



## Report

# **CH-Impacts. Klimaszenarien CH2018 und daraus abgeleitete Folgen für die Schweiz – wie weiter? Grundlagenbericht des Vorprojekts**

### **Author(s):**

Müller-Ferch, Gabriele; Ambühl, Hannah; Bresch, David N.; Croci-Maspoli, Mischa; Engel, Tanja; Hama, Michiko; Hohmann, Roland; Hosi, Sanja; Neu, Urs; Plattner, Gian-Kasper; Stocker, Thomas

### **Publication Date:**

2019-10

### **Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000364227> →

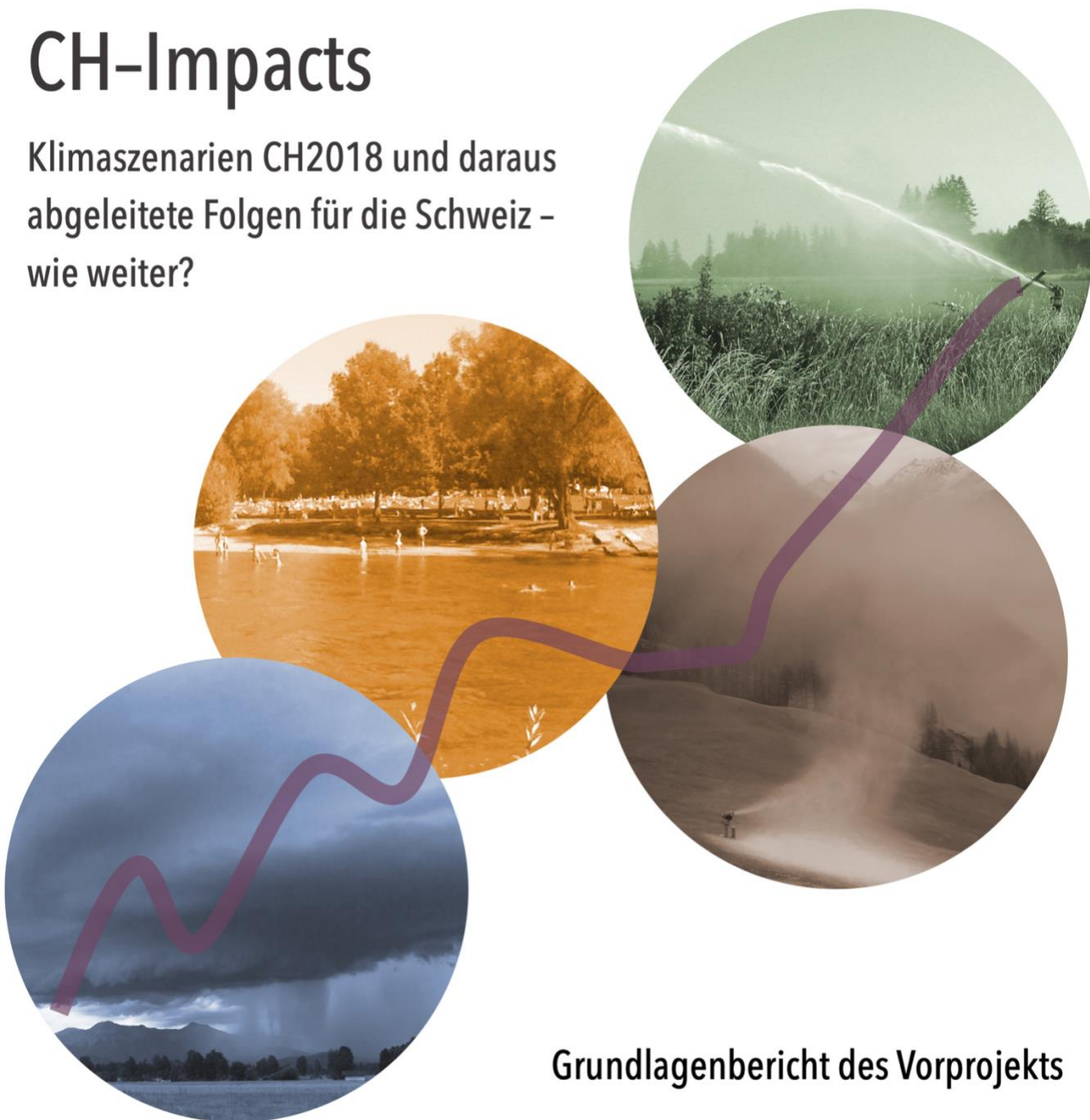
### **Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

# CH-Impacts

Klimaszenarien CH2018 und daraus  
abgeleitete Folgen für die Schweiz –  
wie weiter?



Grundlagenbericht des Vorprojekts



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

National Centre for Climate Services NCCS  
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz  
Bundesamt für Umwelt BAFU

*u<sup>b</sup>*

UNIVERSITÄT  
BERN

OESCHGER CENTRE  
CLIMATE CHANGE RESEARCH



**ETH** zürich sc | nat <sup>■</sup>



Universität  
Zürich <sup>UZH</sup>

Science and Policy  
Platform of the Swiss Academy of Sciences  
ProClim  
Forum for Climate and Global Change

## Impressum

### Projektsteuerung – Geschäftsführender Lenkungsausschuss

Executive Steering Committee: David Bresch (ETHZ), Mischa Croci-Maspoli (MeteoSchweiz), Michiko Hama (NCCS), Roland Hohmann (BAFU), Gabriele Müller-Ferch (ProClim), Gian-Kasper Plattner (WSL), Thomas Stocker (Universität Bern). Vorsitz: David Bresch (ETHZ)

### Projektleitung

Gabriele Müller-Ferch (ProClim)

### Autorinnen und Autoren

Gabriele Müller-Ferch (ProClim), Hannah Ambühl (ProClim), David Bresch (ETHZ), Mischa Croci-Maspoli (MeteoSchweiz), Tanja Engel (ProClim), Michiko Hama (NCCS), Roland Hohmann (BAFU), Sanja Hosi (ProClim), Urs Neu (ProClim), Gian-Kasper Plattner (WSL), Thomas Stocker (Universität Bern)

### Redaktion

Sanja Hosi (ProClim), Gabriele Müller-Ferch (ProClim)

### Layout und Titelbild

Hannah Ambühl (ProClim)

### Herausgeberin

ProClim – Forum für Klima und Globalen Wandel  
Akademie für Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)

### Zitierung

CH-Impacts (2019). Klimaszenarien CH2018 und daraus abgeleitete Folgen für die Schweiz – wie weiter? Grundlagenbericht des Vorprojekts. Publiziert von ProClim, BAFU, ETHZ, MeteoSchweiz, NCCS, Universität Bern, Universität Zürich und WSL. Bern, Schweiz, 50 S.  
doi: [10.3929/ethz-b-000364227](https://doi.org/10.3929/ethz-b-000364227)

## Zusammenfassung

Die neuen Klimaszenarien CH2018 zeigen klarer als je zuvor, wo und wie der Klimawandel die Schweiz treffen kann. Die Auswirkungen auf die Gesellschaft, Wirtschaft und Natur sind bereits heute spürbar. Wie bei den vorhergehenden Klimaszenarien CH2011 im Jahr 2014 ein Bericht zu den sich aus diesen Szenarien ergebenden Klimafolgen namens «CH2014-Impacts» entstand, kam auch heute die Idee auf, einen Schritt weiter zu gehen. Die zahlreichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt, die sich aus den Szenarien CH2018 ableiten lassen, sollen untersucht werden. Um die grössten Herausforderungen des Klimawandels zu diskutieren, wurden am 17. Mai 2019 rund 60 Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung zu einem Scoping Meeting eingeladen. Ziel der transdisziplinären Dialogveranstaltung war es, konkrete offene Fragen und Bedürfnisse von verschiedenen Anspruchsgruppen an die Wissenschaft zu erarbeiten, die sich aus den wichtigsten Herausforderungen ergeben. Diskussionsbasis bildeten die vier «Storylines» der Klimaszenarien CH2018: trockene Sommer, heftige Niederschläge, mehr Hitzetage und schneearme Winter. Darüber hinaus wurde die schleichende Temperaturzunahme als weiteres Diskussions-thema betrachtet. Wissenslücken bei den Auswirkungen des Klimawandels sollten identifiziert werden. Die Beseitigung der Lücken kann dann eine neue Grundlage für fundierte Entscheidungen, wie zum Beispiel für Anpassungsstrategien, darstellen.

Eine wichtige Erkenntnis aus dem Anlass vom 17. Mai 2019 ist die Tatsache, dass neben der Beschaffung und Co-Produktion von Wissen auch die Verfügbarkeit und Kommunikation von Forschungsergebnissen zentral ist. Die Resultate müssen nicht nur vorhanden, sondern auch für ein breites Publikum verfügbar und zielgruppengerecht aufbereitet sein, um die adressierten Personen zu erreichen. Ebenso wichtig ist die inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit über die verschiedenen Sektoren hinweg. Gute und faire Lösungen bedingen eine Verknüpfung der Interessen aller Betroffenen und Entscheidungsträger und -trägerinnen der unterschiedlichsten Sektoren und Planungsebenen.

Die Fragestellungen bezüglich Klimafolgen sind zahlreich und komplex. Das Zusammenspiel von schleichenden Prozessen und Extremereignissen oder die asynchrone Verschiebung des jahreszeitlichen Rhythmus in der Tier- und Pflanzenwelt sind Beispiele dafür. Dazu kommen bestehende Unsicherheiten, zum Beispiel in den Klimamodellen, den Emissionsszenarien oder den indirekten Auswirkungen des Klimawandels, sowie die Tatsache, dass sich Anpassung nicht nur mit der Veränderung der natürlichen Systeme, sondern auch mit einer fortlaufenden Entwicklung der sozioökonomischen Bedingungen wie Konsumverhalten, Bildung oder Wirtschaftsentwicklung auseinandersetzen muss. Entsprechende Abschätzungen wie beispielsweise Kosten-Nutzen-Rechnungen hängen unter anderem von der kaum vorhersehbaren Entwicklung der Wertesysteme in der Gesellschaft ab. Die Forschung kann mit der Erarbeitung von Szenarien eine entsprechende gesellschaftspolitische Diskussion anregen.

Die identifizierten Wissenslücken bzw. offenen Fragen reichen von relativ direkt aus bestehendem Wissen abzuleitenden Informationen über Fragen, deren Beantwortung weiterführende Untersuchungen, neue Modellanwendungen oder Grundlagenforschung bedingen, bis hin zu komplexen gesellschaftlichen und sozioökonomischen Fragestellungen.

Die sich aus der Diskussion ergebenden Fragen der Teilnehmenden können in folgende Bereiche gegliedert werden:

### Wissenslücken und offene Fragen

- Daten und Modelle: Klimadaten und -modelle, höhere räumliche und zeitliche Auflösung, Variabilität und Kartierung

- Systemverständnis und Kaskadeneffekte:
  - Zusammentreffen ungünstiger Umstände, Kaskadeneffekte, asynchrone saisonale Verschiebungen,
  - Verständnis von natürlichen und sozioökonomischen Systemen.
- Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen:
  - Biodiversität und Lebensräume: Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen, Bedeutung invasiver Arten, Einfluss auf Ökosystemdienstleistungen, Boden,
  - Landwirtschaft und Ernährung: Anpassung von Kulturen, Züchtungen, Folgen für Nutztiere, Veränderungen bei Schädlingen,
  - Anpassung der Forstbestände, Waldbrand,
  - Wasserbedarf und -qualität.
- Infrastrukturen, Gebäude und Raumnutzung:
  - Angepasste Planung durch geeignete Raumplanung und Baunormen für Raumnutzung, Infrastrukturen, Gebäude und Freiräume,
  - Bedarf und Speicherung von Energie.
- Gesundheit: Auswirkungen auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit
- Tourismus: Betroffenheit und langfristige Planung
- Gesellschaftliche, ökonomische und sozioökonomische Themen:
  - Ökonomische Auswirkungen, Kosten-Nutzen-Vergleiche, Versicherungen
  - Gerechtigkeit, Verteilung, Gesetze und Regelungen,
  - Umgang mit dem Wandel: Risikobereitschaft, Fokussierung, Anpassungsfähigkeit, Anpassungswille.

Aus diesen Fragen, Bedürfnissen und der Diskussion können kurz zusammengefasst folgende Aufgabenbereiche abgeleitet werden:

- Eine zielgruppengerechte Aufarbeitung, Kommunikation und Co-Produktion von Wissen und ein stark erleichterter und vereinfachter Zugang zu dem selbigen für potenzielle Nutzende im Sinne einer Klimadienstleistung,
- Die inter- und vor allem transdisziplinäre Zusammenarbeit über alle Sektoren hinweg, um eine übergreifende und systemorientierte Sichtweise zu fördern und den Bedürfnissen der Nutzenden gebührend Rechnung tragen zu können,
- Die Beschaffung und Berechnung von Daten, Durchführung von Untersuchungen oder Entwicklung von Modellen soweit im Rahmen der Wissenschaft möglich,
- Die Erarbeitung von Handlungsoptionen als Grundlage für die notwendige gesellschaftspolitische Diskussion, wie die anstehenden Probleme angegangen werden sollen.

Das Vorprojekt und das Scoping Meeting haben zum Ziel, auf Basis der erarbeiteten Klimaszenarien für die Schweiz die sich daraus ergebenden Bedürfnisse und mögliche Forschungsfragen zu Folgen in unserem Land zu sammeln. Diese Arbeiten dienen der Vorbereitung eines möglichen schweizweit koordinierten Hauptprojekts CH-Impacts ab ca. 2020. So beschränkt sich dieser Bericht vorläufig auf die Auswirkungen, die als Folge des Klimawandels in der Schweiz entstehen. Auswirkungen, die sich aus klimatischen Veränderungen im Ausland ergeben, wie beispielsweise Fragen der Migration oder internationaler Produktions- und Lieferketten, sind ebenfalls wichtig, wurden aber nicht ausführlicher diskutiert. Zudem widerspiegelt der Bericht nur die am Scoping Meeting diskutierten Punkte und Fragestellungen. Diese Zusammenstellung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit – es gibt zahlreiche weitere Wissenslücken und Bedürfnisse, welche hier nicht erfasst sind.



|          |                                                                                                                           |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                                                                                                         | <b>1</b>  |
| 1.1      | Ziel des Vorprojekts                                                                                                      | 1         |
| 1.2      | Organisationsstruktur                                                                                                     | 1         |
| 1.3      | Vorgehen                                                                                                                  | 1         |
| 1.3.1    | Scoping Meeting                                                                                                           | 1         |
| 1.3.2    | Erster Grundlagenbericht                                                                                                  | 2         |
| <b>2</b> | <b>Auswahl von Forschungsaktivitäten zu Niederschlag, Trockenheit, Hitze, Schnee und schleichender Temperaturerhöhung</b> | <b>4</b>  |
| 2.1      | Trockene Sommer                                                                                                           | 4         |
| 2.1.1    | Abgeschlossene Projekte zu trockenen Sommern                                                                              | 4         |
| 2.1.2    | Laufende Projekte zu trockenen Sommern                                                                                    | 5         |
| 2.2      | Mehr Hitzetage                                                                                                            | 6         |
| 2.2.1    | Abgeschlossene Projekte zu Hitzetagen                                                                                     | 6         |
| 2.2.2    | Laufende Projekte zu Hitze                                                                                                | 6         |
| 2.3      | Heftige Niederschläge                                                                                                     | 7         |
| 2.3.1    | Abgeschlossene Projekte zu Niederschlägen                                                                                 | 7         |
| 2.3.2    | Laufende Forschungsprojekte zu Niederschlägen                                                                             | 8         |
| 2.4      | Schneearme Winter                                                                                                         | 8         |
| 2.4.1    | Abgeschlossene Projekte zu schneearmen Wintern                                                                            | 9         |
| 2.4.2    | Laufende Projekte zu schneearmen Wintern                                                                                  | 9         |
| 2.5      | Schleichende Temperaturzunahme                                                                                            | 9         |
| 2.5.1    | Abgeschlossene Projekte zur Temperaturzunahme                                                                             | 10        |
| 2.5.2    | Laufende Projekte zur Temperaturzunahme                                                                                   | 11        |
| <b>3</b> | <b>Offene Fragen, Wissenslücken und Bedürfnisse</b>                                                                       | <b>12</b> |
| 3.1      | Ergebnisse zu offenen Fragen und Wissenslücken                                                                            | 12        |
| 3.1.1    | Daten und Modelle                                                                                                         | 12        |
| 3.1.2    | Systemverständnis und Kaskadeneffekte                                                                                     | 12        |
| 3.1.3    | Natürliche Ressourcen: Schutz und Nutzung                                                                                 | 13        |
| 3.1.4    | Infrastrukturen, Gebäude und Raumnutzung                                                                                  | 15        |
| 3.1.5    | Gesundheit                                                                                                                | 16        |
| 3.1.6    | Tourismus                                                                                                                 | 17        |
| 3.1.7    | Gesellschaftliche, ökonomische und sozioökonomische Themen                                                                | 18        |
| 3.2      | Ergebnisse zu Bedürfnissen                                                                                                | 20        |
| 3.2.1    | Kommunikation, Verfügbarkeit und Co-Produktion von Wissen                                                                 | 20        |

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2 | Inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit, Konzepte und Instrumente | 21 |
| 4     | Synthese                                                              | 22 |
|       | Literatur                                                             | 24 |
|       | Anhang                                                                | 26 |
|       | Anhang 1: Die Klimaszenarien CH2018 und daraus verfügbare Daten       | 26 |
|       | Anhang 2: CH2014-Impacts-Initiative                                   | 30 |
|       | Anhang 3: Organigramm Steering Committee                              | 31 |
|       | Anhang 4: Programm Scoping Meeting                                    | 32 |
|       | Anhang 5: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Scoping Meeting           | 33 |
|       | Anhang 6: Offene Fragen und Wissenslücken                             | 36 |
|       | Anhang 7: Bedürfnisse                                                 | 42 |
|       | Anhang 8: Zusätzlicher Input aus der Forschungscommunity              | 44 |

# 1 Einleitung

Die neuen Klimaszenarien CH2018 zeigen klarer als je zuvor, wo und wie der Klimawandel die Schweiz treffen kann – sogar wenn Klimaschutzmassnahmen einbezogen werden. In den letzten Jahren wurden entsprechend in der Schweiz die Auswirkungen des Klimawandels mit unterschiedlichen Ansätzen untersucht. Im Nachgang der Klimaszenarien CH2011 wurde im Jahr 2014 ein Bericht zu den sich aus diesen Szenarien ergebenden Klimafolgen namens «CH2014-Impacts» herausgegeben. 2015 wurde das National Centre for Climate Services (NCCS) gegründet, das Netzwerk des Bundes für Klimadienstleistungen. 2016 wurde im Bericht «Brennpunkt Klima Schweiz» von ProClim eine allgemeine Übersicht zur Thematik veröffentlicht. Von 2013 bis 2017 wurde die erste Phase des «Pilotprogramms für die Anpassung an den Klimawandel» durchgeführt, die zweite Phase läuft von 2018 bis 2022.

Für die Erarbeitung der aktuellen nationalen Klimaszenarien CH2018, welche die vorgängigen Szenarien CH2011 ablösen, hat die MeteoSchweiz gemeinsam mit der ETH Zürich, der Universität Bern und ProClim ein mehrjähriges Forschungsprojekt als zentraler Themenschwerpunkt des NCCS durchgeführt (NCCS 2018). Eine Kurzzusammenfassung und die für Klimafolgenstudien verfügbaren Daten sind im Anhang 1 aufgeführt. Die abgedeckten Themenbereiche und Indizes der «CH2014-Impacts» Initiative im Anhang 2.

Vor diesem Hintergrund haben sich Vertreterinnen und Vertreter von MeteoSchweiz, Universität Bern, ETH Zürich, WSL, BAFU, Universität Zürich und ProClim ausgetauscht, um ein mögliches gemeinsames «Impacts-Projekt» zu Klimafolgen in der Schweiz auf Grundlage der neusten Klimaszenarien CH2018 zu initiieren. Die Vertreterinnen und Vertreter haben beschlossen im Jahr 2019 ein Vorprojekt zu starten, um Bedürfnisse und mögliche Forschungsfragen zu sammeln. Diese Arbeiten dienen der Vorbereitung eines möglichen schweizweit koordinierten Hauptprojekts CH-Impacts ab ca. 2020.

## 1.1 Ziel des Vorprojekts

Ziel des Vorprojekts ist die Definition von Forschungsfragen über einen transdisziplinären Ansatz – das heisst gemeinsam mit Menschen aus der Verwaltung, Privatwirtschaft und Wissenschaft. Die erarbeiteten Forschungsfragen sollen sich inhaltlich an den wichtigen offenen Fragestellungen aus dem Anpassungsbereich orientieren, um mit entsprechenden Klimadienstleistungen auf Bedürfnisse von Nutzerinnen und Nutzer eingehen zu können. Wichtig ist eine Festlegung einer Auswahl von breit zu fassenden, anwendungsorientierten Schwerpunkten, die auch sozioökonomische Betrachtungsweisen einschliessen.

Das Projekt soll auf bereits bestehendem Wissen aufbauen. Zu diesem Zweck wurden verschiedenste bilaterale Gespräche geführt, unter anderem mit Verantwortlichen des Hydro-CH2018-Projekts des BAFU als NCCS Themenschwerpunkt sowie einzelnen Personen aus Beratungsbüros, Verbänden, Kantonen, Städten wie auch der Forschung, die im Bereich «Impact» seit einigen Jahren aktiv sind.

## 1.2 Organisationsstruktur

Das Vorprojekt wird von einem Steering Committee (SC) mit Vertreterinnen und Vertretern aus den Bundesämtern (NCCS-Mitglieder, Geschäftsleitung und weitere Betroffene), den Hochschulen und ProClim strategisch begleitet. Das Executive Steering Committee (ESC) steuert das Projekt auf der operativen und strategischen Ebene. Die Organisationsstruktur mit den beteiligten Organen ist in Anhang 3 ersichtlich.

## 1.3 Vorgehen

### 1.3.1 Scoping Meeting

Nach einem ersten Zwischenbericht im April 2019 folgte am 17. Mai 2019 die Durchführung des Scoping Meetings in Ittigen bei Bern. Anwesend waren rund 60 persönlich eingeladene Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwal-



tung. Folgende Bereiche aus Forschung, Verwaltung und Privatwirtschaft waren vertreten (vollständige Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer siehe Anhang 5):

- Forschung: Fachhochschulen, Hochschulen und Universitäten Basel, Bern, Freiburg, Genf, Neuenburg, Zürich. Fachgebiete: Biodiversität, Gesundheit, Klimasystem, Kryosphäre, Landwirtschaft, Regionalentwicklung, Risiko, Siedlungswasserwirtschaft, Sozialforschung, Stadtökologie, Tourismus, Umweltgeisteswissenschaften, Wald, Wasser u. a.
- Verwaltung, öffentliche Hand: Bundesämter (ARE, BABS, BAFU, BAG, BFE, BLW, BLV, SECO, MeteoSchweiz, NCCS), Kantone (AG, BL, BS, GR, SO, TI, VD, ZH), Konferenz der Vorstehende der Umweltschutzämter, Stadt Winterthur, Vereinigung Schweiz. Stadtgärtnereien.
- Privatwirtschaft: Alpiq, Ingenieur- und Architektenverein, Bauernverband, Baumeisterverband, Coop, EBP, Econcept, Ecoplan, Geo7, Infras, PostAuto Schweiz, SBB, Seilbahnen Schweiz, Sustainable Finance, Versicherungsverband, Wasserwirtschaftsverband.

Ziel des Anlasses war es, die konkreten offenen Fragen und Bedürfnisse der Anspruchsgruppen abzuholen und gemeinsam die grössten Herausforderungen zu definieren. Wissenslücken bei den Auswirkungen des Klimawandels sollten identifiziert werden. Die Beseitigung der Lücken kann dann eine neue Grundlage für fundierte Entscheidungen, wie zum Beispiel für Anpassungsstrategien, darstellen.

Die Fragestellungen am Anlass drehten sich inhaltlich um fünf zentrale «Storylines»/Schwerpunkte/Herausforderungen. Hierfür sind die vier Kernaussagen der Klimaszenarien CH2018 gewählt worden, die sich auch mit den meisten der zentralen Herausforderungen der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (BAFU 2012a) decken. Zusätzlich wurde eine weitere «Storyline» zu schleichenden Prozessen definiert.

Nach einer Einführung zu den Klimaszenarien wurden an mehreren runden Tischen jeweils die konkre-

ten Herausforderungen und mögliche Wissenslücken zu verschiedenen Themenschwerpunkten diskutiert. Die anwesenden Personen aus der Forschung hatten dabei eine beratende Rolle. Die Diskussion beruhte an jedem Tisch auf der gleichen Abfolge: In einer ersten Runde wurden auf Karten Antworten zur Frage «Welche wichtigsten Herausforderungen sehen Sie auf sich zukommen?» gesammelt. In der nächsten Runde stand folgende Frage im Zentrum: «Welches Wissen/Informationen würde Ihnen helfen, die Herausforderungen zu meistern?». Im ersten Block wählten alle Teilnehmenden vorgängig einen Themenschwerpunkt aus. Die zweite und dritte Diskussionsrunde durfte frei gewählt werden und die Teilnehmenden ergänzten das Bestehende. Am Schluss der dritten Diskussionsrunde wurden alle Inputs in Cluster eingeteilt. Das vollständige Programm ist in Anhang 4 zu finden.

Als inhaltliche Vorbereitung auf den Anlass wurde vorgängig eine Online-Befragung bei allen Teilnehmenden durchgeführt mittels Fragebogen «Wie gehen Schweizer Organisationen mit dem Wetter um?» der Forschungsgruppe für Wetter- und Klimarisiken der ETH Zürich/MeteoSchweiz (Auswertung der gesamten Umfrage im Rahmen einer Masterarbeit im Herbst 2019).

Mit ausgewählten Personen vorwiegend aus der Privatwirtschaft wurden persönliche Gespräche und Interviews geführt, um bereits vor dem Anlass erste Angaben zu den Fragestellungen zu erhalten und sie auf ein grundlegendes Informationsniveau bezüglich Klimawandel und «Impacts» zu bringen, damit sie am Scoping Meeting adäquat mitdiskutieren können. Die Ergebnisse der Umfrage und Vorgespräche sind in Kapitel 3 eingearbeitet.

### 1.3.2 Erster Grundlagenbericht

Ein erster Grundlagenbericht basierend auf den Vorarbeiten und den Ergebnissen des Scoping Meetings wurde am 15. Juni 2019 vom Steering Committee genehmigt. Darauf aufbauend waren die nächsten Schritte, welche zum überarbeiteten und hier vorliegenden Grundlagenbericht führten, die folgenden:

- Rückmeldungen zum ersten Grundlagenbericht von allen Anspruchsgruppen sowie

Forschenden, die am Scoping Meeting dabei bzw. eingeladen waren mit der Möglichkeit, die Fragestellungen im Ergebnisteil zu ergänzen.

- Anschliessend zusätzlicher Input aus der Forschungscommunity (rund 80 Personen kontaktiert) verschiedenster Disziplinen aus

Fachhochschulen, Hochschulen, Universitäten der ganzen Schweiz mit der Möglichkeit den Grundlagenbericht zu kommentieren, einzuordnen und Unklarheiten aufzulösen.

## 2 Auswahl von Forschungsaktivitäten zu Niederschlag, Trockenheit, Hitze, Schnee und schleichender Temperaturerhöhung

Eine Auswahl von Forschungsaktivitäten wurde nachfolgend anhand der vier «Storylines» aus den Klimaszenarien CH2018 zusammengestellt: Trockene Sommer, extreme Niederschläge, Hitzetage und schneearme Winter – die ersten drei Szenarien finden sich neben weiteren klimasensitiven Gefährdungen in der nationalen Risikoanalyse (BABS 2015). Ergänzt werden die vier «Storylines» durch den fünften Themenbereich der schleichenden Temperaturzunahme. Die folgende Kurzübersicht diene unter anderem der fachlichen Vorbereitung für die Moderation der Diskussionen am runden Tisch des Scoping Meetings vom 17. Mai 2019. Sie ist nicht vollständig und kann einen ersten Eindruck zur Fülle der bereits erarbeiteten oder laufenden Arbeiten im «Impacts»-Bereich in der Schweiz geben.

Die im Anschluss an das Scoping Meeting erfolgten Kommentare aus der Forschungscommunity zu den offenen Fragen und Wissenslücken weisen auf weitere zahlreiche «Impacts»-Forschungsprojekte hin. Sie sind im Kapitel 3 *kursiv und in grauer Schrift* an den entsprechenden Textstellen eingefügt.

Ausserdem sind in der Online-Datenbank SWIDCHI zahlreiche wissenschaftliche Publikationen über die aktuellen und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz zusammengestellt (<http://swidchi.epfl.ch/>).

### 2.1 Trockene Sommer

Allgemein zeigen die Daten, dass langfristig die mittlere Niederschlagsmenge in den Sommermonaten abnehmen wird. Mitte des Jahrhunderts ist bis zu 25 Prozent weniger Niederschlag möglich. Es gibt weniger Regentage, und die längste niederschlagsfreie Periode dauert länger. Gleichzeitig nimmt die Verdunstung zu. Dementsprechend werden die Böden trockener. (CH2018 / NCCS 2018)

#### 2.1.1 Abgeschlossene Projekte zu trockenen Sommern

Die Studie «Klimabedingte Risiken und Chancen» von Köllner et al. (2017) verweist auf Herausforderungen wie Risiken, die im Zuge der zunehmenden Trockenheit auftreten. Trockenperioden fallen oft mit Hitzewellen oder langanhaltenden Hochdruckwetterlagen zusammen, doch lässt sich eine Korrelation nicht verallgemeinern. Trockenperioden können das ganze Jahr über und unabhängig von den Umgebungstemperaturen auftreten. In der Schweiz tritt Trockenheit vor allem nach längeren niederschlagsfreien Perioden auf, insbesondere wenn ein heisser Sommer auf einen niederschlagsarmen Winter und Frühling folgt. In solchen Situationen ist die Speisung der Fliessgewässer aus der Schneedecke und dem Grundwasser besonders gering. Trockenperioden gehen dann mit Niedrigwasserabflüssen einher.

Im Laufe der letzten Jahre waren die durch Trockenheit am stärksten gefährdeten Regionen die inneralpinen Trockentäler (Engadin, Wallis), der Jura (Karstgebiete) sowie bestimmte Regionen der Kantone Freiburg, Waadt und Tessin. Aufgrund der zunehmenden Trockenheit können folgende prioritären Risiken abgeleitet werden:

- Ernteeinbussen in der Landwirtschaft (Mittelland und Jura),
- Waldbrandgefahr (Jura, Alpen, Südschweiz),
- Wasserknappheit (Wassernutzungskonflikte, Knappheit an Brauch- und Trinkwasser),
- Abnahme der sommerlichen Wasserkraftproduktion,
- Beeinträchtigung der Biodiversität (Verlust feuchteliebender Arten wie Amphibien, auf ausreichende Wasserversorgung angewiesene Lebensräume wie Moore, Ried).

Nicht-prioritäre Risiken sind: Beeinträchtigung von Waldleistung wie Holznutzungspotenzial oder Schutzwirkung, Transportkapazität aufgrund einge-

schränkter Schifffahrt, Aufwand in der Trinkwasseraufbereitung aufgrund von beeinträchtigter Wasserqualität. (Köllner et al. 2017)

Im NFP 61 zur nachhaltigen Wassernutzung sind 16 Projekte durchgeführt worden, unter anderem das Projekt «drought.ch», welches eine Informationsplattform zur Früherkennung von Trockenheit in der Schweiz umfasst (Drought-CH 2019). Teil des NFP 61 war auch das Projekt Montanaqua, welches aufzeigt, dass sozioökonomische Entwicklungen entscheidend für das Auftreten von Trockenheit sind: Wasser hat es genug, doch das Wassermanagement ist grundlegend für eine gerechte Verteilung (Weingartner et al. 2014).

Im Rahmen des Projekts «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro) des BAFU wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Schweiz bis zum Jahr 2100 untersucht. (BAFU 2012b)

Das EU-FP7-Projekt «ACQWA (Assessing Climatic change and impacts on the Quantity and quality of Water)» befasste sich mit der Wassermenge und -qualität bis Ende Jahrhunderts und untersuchte damit auch mit den Auswirkungen der Temperaturerhöhung und trockenere Sommer. (ACQWA 2010)

Im Forschungsprogramm Wald und Klimawandel (BAFU und WSL, Laufzeit 2009–2018) wurde erforscht, wie der Schweizer Wald auf den Klimawandel reagieren wird. Sie untersuchten, wie es um die für den Menschen wichtigen Leistungen des Waldes steht und mit welchen Anpassungsstrategien sie sich sichern lassen. (Pluess et al. 2016).

Im Rahmen des Pilotprogramms wurden zehn Projekte zum Thema «trockene Sommer» durchgeführt und abgeschlossen. Sie umfassen regionale Perspektiven zu den Themen Wasserknappheit (Pilotprojekte 4, 6 und 8), Nutzung von Wasser (Pilotprojekte 5, 7 und 9), Bodenfunktionen (Pilotprojekte 10 und 11), Futterproduktion (Pilotprojekt 12) sowie Graslandversicherung (Pilotprojekt 13). (BAFU 2017)

### 2.1.2 Laufende Projekte zu trockenen Sommern

Auf Basis der abgeschlossenen Projekte im Pilotprogramm Anpassung laufen zurzeit neu lancierte Projekte des Folgeprogramms zu den Themen Quellwasser-Versorgung, Handlungsoptionen bei Sommertrockenheit entlang Gewässer sowie zu Landwirtschaft und Bewässerung. (BAFU 2019a)

Aktuell analysiert die WSL unter anderem die Auswirkungen der Dürre 2018 auf die Bäume in der Schweiz. Dabei verbinden sie den biologischen Indikator von Trockenstress (Wachstum und Wasserdefizit) mit spektralen Anomalien von satellitengestützten Indizes. (WSL 2018)

Ebenso wird das Thema Trockenheit als NCCS-Themenschwerpunkt in den Forschungsprojekten Hydro-CH2018 (BAFU 2018b) bearbeitet. Die laufenden Projekte bearbeiten Themen wie Wasserbilanz und Trockenheit, Potenzial von Mehrzweckspeichern, Auswirkungen von Klima- und Bewirtschaftungsänderungen auf Erträge und Wasserressourcen, Hochwasserprozesse sowie Speicherprozesse in Grundwasserleitern. (BAFU 2019b)

Laufende, vom SNF geförderte Forschungsprojekte, umfassen beispielsweise folgende Themenschwerpunkte:

- Development of a diagnostic stable isotope tool to elucidate the drought response of trees ([SNF 182092](#)),
- Below-ground responses to manipulated snow cover duration and summer drought in alpine grassland (Acronym Bel.alp) ([SNF 182592](#)),
- The impact of extreme events on electricity markets ([SNF 181737](#)),
- Forest under Stress: Understanding how Species interact and adjust to Climate Change ([SNF 174068](#)),
- SOILCLIM: Managing soil biodiversity and ecosystem services in agroecosystems across Europe under climate change ([SNF 172466](#)),
- New metrics for constraining multiple drivers of hazard and compound hazards ([SNF 179876](#)),

- Inter- and intra-specific water-use strategies of European trees: towards a better mechanistic understanding of tree performance during drought and warming ([SNE 184475](#)),
- Advanced Tree Mortality Modeling ([SNE 163250](#)).

## 2.2 Mehr Hitzetage

Noch erheblich stärker als die Durchschnittstemperaturen steigen die Höchsttemperaturen im Sommer. Die Jahreshöchsttemperaturen könnten Mitte Jahrhundert um +2 Grad Celsius bis +5,5 Grad Celsius höher liegen als heute. Hitzewellen werden häufiger und extremer. Am grössten ist die Hitzebelastung in den bevölkerungsreichen städtischen Gebieten in tiefen Lagen. (CH2018 / NCCS 2018)

### 2.2.1 Abgeschlossene Projekte zu Hitzetagen

Die Studie «Klimabedingte Risiken und Chancen» von Köllner et al. (2017) verweist auf Herausforderungen wie Risiken, die im Zuge der zunehmenden Hitzetage auftreten:

So wird die menschliche Gesundheit beeinträchtigt, sei es durch Dehydrierung, Müdigkeit, Schwäche, Herzkreislaufprobleme bis hin zum Hitzetod. Besonders die Tropennächte wirken negativ, da sich der Körper auch nachts nicht erholen kann.

Ebenso können mit Hitzewellen erhöhte Ozonkonzentrationen auftreten. Bei langanhaltenden Hochdrucklagen steigt die Konzentration zusätzlich. Ozon ist der in Europa gegenwärtig am stärksten gesundheitsgefährdende Luftschadstoff. Er führt unter anderem zu Asthma, Lungenkrankheit und Einschränkung der Lungenfunktion.

Ausserdem werden zunehmende Leistungseinbusen bei der Arbeit festgestellt. Hitze am Arbeitsplatz führt zu eingeschränktem Wohlbefinden, was sich in Schwächegefühl, Müdigkeit, und Konzentrations-schwierigkeiten äussert. Damit kann der Arbeit zwar nachgegangen werden, jedoch mit verringerter Leistungsfähigkeit. Betroffen sind nicht nur in erster Linie ältere, schwächere oder chronisch kranke Personen, sondern alle Arbeitenden. (Köllner et al. 2017)

Im Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel wurden erkannt, dass Hitzewellen die Gesundheit der gesamten Bevölkerung betreffen können – alte,

vulnerable, chronisch kranke Menschen sind dabei besonders betroffen. Es wurden die Effekte von Hitzeperioden auf die Sterblichkeit mit entsprechenden Adaptionsmassnahmen untersucht (Pilotprojekt 1). Weiter beschäftigten sich zwei Projekte mit der klimaangepassten Stadtentwicklung (Pilotprojekte 2 und 3). (BAFU 2017)

Mögliche Anpassungsmassnahmen sind: Begrünen (Dächer, Fassaden, entsiegelte Flächen), Entsiegeln, Wasserflächen und öffentliche Grünräume schaffen, Bäume pflanzen. Der Mensch kann sich langfristig an höhere Temperaturen gewöhnen. Darüber hinaus sind frühzeitige Warnungen und zeitnahe Massnahmen zur Prävention von hitzebedingter Morbidität und Mortalität gefragt, ebenso wie die Information und Sensibilisierung der Bevölkerung und Akteure des Gesundheitswesens über mögliche Gesundheitseffekte und richtige Verhaltensweisen bei Hitzewellen.

Die «Hitzewelle-Massnahmen-Toolbox» des Swiss TPH (2017) – ausgeführt im Auftrag des BAG – unterstützt Kantonsbehörden im Umgang mit Hitzewellen. Insbesondere können die Kantone mithilfe der Toolbox einen Hitzeaktionsplan erstellen. Das BAG hat zusammen mit dem BAFU diverse weitere Informationsmaterialien für verschiedene Zielgruppen erarbeitet.

Verschiedenste weitere Analysen werfen einen Blick auf die Konsequenzen der Hitzesommer (ProClim 2005; BAFU 2016b).

### 2.2.2 Laufende Projekte zu Hitze

Auf Basis der abgeschlossenen Projekte im Pilotprogramm Anpassung laufen zurzeit neu lancierte Projekte des Folgeprogramms zu den Themen Hitze und Gesundheit, Stadtklima, Hitzestress bei Milchkühen, Hitze in Schulen sowie die Berücksichtigung von Hitzetagen in Bauvorhaben. (BAFU 2019a)

2019 hat MeteoSchweiz ein Projekt zum Thema Hitze gestartet, das sowohl die Koordination der Warnungen und klimatologischen Einordnung wie auch die Hitzeentwicklung in Schweizer Städten betrachtet. Dazu wurde bereits eine Vorstudie entwickelt (Gehrig et al. 2018). Zusätzlich ist Meteo-

Schweiz im H2020-Projekt «Heat-Shield» involviert, das die Hitzebelastung auf die arbeitende Bevölkerung in Europa betrachtet.

Bei SNF laufen aktuell unter anderem zwei Projekte zum Thema Hitzestress:

- Forest under Stress: Understanding how Species interact and adjust to Climate Change. Change (SNF 174068),
- BIOVEINS: Connectivity of green and blue infrastructures: living veins for biodiverse and healthy cities. (SNF 172467).

## 2.3 Heftige Niederschläge

Einzelne Starkniederschläge werden in Zukunft wahrscheinlich merklich häufiger und intensiver als wir es heute erleben. Dies betrifft alle Jahreszeiten, aber besonders den Winter. Seltene Extremereignisse wie ein Jahrhundertniederschlag fallen Mitte Jahrhundert rund 10 Prozent heftiger aus. (CH2018 / NCCS 2018)

### 2.3.1 Abgeschlossene Projekte zu Niederschlägen

Die Studie «Klimabedingte Risiken und Chancen» von Köllner et al. (2017) verweist auf Herausforderungen wie Risiken, die im Zuge von heftigen Niederschlägen auftreten.

Der Hochwasserschutz hat in der Schweiz traditionell eine hohe Priorität. Er hat sich im Verlauf der Zeit aufgrund von ausserordentlichen Schadenereignissen stark weiterentwickelt. Trotzdem bleibt das Hochwasserrisiko aufgrund der einwirkenden Kräfte und der potenziell gefährdeten Flächen und Güter bedeutend.

Intensiver oder langanhaltender Regen und/oder Schneeschmelze können einen erhöhten Wasserstand in stehenden Gewässern oder einen erhöhten Abfluss in fliessgewässern zur Folge haben. Weitere Phänomene sind Hochwasser durch die Entleerung von Flutwellen aus Gletscherseen; Überschwemmungen, die durch Oberflächenabfluss aufgrund von Starkniederschlagsereignissen verursacht werden sowie Murgänge und Rutschungen.

Folgende Prozesse werden sich vermutlich in Zusammenhang mit Hochwasser und wärmerem Klima verändern:

- Grösserer Anteil des Winterniederschlags in Form von Regen anstelle von Schnee. Zusammen mit der erwarteten Zunahme der Niederschlagsmenge erhöht dies die Abflüsse im Winter.
- Frühere Schneeschmelze und, daran gekoppelt, zunehmende Wahrscheinlichkeit der Überlagerung von Schneeschmelze und intensiven Winterniederschlägen mit erhöhten Winterabflüssen.
- Weniger Schneereserven, die erst im Frühling schmelzen. Dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit von Frühlingshochwassern.
- Abnahme der Abflüsse im Sommer.

Dadurch dürfte die Hochwassergefährdung insgesamt zunehmen. Die potenzielle Hochwasserzeit dürfte sich vom Frühsommer ins Winterhalbjahr verschieben und teilweise auch verlängern. Dabei sind die prioritären Risiken die Personenschäden (Todesfälle) sowie Sachschäden an Gebäuden, Infrastruktur, Wasserkraftproduktion, der landwirtschaftlichen Ernte und der Wasserqualität.

Als Chance wird die Zunahme der Entstehung von neuen Pionierstandorten (Veränderung der Arten/Lebensräume) betrachtet. (Köllner et al. 2017)

Im Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel wurden das Thema von heftigen Niederschlägen in fünf Pilotprojekten untersucht (BAFU 2017):

- Pilotprojekt 14: Lösungsansätze zur Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore,
- Pilotprojekt 15: Risikobasierte Raumplanung: Eine Antwort auf den Klimawandel,
- Pilotprojekt 16: Risikokonzept für Eisschmelzprozesse in der Kryosphäre,
- Pilotprojekt 17: Strategien zur Gesteinbewirtschaftung im Zusammenhang mit dem Klimawandel,
- Pilotprojekt 18: Ausbildung der Einsatzkräfte.

Von 2014 bis 2016 hat MeteoSchweiz in Zusammenarbeit mit dem BAFU das Projekt NIDEX (Niederschlagsextreme) durchgeführt (Fukutome et al. 2018). Dabei wurde als Grundlage für die Gefahrenkarten eine nationale Extremwertstatistik von Niederschlag berechnet und zur Verfügung gestellt ([www.climate-extremes.ch](http://www.climate-extremes.ch)).



Das BAFU hat 2018 ausserdem die neue Gefährdungskarte Oberflächenabfluss publiziert, die aufzeigt, wo potenzielle Gefahr durch Oberflächenabfluss besteht. (BAFU 2018a)

### 2.3.2 Laufende Forschungsprojekte zu Niederschlägen

Auf Basis der abgeschlossenen Projekte im Pilotprogramm Anpassung laufen zurzeit neu lancierte Projekte des Folgeprogramms zu den Themen Schutz vor Hochwasser, Bevölkerungsschutz, akzeptierbares Risiko und Anpassungsstrategien im alpinen Lebensraum. (BAFU 2019a)

Ebenso laufen aktuell die Hydro-CH2018-Forschungsprojekte als Themenschwerpunkt des NCCS. Ein Ziel von Hydro-CH2018 ist die Verbesserung des hydrologischen Prozessverständnisses, um bestehende Wissenslücken bezüglich Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen in der Schweiz zu füllen. Hierzu wurden diverse Forschungsprojekte unter Beteiligung zahlreicher Schweizer Forschungsinstitutionen lanciert (BAFU 2019b):

- Neue hydrologische Szenarien für die Schweiz: Basierend auf den neuen CH2018-Klimaszenarien sollen in diesem Projekt die hydrologischen Szenarien für die Schweiz aktualisiert werden. Im Vergleich zu den alten CH2011-Szenarien können hydrologische Extreme und die Variabilität besser abgebildet werden. Ebenso erlauben die sogenannten transienten (zeitlich durchgehenden) Projektionen eine höhere Flexibilität in den Auswertungen.
- Evaluation zukünftiger hydrologischer Szenarien mit stochastischen Klimadaten: Mithilfe eines stochastischen Wetter-Generators werden die regionalen CH2018-Klimaszenarien (Tageswerte, 12-Kilometer-Raster) auf ein 2-Kilometer-Raster und in stündlicher Auflösung transformiert. Diese hochaufgelösten Klimadaten werden dann für die hydrologische Modellierung verwendet. Dadurch soll eine Reduktion der Unsicherheit bei der Evaluation von zukünftigen hydrologischen Extremen, besonders von Starkniederschlägen und Hochwasser, erzielt werden.

- FORHYCS-ICE: Koppelung der drei Umweltsystemmodelle Hydrologie, Gletscher und Wald zur Verbesserung der hydrologischen Zukunftsprojektionen.

Im Projekt EXAR erarbeitet das BAFU zusammen mit dem ENSI, BFE, BABS mit MeteoSchweiz Grundlagen für die Beurteilung der Gefährdung durch Extremhochwasser an Aare und Rhein. Bis 2019 sollen unter der Leitung des BAFU harmonisierte Gefahrenszenarien ausgearbeitet werden. Ausgehend davon werden dann die Risiken für die Bauten und Anlagen im betroffenen Gebiet beurteilt. (BAFU 2016b)

Im Rahmen des Themenschwerpunktes Klimawandel und Bevölkerungsschutz wurde die Studie «Starkniederschläge und Einsatzplanung von Schutz und Rettung Zürich» initiiert. Darin werden die Auswirkungen zunehmender Starkniederschläge auf die Einsätze am Beispiel von Schutz und Rettung Zürich aufgezeigt. (BABS 2019)

Beim SNF laufen beispielsweise folgende Projekte unter dem Stichwort «heftige Niederschläge»:

- Severe Weather over the Alpine-Adriatic region in a Changing Climate (SWALDRIC), ([SNF 180587](#)),
- Understanding and quantifying the occurrence of very rare climate extremes in a changing climate, ([SNF 178778](#)),
- Assessing the potential of soil wetness data for landslide early warning, ([SNF 175785](#)),
- Forecast and warning concept for landslides in Switzerland based on rainfall triggering thresholds and multiscale hydrological modelling, ([SNF 165979](#)).

## 2.4 Schneearme Winter

Die Winter sind Mitte des Jahrhunderts deutlich wärmer als heute, im Durchschnitt etwa 2 bis 3,5 Grad Celsius. Zwar fällt mehr Niederschlag – aber eher als Regen, weil die Nullgradgrenze von heute 850 Meter über Meer auf bis zu 1500 Meter über Meer klettert. In tieferen Lagen schneit es seltener und weniger. Entsprechend stark werden die

schneereichen Gebiete der Schweiz schrumpfen. (CH2018 / NCCS 2018)

#### 2.4.1 Abgeschlossene Projekte zu schneearmen Wintern

Die Studie «Klimabedingte Risiken und Chancen» von Köllner et al. (2017) verweist auf Herausforderungen wie Risiken, die im Zuge von schneearmen Wintern auftreten.

Aufgrund der topographischen Vielfalt der Schweiz, fällt ungefähr ein Drittel des landesweiten Niederschlags in Form von Schnee. Dieser stellt sowohl für die natürliche Umwelt wie auch für die Gesellschaft und deren wirtschaftliche Aktivitäten eine wichtige Ressource dar. Gleichzeitig kann Schnee aber auch eine erhebliche Gefahr darstellen, wenn er Lawinen, Strassenverkehrsunfälle oder Sachschäden an Gebäuden verursacht.

Im Vergleich zu heute prognostizieren die Klimamodelle bis Ende des Jahrhunderts eine vier bis acht Wochen verkürzte Dauer der Schneebedeckung sowie einen Anstieg der Schneefallgrenze um 500 bis 700 Meter. Trotzdem sind schneereiche oder besonders kalte Winter auch in Zukunft nicht auszuschliessen.

Die prioritären Risiken aufgrund der steigenden Schneefallgrenzen sind in erster Linie die Ertragseinbussen beim Wintertourismus. Gleichzeitig ergeben sich auch Chancen wie die Zunahme der winterlichen Energieproduktion oder die Abnahme der schneebedingten Sachschäden und Unterhaltskosten. Veränderungen werden in der Artenzusammensetzung und der Ausgestaltung der Lebensräume erwartet. Das heisst die Verschiebung der Verbreitungsgebiete nach Norden und in höhere Lagen (Entstehung von Reliktpopulationen), Veränderung der Landschaft (Schneedecke, Gletscher, Waldgrenze) sowie die Entstehung neuer Lebensräume im Vorfeld von sich zurückziehenden Gletschern.

Im Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel wurde das Thema schneearme Winter besonders in den Bergregionen untersucht, da diese besonders stark vom Klimawandel betroffen sind. Aufgrund der steigenden Nullgradgrenze kommt es zum Auftauen des Permafrosts und Schmelzen der Glet-

scher, wodurch die Stabilität der Berghänge vermindert wird.

Die Pilotprojekte untersuchten die regionale Wasserknappheit (Pilotprojekt 4), erarbeiteten ein Risikokonzept für Eisschmelzprozesse (Pilotprojekt 16), Strategien für Gesteinbewirtschaftung (Pilotprojekt 17) und wie Einsatzkräfte ausgebildet werden müssen (Pilotprojekt 18). (BAFU 2017)

#### 2.4.2 Laufende Projekte zu schneearmen Wintern

Das SLF betreut seit Jahrzehnten verschiedenste klimatologische Messreihen zur Schneedecke, die mittlerweile von grossem Wert für zahlreiche Anwendungen sind.

Beim SNF laufen zurzeit beispielsweise folgende Projekte zum Stichwort «Schneebedeckung»:

- Improving Temporal and Spatial Estimates of Solid Precipitation and Accumulation in High Mountain Regions (High-SPA), ([SNF 178963](#)),
- How does homogenization of snow measurements impact snow climatology in the Alps (Hom4Snow), ([SNF 175920](#)),
- Below-ground responses to manipulated snow cover duration and summer drought in alpine grassland (Acronym. bel-alp) ([SNF 182592](#)).

## 2.5 Schleichende Temperaturzunahme

Die Temperaturen nehmen bis Mitte 21. Jahrhundert weiter zu, je nach Klimaschutzmassnahmen um 0,5 bis 3,5 Grad Celsius im Winter und um 1 bis 4,5 Grad Celsius im Sommer. Bis Ende des Jahrhunderts beträgt der Anstieg ohne Klimaschutzmassnahmen +3 bis +5,5 Grad Celsius im Winter und +4 bis +7 Grad Celsius im Sommer. (CH2018 / NCCS 2018)

Folgende indirekte Auswirkungen sind auf die schleichende Temperaturzunahme zurückzuführen: Durch das Abschmelzen der Gletscher kommt es zu einer Veränderung des jahreszeitlichen Wasserdargebots, zur Freisetzung von Lockermaterial im Gebirge (Murgang, Fels- und Bergsturzgefahr) sowie zur Bildung von Seen mit Ausbruchgefahr.

Durch das Abschmelzen von Permafrost kommt es zur Freisetzung von Lockermaterial (Murgang, Fels-

sturzgefahr) und es lösen sich Verankerungen von Infrastrukturen.

#### 2.5.1 *Abgeschlossene Projekte zur Temperaturzunahme*

Die Studie «Klimabedingte Risiken und Chancen» von Köllner et al. (2017) nimmt in vielerlei Hinsicht die schleichende Temperaturzunahme in den Fokus: Die Auftauprozesse im Permafrost und die Gletscherrückzüge führen zu abnehmender Hangstabilität und zu häufigeren Massenbewegungen. Bei den Rutschungen werden häufigere und grössere Ereignisse erwartet. Bei den Hangmuren könnte die Frequenz in den Alpen zunehmen (in den anderen Gebieten sind die Resultate nicht eindeutig). Bezüglich des Ausmasses wird eine Abnahme in den tieferen Regionen der Alpen und eine Zunahme in den höhergelegenen Gebieten der Alpen erwartet.

Bei den Steinschlägen könnte die Frequenz in den Alpen zu- und in den Voralpen bzw. in der Südschweiz abnehmen, während beim Ausmass mehrheitlich ein Rückgang erwartet wird. Bei den Felsstürzen ist in den Alpen von einer Zunahme auszugehen, sowohl bezüglich Frequenz als auch bezüglich Ausmass.

Die Verfügbarkeit von Lockermaterial kann mit dem Auftauen des Permafrosts und dem Gletscherrückzug zunehmen. Dadurch können Massenbewegungen auch in Gebieten auftreten, die bisher nicht davon betroffen waren. Hauptbetroffen sind Gebiete oberhalb von 2000 bis 2200 Meter über Meer, wo das Schadenpotenzial gering ist. Örtlich können solche Veränderungen im periglazialen bzw. unvergletscherten Gebiet auch Auswirkungen auf tieferliegende Regionen haben

Prioritäre Risiken sind dabei die Dominoeffekte, Personenschäden sowie Sachschäden (an Gebäuden, Infrastruktur, Abnahme der Speicherkapazität von Stauseen, indirekte Schäden).

Durch die abnehmende Wasser-, Boden- und Luftqualität werden folgende prioritären Risiken definiert: Beeinträchtigung der Biodiversität durch die zunehmende Wassertemperatur, zunehmende Ozonkonzentration, verlängerte Pollensaison, Ausbreitung allergener Pflanzen, die wiederum die menschliche Gesundheit beeinträchtigen.

Die Veränderungen von Fauna und Flora durch die erhöhten Temperaturen führen zu veränderter Artenzusammensetzung. Es kommt zur Zunahme von invasiven Arten, zur Verdrängung bestehender Arten, zu Hitzestress bei Wasserlebewesen aufgrund erhöhter Temperatur von Grundwasser und Oberflächengewässer und zur beschleunigten Reproduktion bestimmter Insektenarten.

Die aufgrund des Klimawandels steigenden Temperaturen, milderen Winter, längere Vegetationsperiode und zunehmende Sommertrockenheit führen zu günstigeren Umweltbedingungen für viele einheimische und gebietsfremde Schadorganismen und Vektoren. Es werden sich in Zukunft auch Organismen ansiedeln und verbreiten können, die bisher in der Schweiz nicht überlebensfähig waren. Es ist schwierig abzuschätzen, welche Organismen in Zukunft in die Schweiz eingeschleppt werden und welchen Schaden sie anrichten könnten.

Prioritäre Risiken sind dabei:

- Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit (Zunahme von vektorübertragenen [z. T. neuen] Krankheiten und Allergien),
- Beeinträchtigung der Gesundheit von Nutz- und Heimtieren (neue Krankheiten),
- Ernteeinbussen in der Landwirtschaft (mehr und zusätzliche Schädlinge),
- Beeinträchtigung von Waldleistungen (mehr und zusätzliche Schädlinge),
- Beeinträchtigung der Biodiversität.

Gleichzeitig können auch Chancen auftreten im Zusammenhang der schleichenden Temperaturzunahme: Weniger Heizenergiebedarf und dadurch reduzierte Kosten, zunehmende Erträge im Sommertourismus (wegen verlängerter Saison und der «Sommerfrische» in den Bergen), zunehmende Erträge in der Landwirtschaft durch längere Vegetationsperioden, weniger Frosttage und neuen Chancen beispielsweise im Weinbau. (Köllner et al. 2017)

Im Pilotprogramm Anpassung wurden die Themen der Biodiversität im Zusammenhang mit der schleichenden Temperaturzunahme bearbeitet (Pilotprojekte 19, 20, 21, 22 und 26) und Gesundheit bei

Menschen, Pflanzen und Tieren (Pilotprojekte 23, 24 und 25). (BAFU 2017)

### 2.5.2 *Laufende Projekte zur Temperaturzunahme*

Die neu lancierten Projekte im Folgeprogramm Anpassung an den Klimawandel beschäftigen sich mit folgenden Themen (BAFU 2019a):

- Anpassung des Neuenburger Weinbaus an den Klimawandel,
- Pilotstudie flächendeckende Bodendaten im Gebirge,
- Klimaangepasste Baumarten im Schutzwald der BLS Südrampe,
- Schutzgebiete der Biodiversität im Klimawandel: passen Ziele und Räume noch zusammen?
- GIS Modell zur Verbreitung des Schmalblättrigen Greiskrauts und des Riesenbärenklaus im Kanton Graubünden,
- Auswirkungen des Mikroklimas auf die Risikoszenarien für exotische invasive Moskitos in der Schweiz,
- Kastanienkrankheit: Begünstigt durch den Klimawandel?
- Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen von *Trachycarpus fortunei* im Süden der Alpen und Minderungsmaßnahmen,
- Ausbreitung von Schadorganismen im Wald – Eruierung von Schwellenwerten.

Die WSL widmet sich in der strategischen Forschungsinitiative «Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements» intensiv den vom Klimawandel ausgelösten Massenbewegungen im Hochgebirge. (WSL 2019)

Beim SNF läuft unter anderem das Projekt Eco-hydrologic services of Swiss river and catchments under climate and land use scenarios (SWATCH21), ([SNF 173206](#)).

## 3 Offene Fragen, Wissenslücken und Bedürfnisse

### 3.1 Ergebnisse zu offenen Fragen und Wissenslücken

Die Ergebnisse des Scoping Meetings sind im Folgenden aufgeteilt in die offenen Fragen bzw. Wissenslücken der Teilnehmenden einerseits (Kapitel 3.1), und in Bedürfnisse hinsichtlich der Kommunikation und Zusammenarbeit andererseits (Kapitel 3.2). Die Fragen und Bedürfnisse wurden dabei in übergeordnete thematische Cluster zusammengefasst. Eine übersichtliche Liste der einzelnen Wissenslücken und Bedürfnisse befinden sich im Anhang 6 und 7.

Die im Anschluss an das Scoping Meeting erfolgten Kommentare aus der Forschungscommunity zu den offenen Fragen und Wissenslücken sind in den folgenden Kapiteln *kursiv und in grauer Schrift* an den entsprechenden Textstellen eingefügt. Sie sind in keiner Weise vollständig. Eine Liste der Forschenden, welche einen Beitrag leisteten, befindet sich im Anhang 8.

#### 3.1.1 Daten und Modelle

*Klimadaten und -modelle: Höhere räumliche und zeitliche Auflösung, Variabilität und Kartierung*

In verschiedenen Bereichen wurden bestimmte Daten nachgefragt. Die Nachfrage betrifft einerseits die zeitliche und räumliche Auflösung bereits bestehender Daten und andererseits die Erhebung von neuen spezifischen Daten, aber auch die Datenbearbeitung. Bei der zeitlichen Auflösung ist sowohl eine höhere Auflösung der meisten vorhandenen meteorologischen Parameter gefragt (bis hinunter zu stündlicher oder sogar 10-Minuten-Auflösung), insbesondere von Wind, Temperatur, Niederschlag und Abfluss, als auch Angaben zu langfristigen Veränderungen auf der Jahrzehnte-Skala. Im Hinblick auf die räumliche Skala sind für die politische Arbeit, insbesondere die Anpassung, Angaben auf Gemeindeebene erwünscht (beziehungsweise der Zugang zu den 2x2km Gitterdaten), während für ökologische Fragestellungen an die Topographie angepasste Informationen bis in den Mikroklimabereich von Pflanzendecken notwendig wären. Für Risikoabschätzungen werden sowohl Aussagen zu den

häufigen Ereignissen, aber auch zu den sehr seltenen Ereignissen benötigt. Die Angabe von Unsicherheiten kann bei der Risikobewertung berücksichtigt werden.

Der Bedarf an zusätzlichen Daten ist sehr spezifisch und reicht von Projektionen zum Oberflächenabfluss über Gewässertemperaturen oder die Anzahl Tage mit der Möglichkeit der künstlichen Schneeproduktion bis zur Wahrscheinlichkeitsverteilung der Dauer von Hitzeperioden. Solche Daten können allenfalls aus bestehenden Datensätzen und Messungen abgeleitet werden. Angeregt wurde auch die vermehrte Kopplung von Daten wie Temperatur und Niederschlag, das heisst die Berechnung kombinierte Parameter.

Einen zusätzlichen Aspekt spricht der Wunsch nach verbessertem Monitoring der laufenden Veränderung an, da in vielen Bereichen schleichende Veränderungen schwierig wahrnehmbar sind, wenn man nicht längere Messreihen betrachten kann.

Eine Kartierung von Wald- und Landwirtschaftsböden wurde nachgefragt insbesondere was den Bodenwasserspeicher oder das biologische Substrat betreffen.

#### 3.1.2 Systemverständnis und Kaskadeneffekte

*Kombinierte und Kaskadeneffekte: Risiken des Zusammentreffens ungünstiger Umstände, von Kaskadeneffekten oder asynchronen saisonalen Verschiebungen*

Eine grosse Herausforderung im Umgang mit dem Klimawandel und der Abschätzung der Folgen bilden das Prozessverständnis und der Einfluss des Klimawandels auf Ereignisse und Entwicklungen, die durch die Verknüpfung von mehreren Prozessen oder Systemzuständen entstehen. So hat ein Starkniederschlagsereignis sehr unterschiedliche Abflussmengen zur Folge, je nachdem ob der Regen auf trockenen, «normal» feuchten, oder durchnässten Boden oder gar auf eine Schneedecke fällt. Auch der Wasserstand von betroffenen Seen oder Reservoirs spielt eine Rolle. In diesem Zusammenhang müssen auch die sogenannten «Compound Extremes» besser verstanden werden. Compound Extremes umfassen das simultane oder chronologische Auftreten

von mehreren Extremen an einem oder mehreren Orten. Ihre teilweise verheerenden Folgen auf Gesellschaft und Umwelt können derzeit nicht hinreichend abgeschätzt werden. Die Abschätzung von solchen kombinierten Wirkungen ist sehr aufwändig und beinhaltet grosse Unsicherheiten, da sich die Unsicherheiten in den einzelnen Prozessen im Kombinationsprozess kumulieren. Das gleiche gilt auch im Gesundheitsbereich für die kombinierten Effekte von Hitze und Luftschadstoffen oder Hitze und Luftfeuchtigkeit.

Weitere Wissenslücken gibt es bei der Abschätzung von möglichen Ereignisketten wie einem Felssturz -oder Murgang aus freigelegtem Moränenmaterial in einen Gletschersee mit nachfolgender Sturzflut und allenfalls zusätzlichem Murgang unterhalb dieses Sees. Oder die Verstopfung eines Abflusses oder Hagel mit nachfolgender Überschwemmung. Weitere Fragen stellen sich im Zusammenhang mit saisonal gegenläufigen Effekten: So nimmt beispielsweise in der Landwirtschaft das Pilzwachstum in den zunehmend trockenen Sommern ab, in wärmeren Wintern jedoch zu. Oder Hitzetage könnten die Entwicklung von Schadorganismen reduzieren. Wie wirkt sich das insgesamt aus? Auch können sich asynchrone jahreszeitliche Verschiebungen bei unterschiedlichen Systemkomponenten ergeben, so dass beispielsweise Pflanzen früher blühen, die Bienen jedoch nicht ebenso früh aktiv werden und dadurch die Bestäubung vermindert wird oder gar ausfällt. Oder dass Kulturpflanzen früher blühen, aber bis weit in den Frühling immer noch Spätfrost auftreten kann und dies zu Ernteverlusten führt.

#### *Systemverständnis*

Für verschiedene Systeme haben auch Schwellenwerte – sogenannte «Tipping Points» – eine Bedeutung, insbesondere für Ökosysteme. Für viele Arten gibt es gewisse Grenzen der Umgebungsbedingungen – wie Trockenheitsdauer, Hitze oder Frost –, bei deren Unter- bzw. Überschreitung sie nicht mehr leben oder gedeihen können. In einem solchen Fall sterben diese Arten (lokal) aus und das ganze Ökosystem kann sich verändern. Die Überschreitung von solchen Schwellenwerten kann zu irreversiblen Veränderungen, vor allem in Ökosystemen führen. Es ist wichtig zu wissen, wo und bei welchen Bedin-

gungen Änderungen irreversibel werden, damit man sich darauf einstellen kann. Die Schwellenwerte und die Klimasensitivität von national prioritären Arten und Lebensräumen zu kennen, wäre sehr relevant. Schwellenwerte im Gesundheitsbereich sind insbesondere im Zusammenhang mit Hitzestress für Mortalität wichtig.

Ganz allgemein, nicht nur für diese Fragen, ist es notwendig, die Wirkung der Erwärmung auf das ganze System von Natur und Mensch zu betrachten und seine Resilienz zu kennen, das heisst wie gut das System auf Veränderungen reagieren und sich anpassen kann.

#### *3.1.3 Natürliche Ressourcen: Schutz und Nutzung*

##### *Biodiversität, Ökosysteme und Lebensräume: Anpassungsfähigkeit, Invasive Arten, Ökosystemdienstleistungen*

Bezüglich Biodiversität sind grundsätzlich die Auswirkungen von Klimawandel allgemein und Trockenheit im Besonderen auf die Veränderung der Artenzusammensetzung von Interesse. Bezüglich Massnahmen wurde die Frage gestellt, ob es Arten gibt, die besonders wichtig sind und gefördert werden sollten, und, falls ja, welche dies wären. Speziell nachgefragt wurde auch der Einfluss von invasiven Arten. *Diese Fragen sind aus Sicht der Forschung auch im Siedlungsraum anzugehen wie beispielsweise ein Langzeitmonitoring inklusive Interaktionen Flora / Fauna im Zusammenhang mit invasiven Arten.*

*Zur Klimasensitivität für UZL Arten (Umweltziele Landwirtschaft) läuft zur Zeit ein Teilprojekt bei NCCS / FiBL und das Agroscope Projekt «Grundlagen und Massnahmen zur Erreichung der Umweltziele Landwirtschaft im Bereich Arten und Lebensräume». In diesem Zusammenhang wären weiterführende Analysen sinnvoll wie z.B. «species distribution models» oder eine Kombination von Temperatur und Feuchte für eine umfassende Evaluation der Chancen/Risiken. Auch die Veränderung von ökologischen Beziehungen sollten integriert werden (z.B. Konkurrenz, Schädlingskontrolle, Abbauprozesse usw.). Die weitere Methodenentwicklung zu Schwellenwerten und Kippunkten von Ökosystemen ist wichtig.*



*Zusätzliche Wissenslücken im Kontext invasiver Arten aus Sicht der Forschung bestehen unter anderem zu den potentiellen Invasionswegen (Alpen), regionaler Risikoabschätzung inkl. Einbezug der Systemstabilität, Evaluation von einzelnen Faktoren wie der Überwinterung oder der Stärkung biologischer Schädlingskontrolle.*

Ein spezifisches Thema war die Bedeutung der Schneedecke bzw. die Folgen deren Rückgangs auf die Wasserversorgung der Vegetation im Frühling, wenn möglich mit Angaben zu lokalen Unterschieden. Nebst der Wasserversorgung war auch der Frost ein Thema, das heisst kein Schutz der Vegetation durch die Schneedecke sogenannte «cavitation». Des Weiteren zeigte sich ein Bedarf für die Valorisierung der Ökodienstleistungen oder «Naturkapitalien», auch in Form von geographischen Themenkarten, sowie der Einfluss bzw. deren Bedrohung durch den Klimawandel, um die Folgen des Klimawandels ökonomisch ausdrücken zu können.

#### *Boden*

Klimatisch bedingte Veränderungen im Boden waren allgemein ein wichtiges Thema, weil hier relativ wenig Wissen vorhanden ist. Insbesondere wurden hier die Kartierung von Wald- und Landwirtschaftsböden nachgefragt. Von Interesse sind insbesondere das biologische Substrat und die Bodenwasserspeicher.

#### *Landwirtschaft und Ernährung: Anpassung von Kulturen, Züchtungen, Folgen für Nutztiere, Schädlinge*

Die Züchtung und Auswahl von Kulturen und Sorten, die mit den neuen Bedingungen gut umgehen können bzw. resilienter sind als unsere bestehenden Kulturen, ist nach wie vor eine grosse Herausforderung. Es stellte sich auch die Frage, wann der richtige Zeitpunkt für den Einsatz von solchen neuen Sorten ist. *Eine verstärkte Züchtung Insekten-resistenter Obstsorten mit frühzeitiger Integration von gebietsfremden invasiven Arten ist aus Sicht der Forschung sinnvoll. Allgemein sollten nicht nur einzelne Kulturen simuliert, sondern das ganze System betrachtet werden. Wie müssen z.B. die Fruchtfolgen angepasst werden? Auch die Frage zu angepassten Mischkulturen im Intensivgrasland ist weiter zu klären.*

Aus dem Detailhandel kam die Frage, ob wir allenfalls gewisse Nahrungsmittelnormen überdenken müssen wie beispielsweise die Unterbrechung der Kühlkette während des Transports, um nicht zu viele Nahrungsmittel als ungeniessbar entsorgen zu müssen. Im Bereich der Tiernutzung besteht das Interesse nach einer kombinierten Betrachtung verschiedener Faktoren wie tiergerechte Haltung, Management, Zucht, Stallarchitektur und Aussenraumgestaltung.

Auch hier standen ökonomische Betrachtungen zur Diskussion, beispielsweise die Frage, welche Kulturen ein Landwirtschaftsbetrieb rentabel betreiben kann, wenn diese bewässert werden müssen – teilweise auf Grund terminlicher Anforderungen der Abnehmenden aus dem Detailhandel. Spezifische Themen zum Einfluss des Klimawandels betreffen den Umgang der Tiere mit verändertem Graswachstum, -qualität und -sorten. *Zu diesem Thema werden im Agroscope Projekt «Züchtung von Futtergräsern und Kleearten für einen nachhaltigen Kunstfütterbau, speziell auch für den Biolandbau» Sorten entwickelt, die bestens an die jetzigen und auch an zukünftige Bedingungen in der Schweiz angepasst sind (Boden, Klima, Bewirtschaftung). Ausserdem ist es Ziel des laufenden Agroscope Projekts «Bedürfnis- und ressourcengerechte, nachhaltige Ernährung der Milchkuh» ein besseres Verständnis der Belastungsfaktoren vor allem in Folge des Klimawandels zu gewinnen und die Resilienz gegenüber Umwelt- und Ernährungsstress wie auch die Entwicklung von Management- und Fütterungsstrategien zur Bewältigung dieser Herausforderungen zu stärken.*

Weitere spezifische Themen betreffen die Modellierung der Ausbreitung und saisonale Entwicklung von Schädlingen sowie die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Erträge. *Im NCCS / FiBL Projekt «Klimafolgemodelle für Schadorganismen in der Landwirtschaft: Schwerpunkt Biolandbau und Agrarökologie» werden zur Zeit verschiedenste Aspekte diesbezüglich analysiert (siehe auch Unterkapitel «Biodiversität, Ökosysteme und Lebensräume: Anpassungsfähigkeit, Invasive Arten, Ökosystemdienstleistungen»).* Der Fokus der NCCS Analysen liegt momentan auf Obst- und Weinbau.

*Zusätzlich gibt es zahlreiche offene Fragen zum Einfluss der Klimaveränderung auf die Wirkung, Trans-*

*port, Abbau, Ökotoxikologie, Nutzung und Anwendung von Pestiziden.*

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach der Nahrungsmittelsicherheit: Wie kann sie in einem wandelnden Klima und in der globalisierten Welt sichergestellt und aufrechterhalten werden? Was hat die Nahrungsmittelsicherheit für Auswirkungen auf Migration? Es zeigt sich, dass das Thema Ernährung nicht nur in lokalen Zusammenhängen gedacht werden darf.

*Forstwirtschaft: Anpassung der Bestände, Waldbrand*

In der Forstwirtschaft ist die geeignete zukünftige Artenzusammensetzung der Wälder ein wichtiges Thema, ebenso das zukünftige und langfristige Waldmanagement. Dabei stellen sich beispielsweise Fragen nach einer Priorisierung von verschiedenen Waldfunktionen oder nach den langfristigen Auswirkungen von kurzfristigen Massnahmen. Zweites wichtiges Thema ist die zunehmende Waldbrandgefahr bei Trockenheit, auch in Gebieten nördlich der Alpen, die bisher wenig betroffen waren und die Frage nach einer damit verbundenen allfälligen Beeinträchtigung der Luftqualität. Zusätzlich zu den Waldbränden wächst die Gefahr für Vegetationsbrände entlang von Böschungen, Büschen, Feldern oder Wiesen. Diese können zu Unterbrüchen von Verkehrswegen und Beeinträchtigung von Siedlungen führen, zudem gefährdet das Feuer Menschen und Sachwerte.

*Wasserbedarf und -qualität*

Der Einfluss des Klimawandels zeigt beim Thema Wasser zwei gegensätzliche Tendenzen: einerseits zu wenig Wasser – sprich häufigere Trockenheit im Sommer –, andererseits zu viel Wasser im Fall von vermehrten Starkniederschlägen mit der Gefahr von Überschwemmungen. Ausserdem verstärkt der Trend zu mehr Niederschlag in Form von Regen statt Schnee das Hochwasserrisiko im Winter. Die Häufigkeit solcher Ereignisse sowie deren Auswirkungen auf die Trinkwasserqualität, den Bodenwasserhaushalt und die Abflussspitzen interessieren besonders. *Die Frage zu den Auswirkungen von Trockenheit, starkem Niederschlag und Überschwemmungen auf die (Trink)wasserqualität wurde teilweise*

*von der Forschung im SNF Projekt TALE behandelt (Modellierung der Einflüsse von Klima- und Landnutzungswandel auf Nitratkonzentrationen und Sedimentfrachten in der Broye).*

Bezüglich Wasserbedarf stellte sich die Frage, wie viel Wasser – auch beim Einsatz von neueren Technologien – benötigt werden wird und wo das Wasser bei Trockenperioden gespeichert werden kann, auch im urbanen Raum. In der Landwirtschaft interessieren auch die Möglichkeiten und Grenzen der Bewässerung. *Die Modellierung des Wasserbedarfs für die landwirtschaftliche Bewässerung unter Klimawandel wird von Forschungsseite im Projekt Agri-Adapt zur Zeit behandelt. Eine interdisziplinäre Studie zum Verhältnis zwischen Wasserdargebot und -bedarf wäre schweizweit sinnvoll, um regional entstehende Engpässe aufzudecken und Nutzungskonflikte zu verhindern.*

Beim Thema Wassermanagement rücken Verteilungs- und Gerechtigkeitsfragen bei Wasserknappheit in den Vordergrund.

*3.1.4 Infrastrukturen, Gebäude und Raumnutzung*

*Angepasste Planung durch geeignete Raumplanung und Baunormen für Raumnutzung, Infrastrukturen, Gebäude und Freiräume*

Im Gebäudebereich steht vor allem der Umgang mit zunehmenden Naturgefahren und mit zunehmender Hitze und dem damit verbundenen Kühlbedarf im Vordergrund. Spezifische Anliegen betreffen den Informationsbedarf zum Verhalten von Konstruktionen und Materialien bei Hitze, aber auch Feuchte – im Falle von Überschwemmungen – auch als Grundlage für Baunormen. Die Frage wurde gestellt, ob Automatisierungen beispielsweise bei Klimaanlage oder Sonnenstoren sinnvoll seien. Eine weitere Frage besteht zum Kühlenergiebedarf und ab wann bei Hitze gekühlt werden soll bzw. darf. Verbunden damit sind die Wissenslücken, wie tolerant und anpassungsfähig Gebäudenutzende bezüglich des Raumklimas sind und ab wann ihre Leistungsfähigkeit oder Gesundheit unter Hitze leidet wie beispielsweise in Alters- und Pflegeheimen sowie Spitälern.

Da sich das Klima im Verlauf der langen Lebensdauer von Gebäuden relativ stark verändern kann, besteht der Bedarf nach Baukonzepten mit einer ho-

hen Anpassungsfähigkeit, insbesondere bezüglich Heizung/Kühlung, Widerstandsfähigkeit gegenüber Naturgefahren und dem Gebäudebestand. In diesem Zusammenhang sind generell langfristige, integrierte Planungskonzepte gefragt. Dies gilt nicht nur für einzelne Gebäude, sondern auch für die Stadtplanung, wo Multifunktionalitätsbetrachtungen und eine sektorenübergreifende Zusammenarbeit erforderlich sind. Eine grosse Herausforderung in Städten ist vor allem der Zielkonflikt zwischen dem angestrebten verdichteten Bauen und der Schaffung von klimatisch erwünschten Freiräumen wie Durchlüftungskorridoren und Grünflächen oder Durchleitungskorridoren für Hochwasser sowie deren Bezahlbarkeit. Offene Fragen ergeben sich zudem aus dem Zusammenspiel von Klimaschutzmassnahmen wie z.B. wärmegeämmte Fassaden oder Solarkollektoren und Naturgefahren wie Hagel oder Wind. Die Klimaschutzmassnahmen im Gebäudebereich müssen genügend Widerstandsfähigkeit gegenüber Naturgefahren aufweisen. Hierzu sind gleichzeitige Verläufe verschiedener Parameter erforderlich. So sind z.B. für den Einsatz von Storen gegen Hitze auch die Wind- und Hagelempfindlichkeit und das Nutzerverhalten zu beachten oder für die Planung der Gebäudetechnik die Temperaturverläufe in Kombination mit Feuchte, Wind und Strahlung.

Weitere Fragen ergeben sich im Zusammenhang mit den Klimafolgen für kritische Infrastrukturen, z.B. Befahrbarkeit von Flüssen (Versorgung über den Rhein), Auswirkungen von Hanginstabilitäten auf kritische Infrastrukturen, Wasserversorgung usw.

#### *Energieversorgung: Bedarf und Speicherung*

Bei der Energieversorgung stellt sich die Frage, zu welchem Zeitpunkt jeweils Energie produziert werden kann bzw. gebraucht wird. Dabei ist die Entwicklung von langfristigen Speichertechnologien für die saisonale Speicherung vom Sommer in den Winter ein entscheidender Punkt. Ebenso wurde die Frage aufgeworfen, ob es Möglichkeiten gibt, mit Wasser aus Seen zu kühlen, da diese im Gegensatz zu Fliessgewässern genügend Wärmekapazität hätten. Im Gebäudebereich interessierte ausserdem, mit welchem Strombedarf dort in Zukunft gerechnet werden muss.

### *3.1.5 Gesundheit*

#### *Auswirkungen auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit*

Die wichtigsten Themen im Bereich Gesundheit bilden in erster Linie die Auswirkungen von Hitzeperioden, insbesondere auf die Arbeitsproduktivität, und in zweiter Linie neue vektorübertragene Krankheiten. Im Zusammenhang mit möglichen Auswirkungen von Hitze ist auch das erhöhte menschliche Aggressionspotenzial zu beachten. *Nach Einschätzung der Forschung kann man auf der Makroebene die Assoziation zwischen Hitze und Aggressionsvorfällen aus entsprechenden Datenbanken (z.B. Polizei) analysieren. Zusätzlich hilfreich sind individuelle Biomarker Erhebungen während Hitzeperioden. Fragen zu den Auswirkungen von hohen Temperaturen auf die mentale Gesundheit kann u.a. mit medizinischen Datenbanken untersucht werden.*

Bei den Hitzefolgen auf die Arbeitsproduktivität stellen sich eine ganze Reihe von Fragen, unter anderem nach Unterschieden zwischen «indoor» und «outdoor». *Aus Forschungssicht braucht es hier je nach Arbeit andere Ansätze zur Messung der Leistung, ev. in Kombination mit physiologischen Grössen. Grundsätzlich kann ein Panel Ansatz vielversprechend sein.*

In diesem Kontext gibt es weitere Fragen zur Anpassungsfähigkeit der Bevölkerung bei Essgewohnheiten, Tagesrhythmen oder dem Umgang mit dem mediterranen Lebensstil; zu den arbeitstechnisch produktivsten Tageszeiten des Menschen; zu allfälligen gesundheitsrelevanten Temperaturschwellenwerten oder Grenzwerten am Arbeitsplatz, wo Richtlinien unklar sind. *Das Swiss TPH startet in Zusammenarbeit mit der SUVA ein Projekt: «Association between heat and occupational accidents: implications for the regulatory framework». Ziel ist es Normen herzuleiten.*

Unser Gesundheitssystem ist zu wenig auf Hitze ausgerichtet und grosse Herausforderungen stellen sich während Hitzewellen für die Leistung in Spitälern in der Langzeitpflege oder für die möglicherweise beeinträchtigten Leistungsfähigkeit von Betreuungspersonen. Befragungen von vulnerablen Personen, Arbeitgebenden, Arbeitskräften oder Patientinnen und Patienten zur Wahrnehmung von Hitzeereignissen und allfälligem Bedarf an Unter-

stützung könnten helfen, um Informationen zur optimalen Massnahmenplanung zu gewinnen. Zusätzlich könnten Interventionsstudien zur Wirksamkeit von Massnahmen den Bedarf und die Handlungsbereitschaft der Bevölkerung aufzeigen. *Aus Sicht der Forschung wären hier weniger Fragen zur individuellen als viel mehr zur strukturellen Prävention wichtig. Forschungsansätze können von sozialwissenschaftlichen Ansätzen bis zur Evaluation von konkreten Interventionen gehen. Zentral ist es dabei strukturelle Interventionen zu testen und ihre Wirksamkeit zu prüfen.*

Weiter stellen sich auch Fragen zur Kombinationswirkung von Hitze und Trockenheit, z. B. inwiefern Trockenheit die Wahrnehmung oder die gesundheitlichen Auswirkungen von heissen Tagen verändert. *Eine Forschungsstudie zeigt, dass es betreffend Zusammenhang zwischen Temperatur und Sterblichkeit kein Unterschied für die Parameter Tageshöchst-Temperatur und gefühlte Tagesmaximum-Temperatur gibt. Die beiden meteorologischen Parameter korrelieren (zumindest bisher) stark. Für konkrete Krankheiten und Todesursachen wurde der Effekt von Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit Hitze jedoch noch nicht untersucht. Dies könnte anhand medizinischer Datenbanken analysiert werden.*

Mehr Hitzetage beeinträchtigen das Wohlergehen und die Gesundheit der Tiere. Bei Nutztieren sollte dies erkannt werden können und in Zucht, Haltung und Management sind Massnahmen zu finden, um diesen Herausforderungen zu begegnen.

Es fehlen klimaabhängige Voraussagen zur Ausbreitung von Infektionskrankheiten, deren Erreger und Vektoren wie Stechmücken oder Zecken bei mehr Hitzetagen und schleichender Temperaturzunahme. *Die Forschung betrachtet «infectious disease models» als geeignete Methode, um beispielsweise für eine gegebene Mückendichte abschätzen zu können, welche Art von Epidemie ausbrechen könnte. Methoden dafür sind etabliert, wurden aber für Schweizer Verhältnisse noch nicht angewandt.*

Die oben erwähnten Infektionskrankheiten stellen ein Gesundheitsrisiko für Menschen sowie für Nutz- und Heimtiere dar. Die damit zusammenhängenden Fragen sollten nach einem One-Health-Ansatz angegangen werden.

*Zusätzliche Wissenslücken aus Sicht der Forschung betreffen die mentale Gesundheit und Hygienefragen insbesondere zu den Pathogenen in Wasser und Nahrungsmitteln, ihren Wirkungen und den entsprechenden Präventionsmassnahmen. Auch in Bezug auf akute hitzebedingte Sterblichkeit und Hospitalisationen gibt es noch viele offene Fragen (z.B. Anzahl verlorener Lebensjahre, Risikogruppen, Wirksamkeit von einzelnen Massnahmen).*

*Offen ist auch, wie gut wir uns in der Zukunft an die zunehmende Hitzebelastung anpassen und wie sich die Auswirkungen auf Sterblichkeit und Krankheit entwickeln werden. Prognosen zu machen ist sehr schwierig, da viele Faktoren eine Rolle spielen (Public Health, Raumplanung, Demographie, sozio-ökonomische Entwicklungen, etc.).*

*Ausserdem gibt es Wissenslücken, was die Interaktion zwischen Hitze und Ozon auf Sterblichkeit und respiratorische Erkrankungen betrifft. Dies kann mit den vorhandenen medizinischen Datenbanken untersucht werden.*

*Wie Hitze sich auf das Wohlbefinden (und Lebensqualität) der Bevölkerung auswirkt, ist weitgehend unbekannt. Zur Erforschung dieses Themenbereiches braucht es eine Zusammenarbeit von z.B. epidemiologischen und sozialwissenschaftlichen Forschungszweigen.*

*Ob und inwiefern wärmere Winter die Gesundheit beeinträchtigen (z.B. via Überlebensrate von Vektoren) ist bisher noch nicht untersucht worden.*

### 3.1.6 Tourismus

#### *Tourismus: Betroffenheit und langfristige Planung*

Im Bereich Tourismus wurde angemerkt, dass es Werkzeuge und Fachpersonen braucht, welche die Leute vor Ort konsultieren könnten, unter anderem zur Frage, was in einem nachhaltigem Tourismuskonzept enthalten sein muss, beispielsweise zum Thema Mobilität. *Dazu gibt es von der Forschungsgruppe Tourismus und Nachhaltige Entwicklung, IUNR, ZHAW ein aktuelles Innotour Projekt der «Angewandte Nachhaltigkeit für Schweizer Tourismusdestinationen»*

Eine Bewusstseinsbildung zum Thema Klimawandel in der Tourismusbranche wurde hervorgehoben. Wichtig erscheint zudem, dass massgeschneiderte Optionen für die Tourismusregionen entwickelt

werden, damit eine optimale Chancennutzung und touristische Diversität gegeben ist. Dazu benötigt es Wissen zu Vorteilen und generellen Kosten von Massnahmen wie auch als Vergleich zu Kosten bei Inaktivität der Region. *Diesbezüglich gibt es bereits diverse Projekte der Forschungsgruppe Tourismus und Nachhaltige Entwicklung, IUNR, ZHAW: z.B. touristische Entwicklungskonzepte, welche die regionalen Potenziale und Chancen nutzen und die aktuellen Trends und Entwicklungen berücksichtigen; Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort und gemeinsames Entwickeln von Strategie und entsprechenden Massnahmen. Wie eine Region vorzugehen hat, welche Vorteile sich ergeben können und mit welchen Kosten für Massnahmen zu rechnen ist, ist bereits bekannt. Forschung ist einzig betreffend der Kosten der Inaktivität notwendig.*

Dazu kommt die Frage, wie die Wirtschaft mit der steigenden Klimavariabilität umgehen soll, da beispielsweise mehrere schneearme Jahre Wintersportdestinationen wirtschaftlich gefährden können und eine einzige schneereiche Saison zwar aus finanziellen Nöten hilft, aber auch ein Umdenken hin zu neuen Tourismuskonzepten verhindern kann. *Von Seite Forschung ist die Einkommensvariabilität eine Standardfrage in der Ökonomie und somit benötigt dies keine neue Forschung.*

Spezifisch wurde nach Wissen zu Schneebedingungen oder -decke gefragt, damit Lawinensprengungen danach ausgerichtet werden können.

### **3.1.7 Gesellschaftliche, ökonomische und sozioökonomische Themen**

#### *Ökonomische Auswirkungen, Kosten-Nutzen-Vergleiche, Versicherungen*

In verschiedenen Bereichen wurden Kosten-Nutzen-Analysen, das heisst ein Vergleich der Anpassungskosten mit den (Schadens-)Kosten der Inaktivität (d.h. was wird es uns kosten, wenn wir nichts tun?) nachgefragt. *Bearbeitet wurde diese Frage wurde in einem SNF-Sinergia Projekt «Climate Change Extremes and Adaptation Strategies considering Uncertainty and Federalism (CCAdapt)» Zur Kostenfrage läuft zur Zeit das kleinere Projekt «Klimabuchhaltung im Berggebiet»: Die ZHAW, IUNR, FG Regionalentwicklung führt eine Analyse durch, inwiefern sich durch den Klimawandel verursachte Kos-*

*ten in der Buchhaltung einer Gemeinde zeigen, bzw. wie diese für die Zukunft «modelliert» werden könnten. Ziel ist dadurch die Vertreterinnen und Vertreter betroffener Gemeinden zu sensibilisieren. Instrumente und weitere Forschung ist notwendig, um aufzuzeigen, wie sich der Klimawandel in Zukunft auf die Finanzen von Gemeinden, Kantonen, Firmen usw. auswirkt. Der Projektaufwand diesbezüglich wäre relativ klein.*

Vor allem im Zusammenhang mit Starkniederschlägen und Trockenheit sind Angaben zu den ökonomischen Auswirkungen in allen Sektoren für verschiedene Klimaszenarien – mit und ohne Massnahmen – erwünscht. *Mindestens so interessant wie das Schätzen von Gesamtkosten (Anpassung und verbleibende Schäden) ist aus Forschungssicht die Frage, wer dafür bezahlt. Die Gesamtkosten sollten minimiert werden, d.h. so viele Anpassungsmassnahmen bis die Minderung der Schadenskosten nicht mehr gerechtfertigt sind. Diesem Ansatz wirkt jedoch entgegen, dass Anpassungskosten oft von der öffentlichen Hand bezahlt werden (Schutzbauten), während die Schäden meist von den Betroffenen und ihren Versicherungen getragen werden. Bei der Abstimmung von Anpassung und akzeptierten Risiken gibt es weitere zahlreiche Herausforderungen wie beispielsweise die Faktoren Unsicherheit und Zeit, externe Effekte (die Schutzmassnahmen der Gemeinde A erhöhen das Risiko für Gemeinde B) oder Föderalismus.*

Aus wirtschaftlicher Sicht interessierte der spezifische Aspekt, welche Industriezweige besonders von trockenen Sommern betroffen sind – gerade bei Branchen mit intensiver Wassernutzung – und welche Auswirkungen dies auf den Arbeitsmarkt hat. *Diese Frage ist aus Sicht der Forschung auszudehnen und mit bereits erwähnten Kosten-Nutzen-Analysen zu bündeln: Welche Wirtschaftsbereiche sind besonders vom Klimawandel und von den Anpassungsmassnahmen betroffen, wie und mit welchen Folgen für den Arbeitsmarkt, in den verschiedenen Klimaszenarien? Eine Aufdatierung bereits bestehender Analysen («Assessing the impacts of climate change for Switzerland» und «Cost and benefits of climate change in Switzerland») mit den neusten Klimaszenarien ist mit geringem Aufwand sinnvoll und gut umsetzbar.*



Auf organisatorischer Ebene wurde diskutiert, wie man eine langfristige Sichtweise in wirtschaftliche Entscheidungsprozesse einfließen lassen kann.

Weiter wurde angeregt, gewisse Angebote im Versicherungssektor zu überdenken, wenn heute seltene Ereignisse zukünftig häufiger auftreten. Dabei wurden Fragen aufgeworfen nach der Notwendigkeit, ereignisspezifische Produkte wie einer Hagelversicherung für die Landwirtschaft oder Produkten für Setzungsschäden aufgrund von Trockenheit zu schaffen. Grundsätzlich ist auch wichtig abzuschätzen, ob Ereignisse, die immer häufiger auftreten überhaupt noch versicherbar wären und zu welchem Preis. Und ob es so noch Sinn macht, national zu arbeiten oder ob das Risiko breiter gestreut werden müsste, das heisst international oder über die Sektoren hinaus.

Im Sektor Landwirtschaft stellt sich aus ökonomischer Sicht die Frage, welche Kulturen, die in Zukunft vermehrt Bewässerung benötigen, sich ein Landwirtschaftsbetrieb noch leisten kann.

#### *Fragen zu Gerechtigkeit, Verteilung, Gesetzen und Regelungen*

Verteilungs- und Gerechtigkeitsfragen spielen in vielen Bereichen eine wichtige Rolle. Ein wichtiger Punkt dabei ist die Frage, wo es Ausgleichsmechanismen und/oder Entschädigungen für betroffene Gesellschaftsgruppen oder Sektoren braucht. Wie kann so etwas finanziert und gerecht gestaltet werden und wo sollen dabei die Prioritäten gesetzt werden? Spezifische Fragen dazu wären beispielsweise, wie eine gerechte Verteilung der Gesundheitssystemleistung bei Hitzebelastung aussehen würde oder wer sich Kühlung überhaupt leisten könne und ob es ein Recht auf Kühlung geben sollte. Diese Frage betrifft auch die Raumplanung und den Städtebau, wo noble Einfamilienhausquartiere mit viel Grün zur Kühlung versus dichte Überbauungen mit viel Beton bestehen. Generell stellt sich die Frage nach der gerechten Verteilung der Lasten auch beim Wohnungswesen, beispielsweise bei den Kosten baulicher Massnahmen aufgrund des Klimawandels. *Aus Sicht der Forschung braucht es zur Frage der Ausgleichsmechanismen eine juristische Aufarbeitung. Es ist abzuklären, inwiefern dies schon ge-*

*macht wurde. Kann man die THG-Emittenten zur Rechenschaft ziehen? Könnte wenigstens der Ertrag der CO<sub>2</sub>-Abgabe dafür eingesetzt werden? Als Beispiel für weitere Forschung zu Ausgleichsmechanismen werden unter anderem die Berggebiete genannt. Aus einer Abbildung von «Services» in monetären Angaben könnten sich automatisch Richtlinien zur Kompensation ergeben.*

Beim Thema Wassermanagement interessiert vor allem die Frage, wer wann und weshalb prioritären Zugang zu welchem Wasser haben soll, aber auch, wie und von wem dies entschieden wird und auf welcher Grundlage. Nötig wären Regelungen oder Handlungsanleitungen für eine Verteilung der Nutzungsrechte unter Berücksichtigung sozialer und ökonomischer Gesichtspunkte. Eine für die Praxis in verschiedenen Disziplinen sehr wichtige Forderung ist die nach Handlungsvorschlägen beziehungsweise «best practices» zur Lösung von Nutzungskonflikten.

Spezifischere Fragen betreffen die finanziellen und versicherungstechnischen Verantwortlichkeiten beim Management von Einzugsgebieten bzw. Gewässern sowie der Umgang mit neuen Landschaften durch abschmelzende Gletscher bzw. wie die Besitzverhältnisse aussehen und wer für den Schutz dieser Landschaften verantwortlich ist.

Zum Thema Gerechtigkeit zählen auch Migrationsfragen, die in Betracht gezogen werden müssen. Die Effekte und Auswirkungen des Klimawandels machen nicht an Landesgrenzen Halt. Zudem ist die Schweiz global tätig und vernetzt und entsprechend hat sie eine globale Verantwortung mitzutragen.

#### *Fragen zum Umgang mit dem Wandel (Risikobereitschaft, Variabilität, Fokussierung, Anpassungsfähigkeit, Anpassungswille)*

Es wurde die prinzipielle Frage aufgeworfen, wie gut und schnell sich Systeme anpassen können und wie gross der Anpassungswille in Wirtschaft und Gesellschaft ist. *Aus Sicht der Forschung ist auch die Frage zur «Governance» wichtig, d.h. dazu, wie wir mit den Klimafolgen umgehen wollen und werden – in Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft. Dies betrifft Strategien und Konzepte, Instrumente und Finanzierung des Umgangs mit den Klimafolgen. Je nach Ebene (Bund, Kanton, Gemeinde, Privatwirt-*



*schaft) wird diese Frage zur Zeit sehr unterschiedlich aktiv angegangen.*

Ebenso wurde gefragt, wo die Systemgrenzen bei Anpassungsmassnahmen gezogen werden sollen (s. auch Kapitel 3.2.2). Darüber hinaus sei eine Priorisierung von Aktionen notwendig, das heisst, dass die wichtigsten Massnahmen eruiert und definiert werden sollten. Dazu braucht es nicht nur Kenntnisse zur Entwicklung der natürlichen Systeme, sondern auch mehr und regionale sozioökonomische Szenarien – unter Einbezug von beispielsweise Konsumverhalten, raumplanerischen Massnahmen und Landnutzungsänderungen. Bei der Massnahmenplanung ist auch Wissen bzw. eine Diskussion zur Risikobereitschaft in der Bevölkerung notwendig. Schwierig in dieser Diskussion ist, dass die wahrnehmbaren Risiken wie Hitzewellen heutzutage nur ein paar Wochen im Jahr dauern, es aber bereits heute Anpassungen für langfristig bestehende Infrastrukturen an intensivere Ereignisse weit in der Zukunft braucht.

Bei der Anpassung spielen auch raumbezogene Fragen eine Rolle, zum Beispiel, wo welche Ausweichräume vorhanden sind, einerseits für bedrohte Arten und Ökosysteme, andererseits auch für durch den Klimawandel beeinträchtigte landwirtschaftliche Nutztiere oder -pflanzen.

## 3.2 Ergebnisse zu Bedürfnissen

### 3.2.1 Kommunikation, Verfügbarkeit und Co-Produktion von Wissen

Ein Thema, das am Scoping Meeting in verschiedenstem Zusammenhang und immer wieder erwähnt wurde, ist die Verbesserung und Intensivierung der Kommunikation des vorhandenen Wissens und dessen Verfügbarkeit. Das Wissen ist oft zwar vorhanden, aber entweder nicht bekannt oder dann nicht in geeigneter Form verfügbar. Die Forschenden stehen dabei vor der Herausforderung, konkrete, vereinfachte Aussagen für die Praxis zu machen, obwohl Unsicherheiten bestehen. Besonders heikel ist aber auch, klar zu kommunizieren, für welche Anwendung oder Umsetzung bestimmte Angaben und Daten verwendet werden können. In der Praxis sind meist wenig Ressourcen vorhanden, um komplexe Informationen adäquat zu verarbeiten. Dies führt zum klaren Bedürfnis nach der Aufarbei-

tung und Interpretationshilfe von Information. Dazu gehört beispielsweise die Frage, wie Unsicherheiten in der zeitlichen Entwicklung von Temperatur und Niederschlag oder anderen Indikatoren am besten kommuniziert werden können und wie trotz dieser Unsicherheiten Vertrauen in die vorhandenen Daten -oder Analysen geschaffen werden kann. Dieses Vertrauen soll dazu führen, dass trotz der Unsicherheiten der Schritt zum Handeln gemacht und die Risiken angegangen werden können.

Damit das Wissen aus der Forschung zielgruppengerecht aufbereitet und differenzierter kommuniziert werden kann, braucht es massgeschneiderte Kommunikationskonzepte. So können alle Zielgruppen unterschiedlichster Regionen und Tätigkeitsbereichen mit ihren spezifischen Zeithorizonten und Aufgaben auch erreicht werden. Zentral dabei sind die Aufarbeitung und Übersetzung der wissenschaftlichen Resultate in einfache, verständliche Aussagen und eine Übersicht zu den vorhandenen Grundlagen oder Daten in einer Dienstleistung, welche dann kommuniziert und disseminiert werden kann. Nebst den Klimaszenarien sollten auch die indirekten Auswirkungen des Klimawandels vermehrt kommuniziert werden. Sowohl Chancen wie Risiken sind dabei von Interesse wie auch Aussagen zu interannueller und interregionaler Variabilität und wie man damit umgehen könnte.

In Bezug auf die Verfügbarkeit und Kommunikation der vorhandenen Informationen werden beispielsweise Storylines oder Karten als nützliche Kommunikationsform angesehen. Bei Karten wurden spezifisch Verbreitungskarten wie beispielsweise von Tigermücken, Bodenwasserspeicher- oder Risikokarten erwähnt. Grundlage dafür sind meist massgeschneiderte Klimainformationen. Daten, ihr möglicher Verwendungszweck und allfällige Einschränkungen sollten verständlich beschrieben sein, mit einfachem Zugang für konkrete Anwendungen. Dabei ist eine gute Koordination von Datenproduzierenden mit -nutzenden notwendig. Ein praxisorientierter Dialog und Weiterbildungsangebote bezüglich vorhandener Daten, Statistiken, Grafiken und deren Interpretation werden als sehr hilfreich eingestuft. Speziell wurde auch gewünscht, dass 'niederschwellig' Hilfe bei der Nutzung beispielsweise der

Szenarien vorhanden wäre, möglich z. B. in Form von zwei Tage Beratung.

Um die Bevölkerung und Verantwortlichen besser zu erreichen, stellt sich die Frage, welche Frühwarnsysteme für welche Sektoren zielführend sind, z. B. Vorhersagen/Warnungen bei Trockenheit oder Hitze mit integrierten Schwellenwerten und konkreten Handlungsanweisungen – ähnlich wie ein Wetterbericht für die Landwirtschaft. Bestehende Systeme wie alert.swiss lassen sich dafür gut nutzen, sodass keine neuen Systeme entwickelt werden müssten. Ausserdem ist abzuklären, welche Kanäle der Kommunikation sinnvoll für die (Früh-)Erkennung, das Management und eine bessere Zusammenarbeit sind.

Neben der Aufbereitung und Verfügbarkeit von Wissen wurde auch vermehrt der Wunsch geäussert, neue Entwicklungen gemeinsam, im Sinne einer Co-Produktion von Wissen, anzugehen. Nur durch den intensiven Dialog zwischen Forschenden und Anwendern können auch gute, passende Lösungen gefunden werden.

### *3.2.2 Inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit, Konzepte und Instrumente*

Um die anstehenden Herausforderungen im Klimawandel zu meistern, ist es notwendig, vermehrt inter- und transdisziplinär zusammen zu arbeiten, in systemischen Ansätzen zu denken und unterschiedlichste Planungsebenen in der Praxis miteinander zu verknüpfen. Eine risikobasierte Raumplanung, Leuchtturmprojekte – z. B. in der Stadtplanung –

oder ein integrales Management, um die Wirkung kombinierter Effekte richtig einzuschätzen, sind zielführend und wichtig.

Gute Lösungsansätze könnten durch einen Austausch mit Nachbarregionen/-ländern gefördert werden: Strategien, Gesetzgebungen oder Anforderungen lassen sich analysieren und eventuell auf die Schweiz übertragen. Bezüglich Trockenheit stossen wir beispielsweise an die Grenzen der Erfahrung in unserer Kultur. Vergleiche mit Ländern oder Regionen, die heute bereits ein unserer Zukunft ähnliches Klima haben, sind jedoch aufgrund der grossen kulturellen Unterschiede nur bedingt hilfreich bzw. setzen einen Kulturwandel (z.B. Siesta) voraus.

Zu einer intelligenten und fairen Lösung kann auch die Verknüpfung von verschiedensten Interessen der Anspruchsgruppen führen. Dabei werden sektorenübergreifende Bedürfnisse sowie intersektorielle Trade-Offs und Synergien erfasst. Betrachtet man beispielsweise die Gesundheit als Funktion von unterschiedlichsten Einflüssen, ist die Integration von Gesundheitsanliegen in andere Sektorpolitiken sinnvoll.

Mögliche Lösungen sollten «best practices» aufzeigen, sowohl bezüglich der Anwendung von Modellen oder Daten als auch Beispiele von erfolgreich durchgeführten Massnahmen im In- wie auch Ausland. Ein Tool zur Beurteilung von Anpassungsmassnahmen und daraus resultierenden Synergien und Konflikten, beispielsweise im Gebäudesektor für Hitze und Durchlüftung, wird als wichtig erachtet.

## 4 Synthese

Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen sowohl natürliche Systeme und Ressourcen wie auch damit verknüpfte sozioökonomische Systeme über alle Sektoren hinweg. Um die anstehenden Herausforderungen zu meistern, ist es deshalb notwendig, vermehrt inter- und transdisziplinär zusammenzuarbeiten. Letzteres war auch ein Ziel des Scoping Meetings, einer transdisziplinären Dialogveranstaltung, an der Personen aus der Forschung, der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft ihre Herausforderungen, Bedürfnisse und offenen Fragen gemeinsam diskutiert haben. Der Anlass zeigte, wie der beginnende Prozess zur Co-Produktion von Wissen gestaltet werden kann. Die Praxis könnte dabei in Zukunft sogar noch enger eingebunden werden.

Eine interessante Erkenntnis aus dem Anlass ist die Tatsache, dass – neben der Beschaffung von Information an sich – auch die Co-Produktion und der gesamte Dialogprozess vom Wissen aus der Forschung bis hin zur konkreten Handlungsanweisung an die Praxis, das heisst die Klimadienstleistung, zentral ist. Die Information muss nicht nur vorhanden, sondern auch für ein breites Publikum verfügbar sein, zielgruppengerecht aufbereitet und auch entsprechend kommuniziert werden, um die adressierten Personen zu erreichen. So sind nicht nur die offenen Fragen bzw. Wissenslücken der Teilnehmenden ein wichtiges Ergebnis des Scoping Meetings, sondern auch ihre Bedürfnisse hinsichtlich der Kommunikation und Verfügbarkeit von Wissen. Gute und faire Lösungen bedingen eine Verknüpfung der Interessen aller Betroffenen und Entscheidungsträger und -trägerinnen der unterschiedlichsten Sektoren und Planungsebenen.

Die Fragestellungen bezüglich Klimafolgen sind zahlreich und komplex. Diese beginnen mit der wichtigen Fragestellung des Zeitskalenproblems, indem Handeln notwendig wird zu einem Zeitpunkt, wo das Problem häufig erst in Ansätzen erkennbar ist und sich die schleichenden Veränderungen in der kurzfristigen Variabilität verlieren. Es fehlt deshalb oft die Bereitschaft von Institutionen, entspre-

chende Kapazitäten zu schaffen, um sich mit der Thematik gebührend auseinanderzusetzen zu können. Dazu kommen die Komplexität der Problematik wie beispielsweise das Zusammenspiel von schleichenden Prozessen und Extremereignissen oder asynchrone Effekte wie die Verschiebung des jahreszeitlichen Rhythmus in der Tier- und Pflanzenwelt und eine mögliche Störung des Zusammenspiels: Insekten könnten beispielsweise die Blütezeit verpassen. Als zusätzliche Erschwernis kommen dann noch die vielen Unsicherheiten dazu sowie die Tatsache, dass wir uns mit Entwicklungen auseinanderzusetzen müssen, die über unseren Erfahrungshorizont hinausgehen und somit auch die «best practice» aus der Vergangenheit nicht unbedingt weiterhilft. Und zu guter Letzt stellen sich nicht nur Fragen zur Veränderung der natürlichen Systeme, sondern auch im Zusammenhang mit der zukünftigen Entwicklung der sozioökonomischen Bedingungen wie Konsumverhalten, Bildung oder Wirtschaftsentwicklung.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht erstaunlich, dass der Wunsch nach sozioökonomischen Szenarien – und dies wenn möglich gerne auch regional – sowie nach Kosten-Nutzen-Rechnungen in allen möglichen Bereichen aufkommt. Entsprechende Abschätzungen sind jedoch noch viel komplexer als für natürliche Systeme und hängen nicht zuletzt von der kaum vorhersehbaren Entwicklung der Wertesysteme in der Gesellschaft ab. Letztere betreffen beispielsweise die Risikotoleranz, das Verständnis von Gerechtigkeit oder die bevorzugte Gesellschaftsform, die für alle und je nach Individuum sehr verschieden sind. Die Möglichkeit der Wissenschaft, solche Entwicklungen vorauszusehen, sind in diesem Sinne begrenzt. Die Forschung kann allerdings mit der Erarbeitung von Szenarien eine entsprechende gesellschaftspolitische Diskussion anregen, die im demokratischen Prozess zu neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen führen können. Ebenso anspruchsvoll sind Kosten-Nutzen-Rechnungen, da die Kosten meist heute anfallen, der Nutzen jedoch erst in Zukunft auftritt und ein Vergleich stark von der Bewertung zukünftiger Kosten in Masszahlen

aus dem heutigen sozioökonomischen Umfeld abhängt und den gesetzten Systemgrenzen.

Die am Anlass diskutierten Wissenslücken und offenen Fragen lassen sich wie folgt gruppieren:

- Daten und Modelle: Klimadaten und -modelle, höhere räumliche und zeitliche Auflösung, Variabilität und Kartierung
- Systemverständnis und Kaskadeneffekte:
  - Zusammentreffen ungünstiger Umstände, Kaskadeneffekte, asynchrone saisonale Verschiebungen,
  - Verständnis von natürlichen und sozioökonomischen Systemen.
- Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen:
  - Biodiversität und Lebensräume: Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen, Bedeutung invasiver Arten, Einfluss auf Ökosystemdienstleistungen, Boden,
  - Landwirtschaft und Ernährung: Anpassung von Kulturen, Züchtungen, Folgen für Nutztiere, Veränderungen bei Schädlingen,
  - Anpassung der Forstbestände, Waldbrand,
  - Wasserbedarf und -qualität.
- Infrastrukturen, Gebäude und Raumnutzung:
  - Angepasste Planung durch geeignete Raumplanung und Baunormen für Raumnutzung, Infrastrukturen, Gebäude und Freiräume,
  - Bedarf und Speicherung von Energie.
- Gesundheit: Auswirkungen auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit
- Tourismus: Betroffenheit und langfristige Planung
- Gesellschaftliche, ökonomische und sozioökonomische Themen:
  - Ökonomische Auswirkungen, Kosten-Nutzen-Vergleiche, Versicherungen,
  - Gerechtigkeit, Verteilung, Gesetze und Regelungen,
  - Umgang mit dem Wandel: Risikobereitschaft, Fokussierung, Anpassungsfähigkeit, Anpassungswille.

Aus diesen Fragen, Bedürfnissen und der Diskussion können kurz zusammengefasst folgende Aufgabengebiete abgeleitet werden:

- Eine zielgruppengerechte Aufarbeitung, Kommunikation und Co-Produktion von Wissen und ein stark erleichterter und vereinfachter Zugang zu dem selbigen für potenzielle Nutzende im Sinne einer Klimadienstleistung,
- Die inter- und vor allem transdisziplinäre Zusammenarbeit über alle Sektoren hinweg, um eine übergreifende und systemorientierte Sichtweise zu fördern und den Bedürfnissen der Nutzenden gebührend Rechnung tragen zu können,
- Die Beschaffung und Berechnung von Daten, Durchführung von Untersuchungen oder Entwicklung von Modellen soweit im Rahmen der Wissenschaft möglich,
- Die Erarbeitung von Handlungsoptionen als Grundlage für die notwendige gesellschaftspolitische Diskussion, wie die anstehenden Probleme angegangen werden sollen.

Das Vorprojekt und das Scoping Meeting haben zum Ziel, auf Basis der erarbeiteten Klimaszenarien für die Schweiz die sich daraus ergebenden Bedürfnisse und mögliche Forschungsfragen zu Folgen in unserem Land zu sammeln. Diese Arbeiten dienen der Vorbereitung eines möglichen schweizweit koordinierten Hauptprojekts CH-Impacts ab ca. 2020. So beschränkt sich dieser Bericht vorläufig auf die Auswirkungen, die als Folge des Klimawandels in der Schweiz entstehen. Auswirkungen, die sich aus klimatischen Veränderungen im Ausland ergeben, wie beispielsweise Fragen der Migration oder internationaler Produktions- und Lieferketten, sind ebenfalls wichtig, wurden aber nicht ausführlicher diskutiert. Zudem widerspiegelt der Bericht nur die am Scoping Meeting diskutierten Punkte und Fragestellungen. Diese Zusammenstellung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit – es gibt zahlreiche weitere Wissenslücken und Bedürfnisse, welche hier nicht erfasst sind.

## Literatur

- ACQWA (2010) **ACQWA –Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of Water**. Seventh Research Framework Programme (FP7) . Online: [www.acqwa.ch](http://www.acqwa.ch) (Letzte Änderung: 2010, aufgerufen am 14.06.2019)
- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016) **Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven**. Swiss Academies Reports 11 (5). 216 S. Online: [www.pro-clim.ch/brennpunkt](http://www.pro-clim.ch/brennpunkt) (Letzte Änderung: 16.08.2017, aufgerufen am 31.05.2019)
- BABS (Hrsg.) (2015) **Katastrophen und Notlagen Schweiz**. Technischer Risikobericht 2015. Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Bern.
- BABS (Hrsg.) (2019) **Starkniederschläge und Einsatzplanung von Schutz & Rettung Zürich – Studie im Rahmen des National Centre for Climate Services NCCS**. Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Bern.
- BAFU (Hrsg.) (2012a) **Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder**. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. Bern, 2012. 64 S.
- BAFU (Hrsg.) (2012b) **Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer**. Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1217: 76 S.
- BAFU (Hrsg.) (2014) **Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019**. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrats vom 9. April 2014. Bern. 100 S.
- BAFU (2016a) **Gefahrengrundlagen für Extremhochwasser an Aare und Rhein (EXAR)**. Online: [www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/dossiers/grossprojekte-hochwasserschutz/gefahrengrundlagen-fuer-extremhochwasser-an-aare-und-rhein-exar.html](http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/dossiers/grossprojekte-hochwasserschutz/gefahrengrundlagen-fuer-extremhochwasser-an-aare-und-rhein-exar.html) (Letzte Änderung: 09.02.2016, aufgerufen am 14.06.2019).
- BAFU (Hrsg.) (2016b) **Hitze und Trockenheit im Sommer 2015**. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Zustand 1629: 108 S.
- BAFU (Hrsg.) (2017) **Impulse für eine klimaangepasste Schweiz**. Erkenntnisse aus 31 Pilotprojekten zur Anpassung an den Klimawandel. Bern. Umwelt-Info 1703: 96 S.
- BAFU (2018a) **Gefahrengrundlagen für Extremhochwasser an Aare und Rhein (EXAR)**. Online: [www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/naturgefahrensituation-und-raumnutzung/gefahrengrundlagen/oberflaechenabflusss.html](http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/naturgefahrensituation-und-raumnutzung/gefahrengrundlagen/oberflaechenabflusss.html) (Letzte Änderung: 07.02.2019, aufgerufen am 14.06.2019).
- BAFU (Hrsg.) (2018b) **Stakeholder-Workshop Hydro-CH2018. Ergebnisdokumentation/Synthese**. Online: [www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themen-schwerpunkte/hydro-ch2018/hydro-ch2018-veranstaltungen/Stakeholder\\_Workshop\\_2018.html](http://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themen-schwerpunkte/hydro-ch2018/hydro-ch2018-veranstaltungen/Stakeholder_Workshop_2018.html) (Letzte Änderung: 25.10.2018, aufgerufen am 31.05.2019)
- BAFU (2019a) **Pilotprogramm Anpassung. Projekte 2018–2022**. Online: [www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/massnahmen/projekte/pak/projektephase2.html](http://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/massnahmen/projekte/pak/projektephase2.html) (Letzte Änderung: 19.05.2019, aufgerufen am 31.05.2019).
- BAFU (2019b) **Hydro-CH2018 Forschungsprojekte**. Online: [www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themen-schwerpunkte/hydro-ch2018/hydro-ch2018-veranstaltungen/Stakeholder\\_Workshop\\_2018.html](http://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themen-schwerpunkte/hydro-ch2018/hydro-ch2018-veranstaltungen/Stakeholder_Workshop_2018.html)

- [forschungsprojekte.html](#) (Letzte Änderung: 08.02.2019, aufgerufen am 31.05.2019)
- CH2014-Impacts (2014) **Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland**. Published by OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope and ProClim, Bern Switzerland, 136 pp.
- Drought-CH (2019) **Bewertung des Risikos von Trockenperioden für die Schweiz (DROUGHT-CH)**. Online: [www.drought.ch](http://www.drought.ch) (Letzte Änderung: 28.05.2019, aufgerufen am 31.05.2019).
- Fukutome S, Schindler A, Capobianco A (2018) **MeteoSwiss extreme value analyses: User manual and documentation**. Technical Report MeteoSwiss 255. 3rd Edition. 80 S.
- Gehrig R, König N, Scherrer S (2018) **Städtische Wärmeinsel in der Schweiz - Klimatologische Studie mit Messdaten in fünf Städten**. Fachbericht MeteoSchweiz 273. 61 S.
- Köllner P, Gross C, Schächli B, Füssler J, Lerch J, Nauser M (2017) **Klimabedingte Risiken und Chancen**. Eine schweizweite Synthese. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen 1706. 148 S.
- MeteoSchweiz (Hrsg.) (2016) **Analyse der Nutzerbedürfnisse zu nationalen Klimaszenarien**. Fachbericht MeteoSchweiz 258. 92 S.
- NCCS (Hrsg.) (2018) **CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz**. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN: 978-3-9525031-0-2 sowie Technical Report.
- Pluess AR, Augustin S, Brang P (Hrsg.) (2016). **Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien**. Bern: Haupt. 447 S.
- ProClim (Hrsg.) (2005) **Hitzesommer 2003**. Synthesebericht. 29 S.
- ProClim (Hrsg.) (2015) **Anpassung an den Klimawandel: Screening der Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten sowie bestehender Monitoringsysteme**. Schlussbericht in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt BAFU. 93 S.
- ProClim (Hrsg.) (2018) **Infos aus dem NCCS: Neue Schweizer Klimaszenarien und eine Webplattform für Klimadienstleistungen**. ProClim Flash 69: 22–23.
- Skelton M, ETH Zürich/MeteoSchweiz (2018) **Synthese zu den Workshops «Hitze in Schaffhausen und Zürich»**.
- Swiss TPH (2017) **Hitzewelle-Massnahmen-Toolbox**. Ein Massnahmenkatalog für den Umgang mit Hitzewellen für Behörden im Bereich Gesundheit. 30 S.
- Weingartner R, Schädler B, Reynard E, Bonriposi M, Graefe O, Herweg, K, Homewood C, Huss M, Kauzlaric M, Liniger H, Rey E, Rist S, Schneider F (2014) **MontanAqua: Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel – Wasserbewirtschaftungsoptionen für die Region Crans-Montana-Sierre im Wallis**. Nationales Forschungsprogramm «Nachhaltige Wassernutzung» (NFP 61), Forschungsbericht, Zürich.
- WSL (2018): **Drought 2018 – TreeNet meets Sentinel2**. Online: [www.wsl.ch/de/projekte/drought-2018-treenet-meets-sentinel2.html](http://www.wsl.ch/de/projekte/drought-2018-treenet-meets-sentinel2.html) (aufgerufen am: 31.05.2019).
- ACQWA (2010) **ACQWA –Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of Water**. Seventh Research Framework Programme (FP7) . Online: [www.acqwa.ch](http://www.acqwa.ch) (Letzte Änderung: 2010, aufgerufen am 14.06.2019)



## Anhang

### Anhang 1: Die Klimaszenarien CH2018 und daraus verfügbare Daten

#### Die neuen Klimaszenarien für die Schweiz

Die neue Generation der Schweizer Klimaszenarien wartet mit einigen Neuerungen auf: Sie berücksichtigen die neueste Generation von Klimasimulationen, die in Europa betrieben werden. Diese verfügen über die vierfache Auflösung gegenüber den Vorgängermodellen. Zudem sind sieben weitere Jahre an Beobachtungsdaten hinzugekommen. Dies erlaubt eine genauere Erfassung der bisherigen Trends. Auch die neuesten Erkenntnisse aus der Wissenschaft, wie aus dem fünften Sachstandsbericht des UN-Weltklimarats, wurden berücksichtigt. Gleichzeitig liefern die neuen Klimaszenarien detailliertere Informationen zu einer Reihe von Schlüsselbereichen, welche im Austausch mit Nutzern und Nutzerinnen eruiert wurden. Dazu gehören Extremereignisse und ortsbezogene Klimaindikatoren. Neu gibt es für verschiedene bislang qualitativ bekannte Trends auch konkrete Werte, so etwa für Niederschlagsextreme.

Die neuen Klimaszenarien beschreiben, wie sich unser Klima bis Mitte dieses Jahrhunderts und darüber hinaus verändern kann. Vier absehbare Folgen eines ungebremsten Klimawandels (RCP 8.5, Mitte Jahrhundert) sind:

#### 1. Trockene Sommer

**Gemüsebauerin Valérie bewässert ihre Gurken, denn die Böden sind trockener. Die Verdunstung steigt und es regnet seltener.**

Die mittlere Regenmenge nimmt langfristig ab, während die Verdunstung steigt. Entsprechend werden die Böden trockener. Die bodennahe Lufttemperatur steigt im Durchschnitt der Sommermonate Juni bis August um 2,5 bis 4,5 Grad Celsius im Vergleich zu heute. Gleichzeitig fällt bis zu einem Viertel weniger Regen. Die längste Trockenperiode ohne Niederschlag kann so im Sommer knapp drei Wochen dauern.

#### 2. Mehr Hitzetage

**Nonna Lucia kann nicht schlafen, denn Hitzewellen, heisse Tage und Nächte sind häufiger und extremer.**

Die Höchsttemperaturen steigen erheblich stärker als die Durchschnittstemperaturen. An den heissesten Tagen im Sommer wird es 2 bis 5,5 Grad Celsius wärmer als heute. Hitzesommer wie im Rekordjahr 2003 können so zur Norm werden. Dabei ist die Hitzebelastung in tief gelegenen städtischen Gebieten am grössten.

#### 3. Heftige Niederschläge

**Hausbesitzer Urs räumt schon wieder seinen Keller aus, denn extreme Niederschläge sind merklich häufiger und intensiver geworden.**

Einzelne Starkniederschläge werden in Zukunft häufiger und intensiver ausfallen als heute. Der stärkste Niederschlagstag des Jahres wird durchschnittlich etwa 10 Prozent mehr Regen bringen.

#### 4. Schneearme Winter

**Gian bleibt im Gras stecken, denn die Winter sind wärmer und bringen oft Regen statt Schnee.**

Die Winter werden deutlich wärmer als heute, möglich ist ein Temperaturanstieg von bis zu 3,5 Grad Celsius. Es fällt mehr Niederschlag – nicht in Form von Schnee, sondern aufgrund der höheren Temperaturen

eher in Form von Regen. Schnee wird seltener und weniger. Die erwartete Schneebedeckung in tiefen Lagen ist nur noch etwa halb so gross wie heute.

CH2018 zeigt aber auch auf, was weltweite Klimaschutzanstrengungen gegen diese absehbaren Folgen ausrichten können: Eine schnelle Senkung des weltweiten Treibhausgasausstosses könnte den Klimawandel wirksam eindämmen. So liesse sich bis Mitte des 21. Jahrhunderts die Hälfte, bis Ende Jahrhundert zwei Drittel der möglichen Veränderungen in der Schweiz vermeiden.

Dennoch bedarf es einer konsequenten Anpassung an den Klimawandel. Die neuen Klimaszenarien sind essenziell für die Anpassung und die Entwicklung weiterer sektorenübergreifender und sektoraler Klimadienleistungen, die sich mit den Auswirkungen des Klimas auf Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft beschäftigen. Diese Erkenntnisse ermöglichen klimakompatible und präzise Massnahmensetzungen und Entscheidungen in der Anpassung an den Klimawandel.

Die regelmässige Erstellung von nationalen Klimaszenarien basiert auf dem Bundesratsbeschluss zur «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz» vom 9. April 2014. Entwickelt wurden die Klimaszenarien CH2018 als Themenschwerpunkt des NCCS vom Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, der ETH Zürich, dem ETH-Center for Climate Systems Modeling (C2SM) und der Universität Bern unter Mitwirkung von ProClim. Mehr Informationen: [www.klimaszenarien.ch/](http://www.klimaszenarien.ch/) (ProClim 2018)



## Verfügbare Daten für Klimafolgenstudien

### Tägliche Szenarien an Stationen DAILY-LOCAL

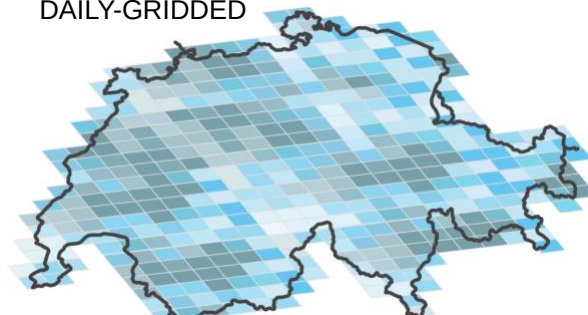


**7 Variablen:** Mittel- / Minimal- / Maximaltemperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Rel. Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit

Bis zu **399 Stationen** (Anzahl je nach Variable)

**68 Modellsimulationen (3 Emissionsszenarien)**

### Tägliche Szenarien auf 2km Gitter DAILY-GRIDDED



**4 Variablen:** Mittel- / Minimal- / Maximaltemperatur, Niederschlag

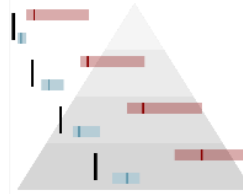
**68 Modellsimulationen (3 Emissionsszenarien)**

## Verfügbare Daten für Praxis

Regionenmittel



Höhenstufen



- Abgeleitete Grössen (Indikatoren)
- Aggregierte Grössen (Jahreszeiten, Jahresmittel, ..)
- Interpretierte Grössen (Unsicherheitsschätzungen durch Multimodell)

## Saisonale Mitteländerungen, regional aggregiert auf Modellgitter



Model regions



### Parameter

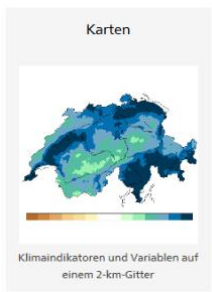
- Temperatur
- Kälteste Nacht des Jahres
- Sehr heisse Tage
- Jahreshöchsttemperatur
- Niederschlag
- Mittlerer Tagesniederschlag
- Häufigkeit von Regentagen
- Intensität von Regentagen
- Maximaler 1-Tages-Niederschlag
- Maximaler 3-Tages-Niederschlag
- Maximaler 5-Tages-Niederschlag
- maximale Anzahl zusammenhängender Trockentage
- Trockenheitsindikator SPI3
- Wasserbilanz
- Standardisierte Bodenfeuchte anomalie

### Parameter

- 5-jähriger Wiederkehrwert des 1-Tages-Niederschlags (1-Tages-N.)
- 10-jähriger Wiederkehrwert des 1-Tages-N.
- 20-jähriger Wiederkehrwert des 1-Tages-N.
- 50-jähriger Wiederkehrwert des 1-Tages-N.
- 100-jähriger Wiederkehrwert des 1-Tages-N.
- 5-jähriger Wiederkehrwert des 3-Tages-N.
- 10-jähriger Wiederkehrwert des 3-Tages-N.
- 20-jähriger Wiederkehrwert des 3-Tages-N.
- 50-jähriger Wiederkehrwert des 3-Tages-N.
- 100-jähriger Wiederkehrwert des 3-Tages-N.
- 5-jähriger Wiederkehrwert des 5-Tages-N.
- 10-jähriger Wiederkehrwert des 5-Tages-N.
- 20-jähriger Wiederkehrwert des 5-Tages-N.
- 50-jähriger Wiederkehrwert des 5-Tages-N.
- 100-jähriger Wiederkehrwert des 5-Tages-N.
- 95. Perzentil des 1-Tagesniederschlags (trockene und nasse Tage)
- 99. Perzentil des 1-Tagesniederschlags (trockene und nasse Tage)

## Auf 2km-Gitter

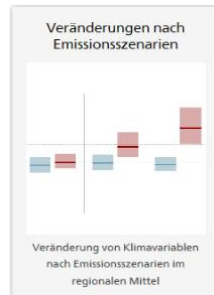
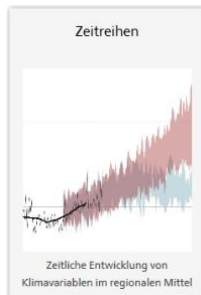
Karten



### Parameter

- Temperatur
- Tagesmaximumtemperatur
- Tagesminimumtemperatur
- Niederschlag
- Frosttage
- Eistage
- Hitzetage
- Sommertage
- Tropennächte
- Neuschneetage

## Regional aggregiert



### Parameter

- Temperatur
- Niederschlag

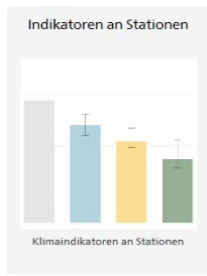
## Höhenstufen



### Parameter

- Frosttage
- Eistage
- Hitzetage
- Sommertage
- Tropennächte
- Neuschneetage

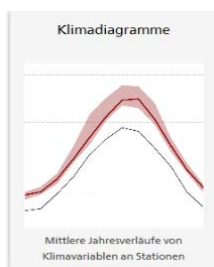
## Indikatoren an Stationen



### Parameter

- Frosttage
- Eistage
- Hitzetage
- Sommertage
- Tropennächte
- Neuschneetage

## Klimadiagramme an Stationen



### Parameter

- Temperatur
- Temperaturmaximum
- Temperaturminimum
- Niederschlag

## Punktuelle Analysen

### Parameter

- Hitzestress (Fig. 6.17/6.18)
- Nullgradgrenze (Fig. 5.19)
- Schnee
  - Starker Schneefall (Fig. 4.7)
  - Schneefallhäufigkeit (Fig. 4.7)
  - Schneefallintensität (Fig. 4.7)
  - Anteil Schneefall (Fig. 4.7)
  - Schneedecke (Fig. 4.8)
- Stündlicher Niederschlag (Fig. 6.22/6.23)

## Anhang 2: CH2014-Impacts-Initiative

Die CH2014-Impacts-Initiative war ein gemeinsames Projekt von Schweizer Forschungsinstitutionen, um mögliche Folgen der Klimaveränderung in der Schweiz zu quantifizieren. Dabei verknüpfte die Initiative die vorherigen Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz CH2011 mit den damals zur Verfügung stehenden Modellen zur Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels. Daraus resultierte ein Bericht (CH2014, 2014), der quantitative Erkenntnisse vorstellt, die sowohl die physikalische Umwelt wie das Umfeld des Menschen betreffen. Acht verschiedene Themenbereiche wurden beleuchtet:

- Klimafolgen-relevante Indizes,
- die Kryosphäre,
- die Hydrologie,
- die Biodiversität,
- Wälder,
- die Landwirtschaft,
- der Energieverbrauch sowie
- die Gesundheit.

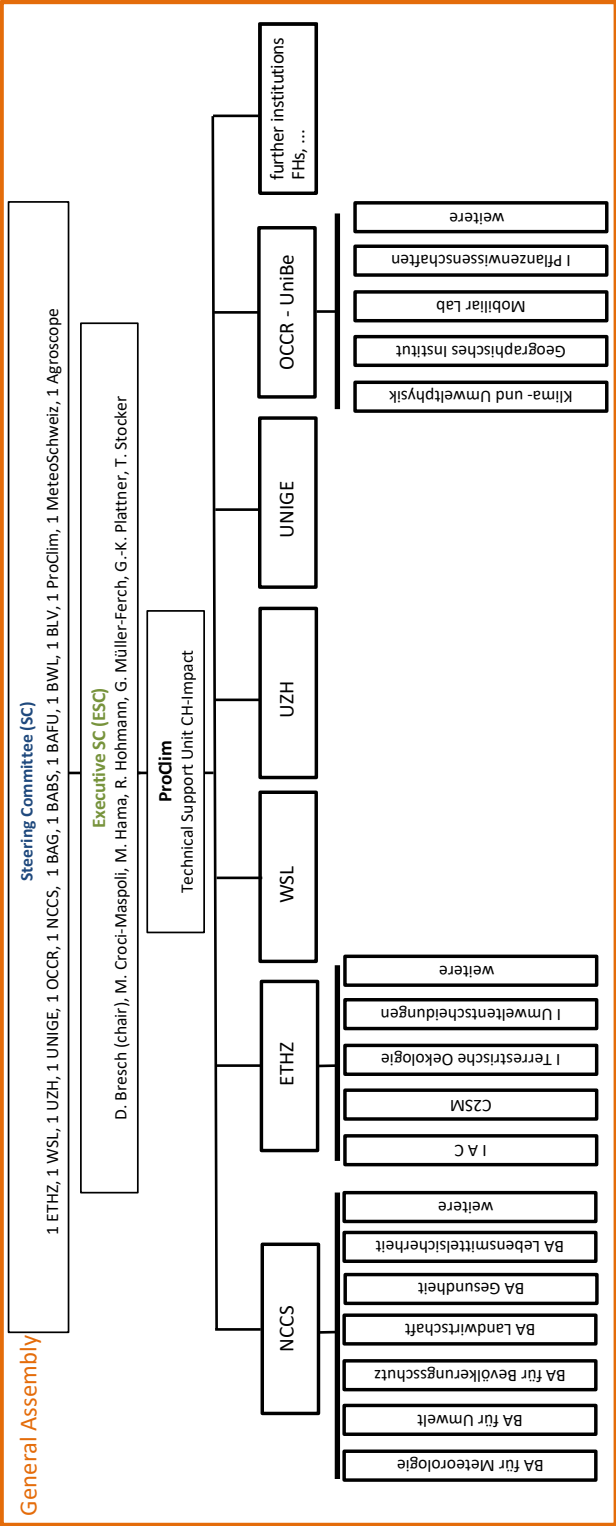
Der Umfang der Studien war allerdings begrenzt, so dass nur ausgewählte Aspekte der Themenbereiche behandelt werden konnten. Im Themenbereich Indizes wurden Sommertage, Tropennächte Frost-/Eistage, Länge der Vegetationsperiode sowie Heizgradtage/Kühlgradtage betrachtet. Im Bereich der Kryosphäre wurde für ausgewählte Gebiete die Schneebedeckung, der Wintertourismus, sowie die Gletscher- und Permafrost-Entwicklung analysiert. Der Bereich Hydrologie beschäftigte sich mit mittleren Abflussregimen verschiedener Einzugsgebiete sowie der Grundwassertemperatur. Im Bereich Biodiversität wurde die Klimaauswirkungen auf Vogel- und Pflanzenarten quantifiziert. Im Bereich Wald wurden Einflüsse auf Baumarten, Waldeigenschaften, Schädlinge und Ökosystemdienstleistungen betrachtet. Auch die Landwirtschaft beschäftigte sich punktuell mit Schädlingen, Hitzestress bei Kühen sowie der Weinproduktion. Heiz, bzw. Kühlenergieverbrauch sowie die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gesamtenergieverbrauch und das BIP waren Aspekte die im Themenbereich Energie behandelt wurden. Schliesslich wurden Indikatoren im Gesundheitsbereich abgeschätzt.

Nichtsdestotrotz stellt die CH2014-Impacts-Initiative einen Pilotbericht bereit, der Klimafolgen unter Berücksichtigung der gesamten Wirkungskette des Klimawandels in der Schweiz – von der physikalischen Umwelt über die Reaktion der Ökosysteme bis hin zu den sozioökonomischen Auswirkungen – quantifiziert und gleichzeitig auf einer einheitlichen und allgemein verfügbaren Datengrundlage basiert. Diese zwar noch unvollständige Sammlung von Studien soll einen Prozess anregen, der schliesslich zur Konsolidierung der Ergebnisse in der Form sogenannter Klimafolgenszenarien führen soll. Klimafolgenszenarien beschreiben die möglichen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz in einer interdisziplinären, ganzheitlichen und umfassenden Art.

Details zu den Studien sind unter [www.ch2014-impacts.ch/](http://www.ch2014-impacts.ch/) verfügbar.

# Anhang 3: Organigramm Steering Committee

Structure of Organisation CH-Impact





## Anhang 4: Programm Scoping Meeting

### VORMITTAG

#### 09:00 Registration und Einführung

09:00 **Registration und Empfang mit Kaffee**

09:30 **Begrüssung und Einführung**  
David Bresch, ETH Zürich

09:40 **Die neuen Klimaszenarien CH2018 als Grundlage für quantitative Folgenstudien**  
Andreas Fischer, MeteoSchweiz

#### 10:15 Am runden Tisch I

10:15 **Einleitung zu den Diskussionen am runden Tisch**  
Gabriele Müller-Ferch, ProClim

10:30 **Parallele Diskussionen am runden Tisch zu folgenden Themen:**

1. trockene Sommer
2. heftige Niederschläge
3. mehr Hitzetage
4. schneearme Winter
5. schleichende Temperaturzunahme

Zusammentragen und Diskussion der Bedürfnisse / Herausforderungen  
Moderation: Karin Ammon, ProClim; Mischa Croci-Maspoli, MeteoSchweiz; Roland Hohmann, BAFU Klima; Urs Neu, ProClim; Gian-Kasper Plattner, WSL; Martine Rebetez, WSL

#### 12:15 Mittagessen

### NACHMITTAG

#### 13:20 Am runden Tisch II

13:20 **Fallbeispiele zum Nutzen der Klimaszenarien in der Anwendung**  
Andreas Rigling, WSL und Gerhard Zweifel, HSLU

13:45 **Zweite Runde thematische Diskussionen am runden Tisch**  
Ergänzungen und Einordnung der Inputs aus Block I  
(Themen siehe Block I, freie Wahl)

14:30 **Dritte Runde thematische Diskussionen am runden Tisch**  
Ergänzungen, Clusterbildung und Konsolidierung  
(Themen siehe Block I, freie Wahl)

#### 15:15 Kaffeepause

#### 15:40 Synthese

15:40 **Highlights aus den Diskussionen am runden Tisch und Ausblick**  
David Bresch, ETH Zürich

#### 16:20 Ende des Scoping Meetings

## Anhang 5: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Scoping Meeting

### Scoping Meeting 17. Mai 2019: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

| Name          | Vorname   | Institution                                                  | Diskussionsthema               |
|---------------|-----------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Aller         | Dörte     | Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA         | heftige Niederschläge          |
| Ambühl        | Hannah    | ProClim                                                      |                                |
| Ammon         | Karin     | ProClim                                                      | trockene Sommer 2              |
| Augustin      | Sabine    | Bundesamt für Umwelt BAFU, Wald                              | trockene Sommer 1              |
| Barben        | Martin    | Bundesamt für Umwelt BAFU, Hydrologie                        | heftige Niederschläge          |
| Baumann       | Nathalie  | ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen           | schleichende Temperaturzunahme |
| Bolliger      | Martin    | Alpiq                                                        | trockene Sommer 2              |
| Bresch        | David     | ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen                | zirkulierend                   |
| Buser         | Benjamin  | econcept                                                     | zirkulierend                   |
| Calanca       | Pierluigi | Agroscope                                                    | trockene Sommer 1              |
| Croci-Maspoli | Mischa    | MeteoSchweiz                                                 | heftige Niederschläge          |
| Danuser       | Jürg      | Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV  | mehr Hitzetage                 |
| de Haan       | Peter     | EBP                                                          | mehr Hitzetage                 |
| Döbeli        | Sabine    | Swiss Sustainable Finance                                    | trockene Sommer 1              |
| Engel         | Tanja     | ProClim                                                      | schneearme Winter              |
| Felder        | Daniel    | Bundesamt für Landwirtschaft BLW                             | schleichende Temperaturzunahme |
| Fischer       | Erich     | ETH Zürich, Institut für Atmosphäre und Klima                | mehr Hitzetage                 |
| Fischer       | Mauro     | Universität Bern, Geographisches Institut                    | heftige Niederschläge          |
| Fischer       | Andreas   | MeteoSchweiz                                                 | schneearme Winter              |
| Füssler       | Jürg      | Infras                                                       | trockene Sommer 2              |
| Ganguin       | Jacques   | Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter KVV,           | trockene Sommer 2              |
| Grosjean      | Martin    | Universität Bern, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR) | mehr Hitzetage                 |
| Guthoerl      | David     | Coop                                                         | schleichende Temperaturzunahme |
| Hama          | Michiko   | NCCS, MeteoSchweiz                                           | zirkulierend                   |
| Hauser        | Marc      | SBB                                                          | trockene Sommer 1              |
| Heeb          | Martin    | Kanton Solothurn, Amt für Umwelt                             | trockene Sommer 2              |

|                 |             |                                                                      |                                |
|-----------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Hiltbrunner     | Erika       | Universität Basel, Departement für Umweltwissenschaften              | schneearme Winter              |
| Hofstetter      | Thomas      | Schweizerischer Baumeisterverband                                    | heftige Niederschläge          |
| Hohmann         | Roland      | Bundesamt für Umwelt BAFU, Klima                                     | mehr Hitzetage                 |
| Holthausen      | Niels       | Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft              | trockene Sommer 1              |
| Huggel          | Christian   | Universität Zürich, Geografisches Institut                           | schleichende Temperaturzunahme |
| Jossen          | Leonie      | Bundesamt für Energie BFE                                            | trockene Sommer 2              |
| Jost            | Fritz       | Seilbahnen Schweiz                                                   | schneearme Winter              |
| Kipfer          | Andy        | Geo7                                                                 | trockene Sommer 1              |
| Kohli           | Martin      | ProClim                                                              | schleichende Temperaturzunahme |
| Kräuchi         | Norbert     | Kanton Aargau, Departement Bau Verkehr und Umwelt                    | trockene Sommer 1              |
| Küpfer          | Irene       | Stadt Winterthur, Departement Sicherheit und Umwelt                  | mehr Hitzetage                 |
| Kuratle         | Lorena      | ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen                        | mehr Hitzetage                 |
| Linder          | Stefan      | Alpiq                                                                | schneearme Winter              |
| Losey           | Stéphane    | Bundesamt für Umwelt BAFU, Gefahrenprävention                        | schneearme Winter              |
| Maurer          | Max         | eawag                                                                | heftige Niederschläge          |
| Meier           | Beat        | econcept                                                             | zirkulierend                   |
| Mülchi          | Regula      | Universität Bern, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR)         | heftige Niederschläge          |
| Müller-Ferch    | Gabriele    | ProClim                                                              | zirkulierend                   |
| Neu             | Urs         | ProClim                                                              | schleichende Temperaturzunahme |
| Nyffeler-Sadras | Tali        | Kanton Waadt, Direction Générale de l'Environnement                  | schneearme Winter              |
| Oertli          | Daniel      | Vereinigung Schweizerischer Stadtgärtnereien und Gartenbauämter      | trockene Sommer 1              |
| Pfammatter      | Roger       | Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband                             | schleichende Temperaturzunahme |
| Plattner        | Gian-Kasper | Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL | trockene Sommer 1              |
| Raible          | Christoph   | Universität Bern, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR)         | heftige Niederschläge          |
| Rebetez         | Martine     | WSL, Universität Neuenburg, Geographisches Institut                  | schneearme Winter              |
| Rigling         | Andreas     | Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL | trockene Sommer 2              |

|                  |           |                                                                                   |                                |
|------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Rosselli         | Natasha   | Kanton Tessin, Dipartimento del territorio                                        | trockene Sommer 2              |
| Salzmann         | Nadine    | Universität Freiburg, Departement für Geowissenschaften                           | schneearme Winter              |
| Saner            | Dominik   | PostAuto                                                                          | heftige Niederschläge          |
| Schaub           | Marcus    | Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL              | trockene Sommer 2              |
| Scheda           | Laszlo    | Die Mobiliar                                                                      | mehr Hitzetage                 |
| Schwager         | Franziska | Kanton Basel Stadt, Amt für Umwelt und Energie                                    | heftige Niederschläge          |
| Schweizer        | Jürg      | WSL, SLF Institut für Schnee- und Lawinenforschung                                | schneearme Winter              |
| Skelton          | Maurice   | ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen                                     | zirkulierend                   |
| Spycher          | Fiona     | Bundesamt für Raumentwicklung ARE                                                 | heftige Niederschläge          |
| Stocker          | Thomas    | Universität Bern, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR)                      | zirkulierend                   |
| Stoffel          | Markus    | Universität Genf, Climate Change Impacts and Risks in the Anthropocene (C-CIA)    | schleichende Temperaturzunahme |
| Studer           | Florian   | ProClim                                                                           |                                |
| Thomann          | Georg     | Kanton Graubünden, Amt für Natur und Umwelt<br>Abteilung Luft, Lärm und Strahlung | schneearme Winter              |
| Thomas           | Fabienne  | Schweizer Bauernverband                                                           | trockene Sommer 2              |
| Thür             | Angela    | Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL              | trockene Sommer 1              |
| Veith            | Claudia   | ZHAW, Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen                               | trockene Sommer 1              |
| Wallimann-Helmer | Ivo       | Universität Freiburg, Departement für Geowissenschaften                           | trockene Sommer 2              |
| Walter           | Esther    | Bundesamt für Gesundheit BAG                                                      | mehr Hitzetage                 |
| Weingartner      | Rolf      | Universität Bern, Geographisches Institut                                         | trockene Sommer 2              |
| Weiss            | Joseph    | Staatssekretariat für Wirtschaft SECO                                             | mehr Hitzetage                 |
| Werner           | Christoph | Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS                                             | heftige Niederschläge          |
| Zahner           | Samuel    | Ecoplan                                                                           | schleichende Temperaturzunahme |
| Zweifel          | Gerhard   | Hochschule Luzern - Technik & Architektur                                         | mehr Hitzetage                 |

## Anhang 6: Offene Fragen und Wissenslücken

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Klimadaten und -modelle: Höhere räumliche und zeitliche Auflösung, Variabilität</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Höhere zeitliche und räumliche Datenauflösung: Stunden- bis 10-Minuten-Auflösung der verschiedenen meteorologischen Parameter (insbes. Wind, Temperatur, Niederschlag, Abfluss; insbes. Temperatur > 2000 m ü. M.); räumlich so detailliert wie möglich (pro Gemeinde).                                                                                                                                   |
| Dekadische Variabilität von Klimaparametern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Bessere Angaben im Gebirge (Mikroklima in alpiner Vegetation; saisonale Verteilung von Niederschlag & Schneemengen und Extremwerte im Hochgebirge)                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Daten zu Entwicklung des Oberflächenabflusses                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Wassertemperaturen für alle Gewässer der Schweiz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Wahrscheinlichkeitsverteilung der Dauer von Hitze im Sommer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Anzahl Tage mit möglicher künstlicher Schneeproduktion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Schleichende Veränderungen sind schwierig wahrzunehmen und zu antizipieren. Dazu braucht es verbessertes Monitoring und zusätzliche Zeitreihen.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Daten, die stärker an die Topographie (der Schweiz) angepasst sind                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Daten vermehrt koppeln (z. B. Temperatur und Niederschlag)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Systemverständnis und Kaskadeneffekte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Kombinierte und Kaskadeneffekte: Risiken des Zusammentreffens ungünstiger Umstände, von Kaskadeneffekten oder asynchronen saisonalen Verschiebungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                |
| Compound Events: Prozessverständnis und Einfluss des Klimawandels; sowohl bezüglich Zusammentreffen ungünstiger Umstände (z. B. Regen auf Schnee, auf nasse oder ausgetrocknete Böden, kombinierte Wirkung von Hitze und Luftschadstoffen bzw. Luftfeuchtigkeit) als auch Ereignisketten (Hagel verstopft Abflüsse, nachfolgender Starkregen; Felssturz in See mit nachfolgender Flutwelle oder Murgang). |
| Compound Extremes: besseres Verständnis notwendig. (Compound Extremes umfassen das simultane oder chronologische Auftreten von mehreren Extremen an einem oder mehreren Orten.) Ihre teilweise verheerenden Folgen auf Gesellschaft und Umwelt können derzeit nicht hinreichend abgeschätzt werden.                                                                                                       |
| Gegenläufige saisonale Effekte (z. B. Pilzwachstum in der Landwirtschaft nimmt ab in trockenem Sommer, nimmt aber zu in wärmeren Wintern) und asynchrone Entwicklungen (z. B. Bienenaktivität und Blütezeiten; Blütezeiten und Spätfröste)                                                                                                                                                                |
| <b>Systemverständnis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Welche irreversiblen Systemveränderungen sind möglich?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Wo liegen mögliche Schwellenwerte/Tipping-Points (z. B. Frostdrockenheit bei Pflanzen; Trockenheitstoleranz von Grundwassergebieten, u.ä.)? Wie schnell können sich verschiedene Systeme erholen?                                                                                                                                                                                                         |
| Einfluss der Erwärmung (insbes. höhere Temperaturen oder schneearme Winter) auf Ökosysteme als Ganzes? Wie ist das System vorbereitet, wie kann man es vorbereiten und wie kann sich das Ökosystem anpassen?                                                                                                                                                                                              |

## **Natürliche Ressourcen: Schutz und Nutzung**

### **Biodiversität, Ökosysteme und Lebensräume: Anpassungsfähigkeit, Invasive Arten, Ökosystemdienstleistungen**

Wie wirken sich Klimawandel und Trockenheit auf Artenverlust aus?

Biodiversität: Welche Arten sind besonders wichtig bzw. sollten besonders gefördert werden?

Welchen Einfluss haben invasive Arten?

Bedeutung der Schneedecke für die Wasserversorgung der Vegetation im Frühling, inkl. lokale Unterschiede?

Kann man die Folgen des Klimawandels auf die Ökologie ökonomisch ausdrücken?

Die Erarbeitung von Karten von Ökodienstleistungen bzw. Naturkapitalien und deren Bedrohung wäre nützlich.

### **Bodenkartierung**

Bodenkartierung von Waldböden (inkl. Biologisches Substrat und Bodenwasserspeicher) und Landwirtschaftsflächen.

### **Landwirtschaft und Ernährung: Anpassung von Kulturen, Züchtungen, Folgen für Nutztiere, Schädlinge**

Mehr Forschung zu Kulturen und Sorten, die mit den neuen Bedingungen gut umgehen können bzw. resilienter sind als unsere bestehenden Kulturen.

Wann soll man eine neue Sorte einsetzen, die gut mit Trockenheit umgehen kann?

Wie gut können Tierbestände mit verändertem Graswachstum umgehen?

Modelle für die Ausbreitung von Schädlingen in der Landwirtschaft (für punktgenaue Interventionen).

Einfluss der steigenden Temperaturen auf die Erträge bestehender Kulturen

Massnahmen bezüglich Nutztieren: Wie kombiniert man tiergerechte Haltung, Management, Zucht, Stallarchitektur und Aussenraumgestaltung?

Welche Kulturen, die Bewässerung benötigen, kann sich ein Landwirt leisten (Kosten vs. Nutzen)?

Spezifische ökonomische Indikatoren (z. B. ab wann wird Frage von Futterimport relevant).

Nahrungsmittelsicherheit: Wie kann sie in einem wandelnden Klima und in der globalisierten Welt sichergestellt und aufrechterhalten werden? Was hat die Nahrungsmittelsicherheit für Auswirkungen auf Migration? Das Thema Ernährung nicht nur in lokalen Zusammenhängen betrachten.

Sind unsere Nahrungsmittel-Normen möglicherweise nicht zeitgemäss bzw. zu streng (z. B. bezüglich Unterbruch von Kühlketten)?

### **Forstwirtschaft: Anpassung der Bestände, Waldbrand**

Welche Baum-Zusammensetzung sollen unsere Wälder in Zukunft haben?

Wie soll zukünftiges und langfristiges Waldmanagement aussehen (Priorisierung der Waldfunktionen, kurzfristige Massnahmen auf langfristige Trends, Anpassungsmassnahmen als Generationenprojekt).

Für welche Regionen kann Waldbrandgefahr zu einem Thema werden?

Würde die Luftqualität durch Waldbrand in der Schweiz auch stark beeinflusst?

Neben der Waldbrandgefahr besteht auch die Gefahr von Vegetationsbränden (entlang von Böschungen, Büschen oder Feldern und Wiesen (Diese können zu Unterbüchen von Verkehrswegen und Beeinträchtigungen von Siedlungen führen oder das Feuer kann Menschen gefährden oder Sachwerte zerstören).



## **Wasserbedarf und -qualität**

Welchen Einfluss hat zunehmende Schneearmut (mehr Regen als Schneefall) auf die Abflussspitze?

Schere zwischen zu wenig (Trockenheit) und zu viel Wasser (starke Niederschläge) geht auf: Führt das zu anderen Prozessen in Zukunft, was ist die Häufigkeit dieser Events, ist eine andere Bodenbearbeitung nötig?

Wo können wir Wasser speichern für Trockenperioden (auch im urbanen Raum)? Sind Speicher da, wo man Wasser braucht?

Wie viel Wasser benötigen wir in der Zukunft, auch mit neuen Technologien?

Was sind die Auswirkungen von Trockenheit, starkem Niederschlag und Überschwemmungen auf die (Trink)wasserqualität?

Auswirkungen der Trockenheit auf den Bodenwasserhaushalt, kritische Bodenwasserzustände.

Veränderung im Wasserbedarf für die Landwirtschaft – wieviel kann abgedeckt werden (möglichen Massnahmen und deren Wirkungen) bzw. Möglichkeiten und Grenzen der Bewässerung.

## **Infrastrukturen, Gebäude und Raumnutzung**

### **Angepasste Planung durch geeignete Raumplanung und Baunormen für Raumnutzung, Infrastrukturen, Gebäude und Freiräume**

Bauwerke: Modellierung vom Verhalten von Konstruktionen und Materialien bei Hitze und Feuchte (als Grundlagen für Baunormen).

Bauwerke: Sind Automatisierungen bei Hitze sinnvoll?

Bauwerke: Ab wann soll/darf bei Hitze gekühlt werden? Wie gross ist der Kühlenergiebedarf?

Wie gross ist die Nutzertoleranz bzw. die Anpassungsfähigkeit bezüglich des Raumklimas? Wie kann sich die «Behaglichkeit» verändern/anpassen?

Baukonzepte entwickeln hinsichtlich hoher Anpassungsfähigkeit im Verlauf des Lebenszyklus (insbesondere Heizen/Kühlen, Widerstandsfähigkeit gegenüber Naturgefahren, Gebäudebestand).

Langfristige, integrierte Planung im Baubereich und in der Stadtplanung braucht Multifunktionalitätsbetrachtung und sektorenübergreifende Zusammenarbeit.

Umgang mit Zielkonflikt: Verdichtet bauen vs. klimatisch positive Freiräume (Durchlüftungskorridore, Grünflächen, Durchleitungskorridore für Hochwasser) und die Bezahlbarkeit?

Massnahmen für den Klimaschutz wie z.B. wärmedämmte Fassaden, Storen, Solarkollektoren, etc. sollten gegenüber den (zudem evtl. häufig werdenden) Naturgefahren (wie Überschwemmung, Hagel, Wind) genügende Widerstandsfähigkeit aufweisen. Daher braucht es kombinierte Daten.

Umgang mit Bauten für Nutztiere (Schatten) ausserhalb der Bauzone.

### **Energieversorgung: Welcher Bedarf, wie speichern (Technologie)**

Gibt es Möglichkeiten, mit Wasser aus Seen zu kühlen (Seen haben im Gegensatz zu Flüssen genügend Wärmeapazität)?

Entwicklung von (langfristigen) Speichertechnologien für den Strom-Winter-Peak.

Mit welchem Strombedarf muss in den nächsten 20 Jahren im Bereich der Gebäude gerechnet werden?

Wann können und wann müssen wir Energie produzieren?

## Gesundheit

### Gesundheit: Auswirkungen auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit

Datengrundlage schaffen zu Arbeitsproduktivität bei Hitze: Vergleich indoor und outdoor, jeweilige Anpassungsfähigkeit an Hitze, Vergleich nationale und ausländische Standorte. Wann arbeitet der Mensch am besten? Bei welchen Temperaturen kann man noch draussen arbeiten? Was sind die gesundheitsrelevanten Schwellenwerte? Sind z. B. Spitexleute bei Hitze noch genug leistungsfähig?

Braucht es Grenzwerte für Hitzestress am Arbeitsplatz, um Normen und Massnahmen implementieren zu können?

Fragen zum erhöhten menschlichen Aggressionspotenzial durch die Ausschüttung des Hormons Vasopressin (ADH) genauer klären

Gesundheit/Wohlbefinden bei Hitze: Wie ist der Veränderungswille der Bevölkerung? Es bräuchte Interventionsstudien zu Massnahmen, um deren Wirksamkeit zu testen; Befragungen zu Hitze von vulnerablen Personen, Arbeitnehmer/-geber und Patienten (was brauchen sie, zu Hause und unterwegs?).

Wie verändert sich die Wahrnehmung von Extremwetterereignissen durch das häufigere Auftreten? Wie weit ist unsere Hitzewahrnehmung durch Erfahrungen geprägt?

Wie ändert Trockenheit die Wahrnehmung von heissen Tagen? Ändert trockenheit die gesundheitlichen Auswirkungen von Hitze? (Trockene Hitze fühlt sich angenehmer an als feuchte).

Ausbreitung von neuen und bekannten Vektorkrankheiten in einem Modell darstellen. Wie verbreiten sie sich, gibt es neue Verbreitungsgebiete? (z. B. Tigermücken und Zecken). Es braucht Grundlagenforschung zu den Storylines der Erreger und ihrer Responsefunctions bezüglich Wetter und Klima.

## Tourismus

### Tourismus: Betroffenheit, langfristige Planung

Welche Elemente müssen in einem nachhaltigen Tourismuskonzept enthalten sein (z. B. Mobilität)? Es braucht Tools und Experten, auf welche die Leute vor Ort zurückgreifen können.

Zur Diversifizierung des Tourismus & Chancennutzung braucht es Optionen, die auf die Region massgeschneidert sind. Wissen zu Vorteilen, Kosten und Kosten der Inaktivität für die Region aufbauen und Dienstleistungen entwickeln.

Wie kann die Wirtschaft mit steigender Variabilität umgehen? Mit einem schlechten Winter kann die Branche umgehen, bei mehreren wird es heikel (auch ökonomisch).

Welche Faktoren müssen bei Lawinensprengung beachtet werden (es braucht Wissen zu Schneebedingungen, Schneedecke etc.)?

## **Gesellschaftliche, ökonomische und sozioökonomische Fragen**

### **Ökonomische Auswirkungen, Kosten-Nutzen-Vergleiche, Versicherungen**

Welche Kulturen, die Bewässerung benötigen, kann sich ein Landwirt leisten?

Ökonomische Auswirkungen von Starkniederschlägen und Trockenheit in allen Sektoren (Schäden/Kostenanalyse) für verschiedene Klimaszenarien (mit/ohne Massnahmen)?

Vergleich von Kosten von Schäden vs. Kosten für die Verhinderung von Schäden

Wie kann man eine langfristige Sichtweise in wirtschaftliche Entscheidungsprozesse einfließen lassen?

Welche Industriezweige (v. a. wasserintensive) sind besonders von trockenen Sommern betroffen? Welche Auswirkungen hat das auf den Arbeitsmarkt?

Versicherungsangebote überdenken, wenn heute seltene Events immer häufiger werden, zum Beispiel ein neues Versicherungsprodukt 'Hagelversicherung für Landwirtschaft' oder für Setzungsschäden aufgrund von Trockenheit. Sind solche Events dann überhaupt noch versicherbar, wie teuer wird so ein Produkt? Macht es noch Sinn, national zu arbeiten oder müsste man das Risiko breiter streuen, z. B. international, über Sektoren hinaus?

### **Fragen zu Gerechtigkeit, Verteilung, Gesetze und Regelungen**

Wassermanagement: Wer hat wann und wieso prioritären Zugang zu welchem Wasser? Wer entscheidet, wie wird entschieden (z. B. räumliche Priorisierung)? Was sind die Grundlagen der Entscheidung (Verteilung der Verantwortlichkeiten, Effizienz, Gerechtigkeit)? Wann und wo hört man auf zu bewässern? Nötig wären Regelungen oder Handlungsanleitungen für eine Verteilung der Nutzungsrechte unter Berücksichtigung sozialer und ökonomischer Gesichtspunkte.

Eine für die Praxis in verschiedenen Disziplinen sehr wichtige Forderung ist die nach Handlungsvorschlägen/Best Practice zur Lösung von Nutzungskonflikten. Wie können Nutzungskonflikte moderiert werden, welche Ansätze gibt es, um Lösungen zu finden? Welche Erfahrungen aus anderen Bereichen könnten hierfür genutzt werden?

Management von Einzugsgebieten bzw. Gewässern: wer zahlt, wer versichert (Oberlieger, Unterlieger, ...)?

Ausgleichsmechanismen: Wo braucht es Ausgleichsmechanismen? Wie können wir einen Ausgleich gerecht gestalten? Wie und wann können / müssen betroffene Gesellschaftsgruppen / Sektoren entschädigt werden? Wer bezahlt das? Wo setzt man bei der Kompensation / Anpassung die Prioritäten?

Ethik: Wie sieht z. B. eine gerechte Verteilung der Gesundheitssystemleistung aus bei Hitzebelastung? Wer kann sich Kühlung leisten?

Generell stellt sich die Frage nach der gerechten Verteilung der Lasten auch beim Wohnungswesen, beispielsweise bei den Kosten baulicher Massnahmen aufgrund des Klimawandels.

Migration: Effekte und Auswirkungen des Klimawandels machen nicht an Landesgrenzen Halt und müssen - auch bei einem Bericht, der sich explizit auf die Schweiz bezieht - mit in Betracht gezogen werden --> nicht-lokale Faktoren.

Neue Landschaften: Wem gehören die durch das Abschmelzen der Gletscher entstehenden neuen Landschaften? Wer ist für deren Schutz verantwortlich?

**Fragen zum Umgang mit dem Wandel (Risikobereitschaft, Variabilität, Fokussierung, Anpassungsfähigkeit, Anpassungswille)**

Was ist die Anpassungsfähigkeit von Systemen? Wie gut und wie schnell können sie sich anpassen? Wie gross ist der Anpassungswille in Wirtschaft und Gesellschaft?

Wo sind welche Ausweichräume/Landschaftsräume in der Schweiz vorhanden? Zum Beispiel für Landwirtschaft oder Ökosysteme.

Priorisierung von Aktionen: Auf welchen Faktoren soll man fokussieren? Wichtigste Massnahmen sollten eruiert bzw. definiert werden.

Es braucht mehr (regionale) sozioökonomische Szenarien, unter Einbezug von Konsumverhalten, raumplanerischen Massnahmen, Landnutzungsänderungen usw.

Es braucht eine Diskussion zur Risikobereitschaft in der Bevölkerung. Welche Risiken sollen in Kauf genommen werden?

Wo soll man die Systemgrenzen bei Anpassungsmassnahmen ziehen?

Wie geht man damit um, dass prägende Ereignisse wie beispielsweise Hitze von kurzer Dauer sind und es trotzdem Anpassungen in der Infrastruktur braucht?

## Anhang 7: Bedürfnisse

| Kommunikation und Verfügbarkeit des vorhandenen Wissens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wie werden Unsicherheiten in der zeitlichen Entwicklung von Temperaturen/Niederschlag oder anderen Veränderungen kommuniziert? Wie schafft die Forschung bei Entscheidungsträgern Vertrauen in Daten/Analysen mit Unsicherheiten? Die Forschenden stehen vor der Herausforderung konkrete, vereinfachte Aussagen für die Praxis zu machen, obwohl Unsicherheiten bestehen. In der Praxis sind keine Ressourcen vorhanden, komplexe Informationen zu verarbeiten. |
| Massgeschneiderte Kommunikationskonzepte sind nötig, damit das Wissen aus der Forschung zielgruppengerecht aufbereitet und differenzierter kommuniziert wird. So können alle Zielgruppen unterschiedlichster Regionen und Tätigkeitsbereiche mit ihren entsprechenden Zeithorizonten und Aufgaben erreicht werden (Politik 4 Jahre, Feuerwehr 20 Jahre, Forstwirtschaft oder Infrastrukturen 50–100 Jahre).                                                      |
| Aufarbeitung und Übersetzung der wissenschaftlichen Resultate in einfache, verständliche Aussagen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Eine Übersicht zu vorhandenen Grundlagen, Daten und Wissen fehlt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Die indirekten Auswirkungen des Klimawandels sollten vermehrt kommuniziert werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Interannuelle und interregionale Variabilität sollten besser kommuniziert werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Chancen und Risiken des Klimawandels sollten beide kommuniziert werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Kommunikation in Form von Karten ist sehr nützlich wie Verbreitungskarten bspw. von Tigermücken, Bodenwasserspeicher- oder Risikokarten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Vorhandene Daten verfügbar machen und dies entsprechend gegen aussen kommunizieren. Anwendungsfreundliche, verständliche Daten sind gefragt mit einfachem Zugang zur Verwendung; Deklaration der Anwendungsgebiete, Einschränkungen, Zusammenspannen/Koordination von Akteuren die Daten haben mit Akteuren die Daten brauchen.                                                                                                                                  |
| Praxisorientierter Dialog und Weiterbildungsangebote bezüglich vorhandener Daten, Statistiken, Grafiken und deren Interpretation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Handlungsempfehlungen auf Gemeindeebene, «Storyline für Endpoint-Personae»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Welche Frühwarnsysteme braucht es für welche Sektoren? Z. B. Vorhersagen/Warnungen bei Trockenheit oder Hitze mit integrierten Schwellenwerten und konkreten Handlungsanweisungen - ähnlich wie ein Wetterbericht für die Landwirtschaft.                                                                                                                                                                                                                        |
| Wie kann man die Bevölkerung und Verantwortliche besser erreichen für (Früh-)Erkennung, Management, bessere Zusammenarbeit?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Wie kann den Entscheidungsträgern trotz Variabilität bewusst gemacht werden, dass ein Wandel stattfindet und sie reagieren müssen? Wie können wissenschaftliche Erkenntnisse an die Politik kommuniziert werden, damit die Politik handelt?                                                                                                                                                                                                                      |

## Inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit, Konzepte und Instrumente

Es gibt viel Wissen in einzelnen Wissenschaftsdisziplinen und Gebieten bzw. Sektoren. Es braucht aber noch mehr inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit sowie systemisches Denken, um gute Lösungen auszuarbeiten.

Koordination und sektorenübergreifende Zusammenarbeit auf verschiedenen Planungsebenen wie zum Beispiel Richtplan vs Stadtplan.

Es braucht eine risikobasierte Raumplanung.

Leuchtturmprojekt in der Stadtplanung (Versuche der Optimierung)

Es braucht ein integrales Management, um die Wirkung kombinierter Effekte richtig einzuschätzen.

Austausch mit Nachbarregionen/-ländern fördern und ihre Strategien, Gesetzgebungen oder Anforderungen analysieren. Vielleicht lassen sich gewisse Lösungsansätze auf die Schweiz übertragen.

Wir stossen an die Grenzen der Erfahrung in unserer Kultur beispielsweise bezüglich Trockenheit. Vergleiche mit Ländern oder Regionen, welche heute bereits unser zukünftiges Klima haben, sind aufgrund der grossen kulturellen Unterschiede nur bedingt hilfreich.

Verknüpfung aller Stakeholder-Interessen: Es braucht Studien, die sektorenübergreifende Bedürfnisse sowie intersektorielle Trade-Offs und Synergien erfassen, damit gute und faire Lösungen ausgearbeitet werden können.

Integration der Gesundheitsanliegen in andere Sektorpolitiken (health in all policies): Gesundheit als Funktion von unterschiedlichsten Einflüssen.

Für die Anpassung braucht es «best practices» bezüglich Anwendung von Modellen, Daten, Beispiele von erfolgreich durchgeführten Massnahmen im Inland wie aus dem Ausland.

Tool zur Beurteilung von Anpassungsmassnahmen und daraus resultierenden Synergien und Konflikte.



## Anhang 8: Zusätzlicher Input aus der Forschungscommunity

|                                                     |             |           |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Agroscope                                           | Calanca     | Pierluigi |
|                                                     | Holzkaemper | Annelie   |
| Ecole polytechnique fédérale de Lausanne EPFL       | Thalmann    | Philippe  |
| ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen       | Skelton     | Maurice   |
| Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL    | Stöckli     | Sibylle   |
| Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut  | Ragetti     | Martina   |
|                                                     | Röösli      | Martin    |
| WSL, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften          | Pütz        | Marco     |
| ZHAW, Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen | Baumann     | Nathalie  |
|                                                     | Bitter      | Gwendolin |
|                                                     | Göpfert     | Rebecca   |
|                                                     | Veith       | Claudia   |