simpson NP, Mach KJ, Kawaguchi S, Hess JJ, Hogarth R, Howden M, Lawrence J, Lempert RJ, Muccione V, Mackey B, New M, O'Neill BP, Otto FEL, Pörtner H, Reisinger A, Roberts D, Schmidt DN, Seneviratne SI, Strongin S, ... Trisos CH (2021) **A framework for complex climate change risk assessment**. *One Earth*, 4 (4), 489–501. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>
- Steffen B, Schmidt TS (2021) **Strengthen finance in sustainability transitions research**. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 41, 77-80.
- Strauss N, Painter J, Ettinger J, Doutreix M, Wonneberger A, Walton P.(2021) **Reporting on the 2019 European Heatwaves and Climate Change: Journalists' Attitudes, Motivations and Role Perceptions**. *Journalism Practice*, 16 (2–3), 462–485. <https://doi.org/10.1080/17512786.2021.1969988>
- Thiery W, Lange S, Rogelj J, Schleussner C, Gudmundsson L, Seneviratne SI, Andrijevic M, Frieler K, Emanuel K, Geiger T, Bresch DN, Zhao F, Willner S, Büchner M, Volkholz J, Bauer N, Chang J, Ciais P, Dury M, ... WadaY (2021) **Intergenerational in-equities in exposure to climate extremes**. *Science*, 374 (6564), 158–160. <https://doi.org/10.1126/science.abi7339>
- Vicedo-Cabrera AM, Scovronick N, Sera F, Royé D, Schneider R, Tobias A, CA, Guo Y, Honda Y, Hondula DM, Abrutzky R, Tong SY, De Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, Saldiva, PHN, Lavigne E, Correa P, Ortega, NV, Kan H, Osorio S, ... Gasparrini A (2021) **The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change**. *Nature Climate Change*, 11 (6), 492–500. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x>
- Wirth S, Tanner MB, Mayer H (2022) **Social innovations in tourism: Analysing processes, actors, and tipping points**. *Tourism Geographies*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/14616688.2022.2155697>
- Wülser G et al. (2020) **Priority Themes for Swiss Sustainability Research**. *Swiss Academies Reports* 15 (5)
- Wülser G, Edwards P (2023) **Lighthouse Programmes in Sustainability and Innovation**. *Research Swiss Academies Reports* 18 (2)
- Wyss A, Knoch D, Berger S (2022) **When and how pro-environmental attitudes turn into behavior: The role of costs, benefits, and self-control**. *Journal of Environmental Psychology*, 79, 101748. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101748>

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
C2SM	Center for Climate Systems Modeling
ETH	Eidg. Technische Hochschule
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen)
NCCR	National Centre of Competence in Research
NCCS	National Centre for Climate Services
NFP	Nationales Forschungsprogramm
NFS	Nationale Forschungsschwerpunkte
OCCR	Oeschger Center for Climate Change Research
SCCER	Swiss Competence Center for Energy Research
SCNAT	Akademie der Naturwissenschaften Schweiz
SDGs	Sustainable Development Goals (Ziele für nachhaltige Entwicklung)
SNF	Schweizerischer Nationalfonds
SWEET	SWiss Energy research for the Energy Transition
WSL	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

SCNAT - vernetztes Wissen im Dienste der Gesellschaft

Die **Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)** engagiert sich regional, national und international für die Zukunft von Wissenschaft und Gesellschaft. Sie stärkt das Bewusstsein für die Naturwissenschaften als zentralen Pfeiler der kulturellen und wirtschaftlichen Entwicklung. Ihre breite Abstützung macht sie zu einem repräsentativen Partner für die Politik. Die SCNAT vernetzt die Naturwissenschaften, liefert Expertise, fördert den Dialog von Wissenschaft und Gesellschaft, identifiziert und bewertet wissenschaftliche Entwicklungen und legt die Basis für die nächste Generation von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern. Sie ist Teil des Verbundes der Akademien der Wissenschaften Schweiz.

ProClim ist das Forum für Klima und globale Umweltveränderungen der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT). ProClim dient in diesen Themenbereichen als Schnittstelle zwischen Wissenschaft einerseits, und öffentlicher Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit andererseits und fördert die Kommunikation zwischen diesen Kreisen.