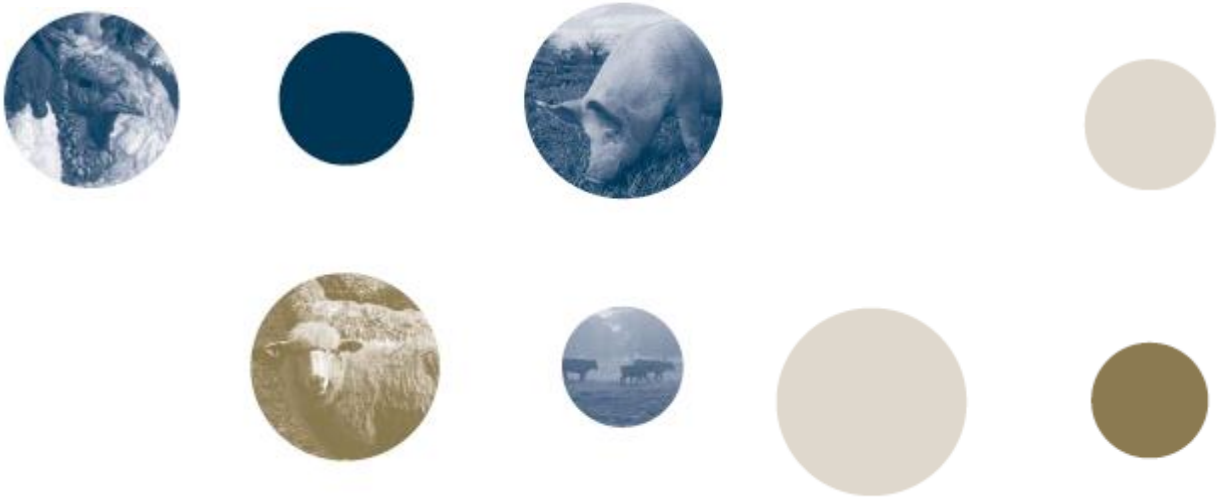
SAFOSO

Vorstudie für das
Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen

Abschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit

Eine One Health-Perspektive

November 2019



Haftungsausschluss
Dieser Bericht ist ausschliesslich für das Personal des Kunden bestimmt. Kein Teil davon darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung von SAFOSO zur Weitergabe, Angebotserstellung oder Vervielfältigung ausserhalb der Kundenorganisation verwendet werden.

Inhaltsverzeichnis

1 ZUSAMMENFASSUNG 4

2 HINTERGRUND 5

3 VORGEHEN UND METHODIK 6

3.1 Konzept 6

3.2 Literaturreview 7

3.3 Workshop 7

4 INPUT 9

4.1 Globale Perspektive 9
4.1.1 Auswirkungen des Klimawandels 9
4.1.2 Adaptionsmassnahmen 12
4.1.3 Wirkungsbeziehungen 13

4.2 Schweizer Perspektive 15
4.2.1 Expertenworkshop 15
4.2.2 ACE – Meeting 15
4.2.3 Der Klimawandel in der Schweiz 16
4.2.4 Literaturrecherche 17

5 ANALYSE 18
5.1.1 Tiergesundheit/Tierwohl 18
5.1.2 Öffentliche Gesundheit 22
5.1.3 Schlussfolgerungen 24

6 EMPFEHLUNGEN 25

7 REFERENZEN/BIBLIOGRAPHIE 30

8 ANHANG 36

1 Zusammenfassung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Umwelt und ihre Lebewesen werden zunehmend sicht- und spürbar. Die Ursachen und Wirkungen im Bereich *One Health* sind dabei vielfältig und komplex. Die Wichtigkeit der Thematik wurde auch auf nationaler Ebene erkannt, dabei ist das BLV ist federführend im Bereich Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit. Das BLV hat eine Vorstudie in Auftrag gegeben, die relevante Forschungsthemen zum Klimawandel im Bereich *One Health* identifizieren soll. Die dazugehörigen Fragestellungen sollen zu einem späteren Zeitpunkt als Input für einen Forschungsaufruf zum Thema Klimawandel und *One Health* dienen.

Für die Vorstudie wurden verschiedene Informationsquellen verwendet. Die Schlussfolgerungen basieren daher auf nationalen und internationalen Literaturrecherchen sowie Inputs aus Workshops und Meetings. Es wurde eine gezielte Analyse der Problematik im Schweizer Kontext durchgeführt, um Schweiz-spezifische Faktoren für die Fragestellungen miteinzubeziehen.

Unter anderem wurden folgende allgemeine Schlussfolgerungen gezogen: Die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels stellen gegenüber den heutigen Herausforderungen und Risiken eher quantitative als qualitative Veränderungen dar, das heisst es wird mehrheitlich eine Verstärkung bereits bekannter Auswirkungen erwartet und weniger ein Aufkommen von komplett neuen Phänomenen. Sie lassen sich nicht adäquat durch einzelne isolierte Wirkungsketten beschreiben, vielmehr handelt es sich um ein Wirkungsnetzwerk mit positiven wie negativen Rückkopplungen. Die möglichen Anpassungsstrategien sind vielfältig, wobei sowohl spezifischen als auch allgemeinen Massnahmen Beachtung geschenkt werden muss.

Aufgrund der Resultate wurden vier Forschungsthemen identifiziert, die unter dem *One Health* Komplex als relevant und wichtig erachtet werden:

1) Eingehende Analyse der in der Schweiz bereits vorhandenen Studien, die One-Health Aspekte beinhalten.
2) Auswirkungen des Klimawandels auf die schweizerische Tier- und Futtermittelproduktion
3) Auswirkungen des Klimawandels auf inländische und grenzüberschreitende Warenströme
4) Evaluierung der technischen Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel in der Tierproduktion und Lebensmittelverarbeitung

Zu den Forschungsthemen wurden jeweils ein oder zwei konkrete Fragestellungen sowie zugehörige Zielsetzungen formuliert.

Des Weiteren wird empfohlen, die Fragestellungen des Forschungsaufrufs konzertiert anstatt isoliert bearbeiten zu lassen, um sicherzustellen, dass sich späteren Resultate dieser Forschungsarbeiten zu einem Gesamtüberblick aggregieren lassen.

2 Hintergrund

Der Klimawandel wie wir ihn heute beobachten und für die Zukunft vorhersagen ist ein hochkomplexes Wirkungsgeschehen. Seine Auswirkungen auf die belebte Umwelt jedoch sind noch wesentlich komplexer, sind doch sämtliche biologische Prozesse von dem klimatischen Milieu abhängig, in dem sie stattfinden. Die Gesundheit von Mensch und Tier ist ganz wesentlich vom Klima geprägt. Seine Veränderung ist daher von grosser Wichtigkeit für das, was wir summarisch mit *One Health* beschreiben.
Das BLV ist Teil des 'Unterorgans *One Health*', in welchem Bundesbehörden und kantonale Stellen ihre Aktivitäten zur Erkennung und Prävention bereichsübergreifender Gefahren abstimmen. Weiterhin ist das BLV Mitglied des 'National Centre for Climate Services' (NCCS), welches die gemeinsame Entwicklung und Bereitstellung von Klimadienstleistungen und den Dialog zwischen allen Akteuren fördert.
Das BLV möchte im Rahmen seines Aufgabengebietes und in Koordination mit anderen Akteuren Wissenslücken im Hinblick auf den Einfluss des anthropogenen Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit erkennen und priorisieren und anschliessend einen Forschungsaufruf zwecks Schliessung dieser Wissenslücken lancieren. Die hier angefragte Vorstudie dient zur Identifizierung relevanter Fragestellungen für den Forschungsaufruf.

Aufgrund einiger Vorarbeiten und den Resultaten eines Workshops mit relevanten Vertretern von Bund und Kanton wurden die Studienziele und die Inhalte des Schlussberichts, in persönlicher Absprache mit dem BLV, wie folgt festgelegt:

Die Vorstudie soll methodische und sachliche Wissenslücken auf einer höheren Aggregationsstufe aufzeigen, die insbesondere das komplexe Gefüge *One Health* und die sektorübergreifende Thematik erfassen, sowie aufgrund der spezifischen Gegebenheit der Schweiz mutmasslich von besonderer Relevanz sind.

Die folgenden Elemente sind Teil des Schlussberichts:

- Zusammenfassung und Outcome des Expertenworkshops
- Wirkungsketten: Konzeptionelle Karten (nicht jede Wirkungskette einzeln)
- Literaturreview zu verschiedenen Hazards, die von Climate Change beeinflusst werden
- Literaturreview zu verschiedenen Adaptionsmechanismen
- Climate Change im Schweizer Kontext: Welchen Elementen muss in Bezug auf die Schweizer Gegebenheiten besonders Beachtung geschenkt werden?
- Schlussfolgerungen: Methodische und sachliche Wissenslücken in Bezug auf Climate Change und dessen Auswirkungen auf *One Health*, unter Einbezug von mutmasslichen Relevanzen für die Schweiz.

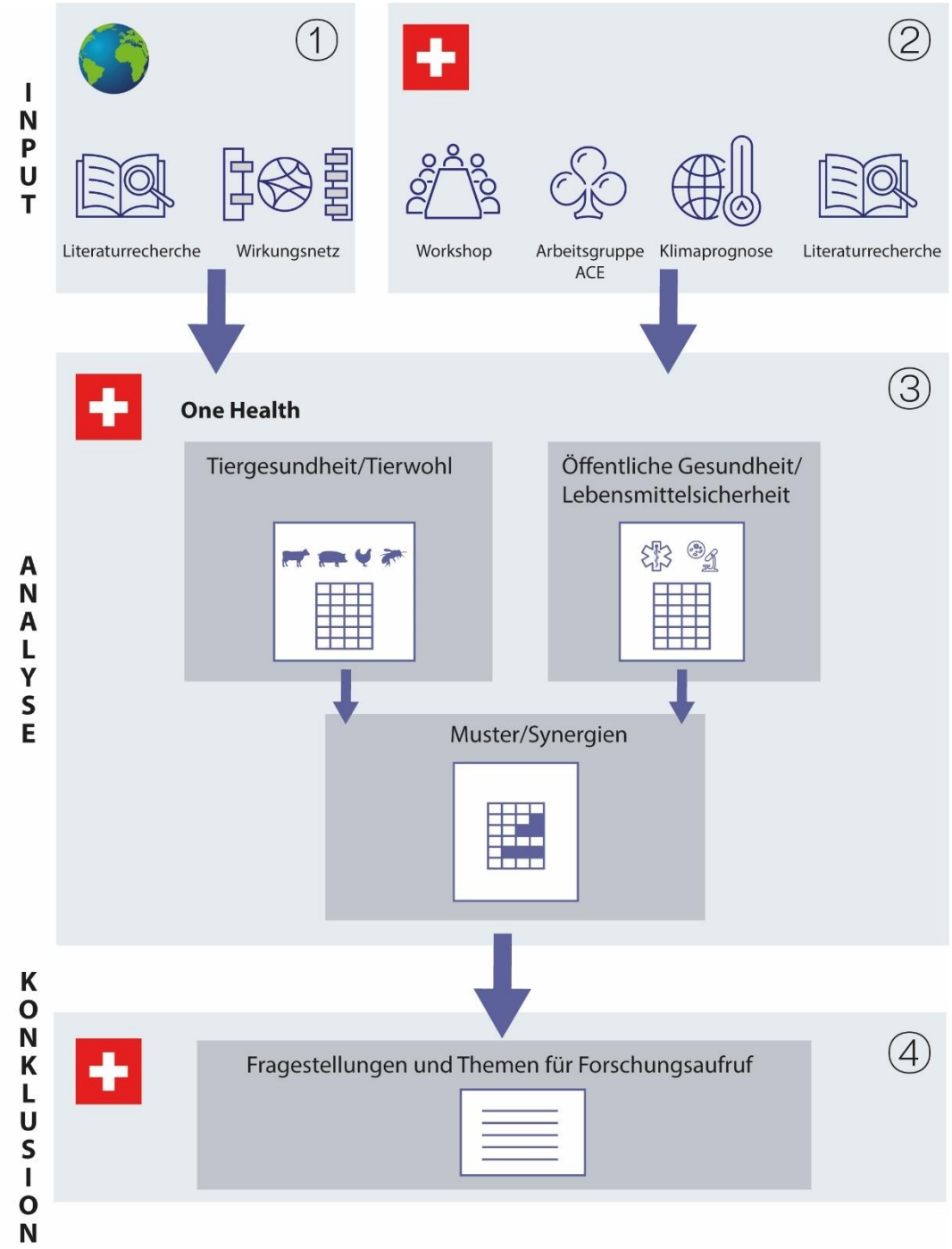
Für die vorliegende Vorstudie wurden unter dem *One Health* Ansatz sowohl Auswirkungen auf die Tiergesundheit, Tierwohl, Lebensmittelsicherheit und die öffentliche Gesundheit in Betracht gezogen. Allerdings wurden für den Teil der öffentlichen Gesundheit nur Aspekte berücksichtigt, die Auswirkungen über die Schnittstelle Tier-Mensch haben. Direkte Einflüsse auf die Gesundheit der Menschen, wie beispielsweise Hitzestress oder Erkrankungen nichtzoonotischer Natur, wurden nicht eingehender bearbeitet.

Der Bericht wird in deutscher Sprache verfasst, einzelne Tabellen mit Literaturzusammenfassungen in englischer Sprache.

3 Vorgehen und Methodik

3.1 Konzept

Um das komplexe Einflussgeschehen vom Klimawandel auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit für die vorliegende Vorstudie zu erfassen, wurde das folgende Vorgehen gewählt (siehe nachstehendes Schema als Illustration).



INPUT. In einem ersten Schritt wurden Informationen (INPUT) sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene gesammelt. Eine Literaturübersicht mit internationaler Perspektive fasst die wichtigsten globalen Auswirkungen des Klimawandels, sowie mögliche Anpassungsmechanismen zusammen. Die Komplexität der Interaktionen in Bezug auf die Wirkungsketten wird durch eine Grafik (Kapitel 4.1.3) illustriert.

Auf nationaler Ebene wurden Informationen in einem spezifisch zu diesem Zweck organisierten Workshop mit Teilnehmern aus relevanten Bundesämtern und den Kantonen, sowie Informationen zum Klimawandel in der Schweiz anhand wissenschaftlicher Publikationen und nationaler Berichte zusammengetragen. Die Zielsetzung und vorgesehene Methodik für die Vorstudie wurde anlässlich der 3. Sitzung des Advisory Committee on Early Detection/Food Safety (ACE) vorgestellt und abgeglichen.

ANALYSE. Eine Schweiz-spezifische ANALYSE stellt die Konsequenzen des Klimawandel und mögliche Anpassungsmechanismen gezielt in den Schweizer Kontext. Was heisst Klimawandel im Kontext *One Health* unter Schweizer Gegebenheiten, welchen Faktoren muss möglicherweise besonders Beachtung geschenkt werden? Dieser Teil befasst sich konkret mit ausgewählten Nutztierarten sowie der Lebensmittelsicherheit im Schweizer Kontext. Nach der Betrachtung der einzelnen Elemente sollen Muster und/oder Synergien erkannt und beschrieben werden – wo gibt es Gemeinsamkeiten und wo bestehen allenfalls Unterschiede in Bezug auf die Auswirkungen und/oder Anpassungsmöglichkeiten?

KONKLUSION. Die KONKLUSION beinhaltet die relevanten Themen und Fragestellungen für den Forschungsaufruf, basierend auf den oben beschriebenen Schritten.

3.2 Literaturreview

Unter der Verwendung von Berichten internationaler Organisationen, sowie umfassender Reviews wurde eine explorative Literaturrecherche durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden relevante internationale Organisationen identifiziert, die im Bereich Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit tätig sind. Dazu gehörten unter anderem die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), das Europäische Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC) und die Weltorganisation für Tiergesundheit (OIE). Nachdem internationale Organisationen ausgewählt worden waren, wurden die entsprechenden Repositorien verwendet, um nach Sekundärliteratur zum Klimawandel im Zusammenhang mit Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit zu suchen. Die Sekundärliteratur umfasste hauptsächlich Berichte und Rezensionen. Bei Bedarf wurde zusätzlich anhand der Bibliographien ausgewählter Quellen eine Suche nach primären Literaturquellen durchgeführt (Schneeballprinzip), oder zusätzlich mittels spezifischer Stichwortsuche nach weiteren Publikationen gesucht.

3.3 Workshop

Aufgrund der interdisziplinären Thematik und sektorübergreifenden Wirkungsketten hat SAFOSO einen Workshop mit Teilnehmern aus relevanten Ämtern und Institutionen aus der Schweiz organisiert.

Der Workshop hatte die folgenden Zielsetzungen (Agenda in Anhang 2):

- Erarbeitung von Wirkungsketten: von Klimawandel bis zum Einfluss auf Tiergesundheit, Tierschutz, Lebensmittelsicherheit und Öffentliche Gesundheit
- Anpassungsmöglichkeiten – welche Möglichkeiten/Strategien stehen uns zur Verfügung?

- Laufende und zukünftige Aktivitäten zum Thema in den relevanten Ämtern und der internationalen Forschungsgemeinschaft

Als Teilnehmer wurden Vertreter aus den relevanten Bundesämtern und den Kantonen eingeladen, eine Teilnehmerliste findet sich in Anhang 1.
Der Workshop fand am Mittwoch 26. Juni 2019 statt und wurde von Ulrich Sperling und Isabel Lechner (SAFOSO) moderiert. Als externe Experten waren zusätzlich Prof. Franz Rubel und Dr. Katharina Brugger von der Veterinärmedizinischen Universität Wien eingeladen.

4 INPUT

4.1 Globale Perspektive

4.1.1 Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel führt auf der ganzen Welt zu veränderten Wetterbedingungen. Gebiete werden je nach geografischer Lage unterschiedlich durch meteorologische Faktoren beeinflusst, angeführt von Veränderungen bei Temperatur und Niederschlag, die letztendlich die Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt direkt oder indirekt beeinträchtigen. Alle Praktiken in der Landwirtschaft und Viehzucht hängen stark von den Umweltbedingungen, insbesondere von der Verfügbarkeit von Frischwasser ab.

Die einzelnen Faktoren des Klimawandels haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit. Diese Auswirkungen können sowohl direkter als auch indirekter Natur sein. Mögliche Konsequenzen einer Temperaturerhöhung sind Hitzestress in der Nutztierpopulation und infolgedessen eine reduzierte Produktivität. Die Verringerung der Niederschläge wirkt sich auf die Qualität und Verfügbarkeit von Trinkwasser für den menschlichen Verbrauch und die Landwirtschaft aus. Die Qualität des Futters kann sich verringern und die Bodenqualität sich verschlechtern. Der Temperaturanstieg führt zu einer Erwärmung der Ozeane, was zu verschiedenen weiteren Konsequenzen führt, wie z.B. zu einer Anreicherung von Quecksilber in Fischen, hervorgerufen durch eine Methylierung von Quecksilber, und darüber in die Lebensmittelkette eingeführt wird. Die schmelzenden Eiskappen führen zu Küstenüberschwemmungen und durch diese zu Kontaminationen von Süßwasserquellen. Auch vermehrter Starkregen kann zu Überschwemmungen führen. Auch begünstigen diese Bedingungen die Bildung von Brutstätten für Vektoren, welche ihrerseits ein Risiko für die Übertragung von Krankheiten darstellen.
Insgesamt gefährden Veränderungen des Wettergeschehens die landwirtschaftliche Produktion und erhöhen die Übertragung von vektorübertragenen Krankheiten, was zu Problemen der Ernährungssicherheit und der Zunahme der Krankheitslast führt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Auswahl potenzieller Konsequenzen des Klimawandels, gruppiert nach spezifischen Klima- und Wetterereignissen

	Climate and Weather Events	Potential Consequences	References
	Heavy rainfalls	**Run-off from** fields increases the dissemination of pathogens and chemical hazards to crop fields and water bodies (Contamination ↑).	1–5
		High precipitation might exhaust the capacity of water-filtration plants, which might lead to a higher human exposure to pathogens and therefore, an increase in the burden of water-borne and seafood-borne diseases.	1,4
		Increase in the incidence of parasitical/water food-borne diseases through raw contaminated food such as vegetables.	1,3,6
		Soil degradation e.g. Reduction of agriculture production, Reduction of the germination of pollen and seed yield.	7,8
	Floods	**Coastal floods increase the contamination of water bodies** with salty water and biological and chemical hazards. Therefore, the availability of freshwater for consumption is reduced and the impact of disease transmission increases. e.g. soil pollutants such as pesticides and fertilisers will be flushed out from soil to water reservoirs.	1,2,6,9
		Coastal foods may increment the marine erosion in low coastal regions.	10

	Climate and Weather Events	Potential Consequences	References
		Increase of vector-breeding sites, which leads to an increase of vectors and therefore, potential changes of the spread of vector-borne diseases. e.g. RVFV outbreaks associated with El Niño-Southern Oscillation events.	2,5
	Droughts	**Reduction of crop and agricultural production, water shortage and soil erosion**. Also, as the soil is compacted due to droughts, heavy rainfall afterwards can exacerbate runoffs. e.g. fungi infection occurs during the blooming stage in groundnuts and mycotoxicosis are described after droughts.	1,6,8,9
		Increase of Runoffs, contamination of soil and water (see above)	4,6,9.
	Reduction of precipitation	**Reduction of the quality of the fodder** (lignification increase) and an increase of the shrub cover.	11,12
	Warming trend	**Acceleration of the development of pathogens** in vectors, which might lead to a higher vector-bone disease transmission rate. e.g. the increase in temperatures favours the development of *Trypanosoma cruzi* in bugs.	6,11
		Reduction of the quality of the fodder (lignification increase) and an increase of the shrub cover.	11–13
		Increase of the survival rate of vectors and pathogens during the winter season	5,6
		Increase of the microbial contamination of animal feed/food/water as a result of an increase in the multiplication of pathogens due to the rise of environmental temperatures. e.g. flash floods could disseminate untreated sewage and thus spread human enteric viruses.	2,3,6
		Increase of mycotoxin contamination could be enhanced through the rise of activity of insects and its consequent mechanical damage to the plants and the higher vulnerability of crop plants due to heat stress. Also, the capability of moulds to produce mycotoxins is affected by temperature. e.g. Increase of fungi colonization (especially *Aspergillus, Penicillium* and *Fusarium)* and persistence of mycotoxin production in crop plants. Contamination of feed sources with mycotoxins and negative impact in crop productivity.	1,3,6,14
		Antibiotic resistance increases with local temperature	15
		Increase of the duration of grass-growing season, which could lead to more extensive livestock grazing and therefore, a higher exposure to vectors and parasites.	2,12,16
		Heat stress has a high impact in reducing livestock productivity, increasing mortality and economic losses. High temperatures perturb reproduction rates due to stress and reduce the feed intake which consequently affects the feed conversion. e.g. high yield breeds such as poultry or dairy cattle breeds, lead normally to high metabolic heat production, which reduces the animal's tolerance to high temperatures.	3,5,11,12,17
		Displacement of animals from outdoor to indoor facilities to reduce the heat exposure, which might lead to higher chances of disease transmission.	6
		Reduction of the energy use for heating the animal facilities.	3

	Climate and Weather Events	Potential Consequences	References
	Increase of the average of water temperatures	**Increase of the growth of water-microorganisms,** which might lead to an increase of food/water-borne disease burden. e.g. peaks of cholera disease are associated with higher water temperature.	2,3
		Change of appropriate living conditions for fish, which might lead to fish migration and therefore, a change in the distribution of fish stocks.	2,18
		Ocean warming and mercury food poisoning. The rise of the sea temperature enables the methylation of mercury and its consequent appearance in fish. e.g. common food preparation practices do not impede intoxication if fish/ shellfish products (especially bivalve molluscs) are contaminated, which might lead to food poisoning.	2,6
	Cold spills	**Higher survival rates of viruses** due to low temperatures.	2
	Surface winds in the sea	**Alteration of the nutrient distribution** into the photic zone and strength and distribution of the currents, which might impact the movements of some species.	2,3
	Increase of carbon dioxide (CO_2) concentration in the atmosphere	**Deterioration of the quality of soils**	3
		Increase of crop yield due to the CO_2 fertilization effect (high variability between plants)	18
		Alteration of the seafood production as a result of increased sea water acidity.	1,2
		Sea levels changes due **to precipitation variation** caused by high CO_2 levels.	2

Die Klimawandel beeinflusst ebenfalls die Verbreitung von und die Belastung durch Pathogene und Vektoren. Dabei ist die Beziehung zwischen Pathogen, Wirt, Umwelt und potentiellen Vektoren ein komplexes Zusammenspiel einer Vielzahl verschiedener Faktoren und Gegebenheiten. Dennoch sind übergreifende Schlussfolgerungen möglich, wie sich der Klimawandel (insbesondere die höheren Temperaturen und stärkeren Niederschläge) auf die Verbreitung von und Belastung durch verschiedene Pathogene und Vektoren auswirkt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Auswirkungen von Temperaturanstieg und Zunahme der Niederschläge auf Belastung (Burden) und Verbreitung (Spread) von Pathogenen und Vektorpopulationen

Pathogen/Vector		Temperature ↑	References	Precipitation↑	References
Pathogen	Bacteria	burden↑	2,3	spread↑	3
	Virus	-[1]	2,3	spread↑	3
	Protozoa	burden↑	19	spread↑	6
	Trematodes	spread↑	6	spread↑	6
Vector	Arthropods (e.g. ticks)	-	20	spread↑	2
	Insects (e.g. mosquitoes, midge)	burden↑	6	burden↑	6
	Rodents	No specific evidence found			
	Gastropods (e.g. snails)			burden↑	2

[1]Viruses need hosts to replicate. Generally, the increase in environmental temperatures does not have a major impact in the viral population unless there is an increase in the host population too.

4.1.2 Adaptionsmassnahmen

Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind in der Literatur zahlreich beschrieben, Tabelle 3 fasst eine Auswahl zusammen. Aufgrund der Ergebnisse aus der Literaturrecherche lassen sich die Massnahmen in 3 verschiedene Gruppen zusammenfassen:
Unter *Management* sind Massnahmen zusammengefasst, die negative Einflüsse direkt abschwächen oder neutralisieren. Die zweite Gruppe, *neue Technologien und Informationen,* enthält Massnahmen, die mit neuen Technologien und der Gewinnung von Information in Verbindung stehen. So kann beispielsweise durch gezielte Monitoring- und Surveillance-Aktivitäten die Informationslage verbessert werden, wobei die Information dann wieder zurück in Entwicklung von Managementmassenahmen oder in die dritte Gruppe, *Policy*, einfliesst.
Unter *Policy* finden sich Massnahmen, die sich mehrheitlich mit überregionalen, nationalen oder internationalen Strategien in Bezug auf den Klimawandel befassen.

Tabelle 3: Adaptionsmassnahmen

Framework for adaptation	Adaptation measure	References
Management	**Changes in animal nutrition** e.g. provision of creep feed to piglets when milk production in sows is reduced due to heat stress (supply of supplemental feed), feeding strategies to maintain the performance under stressful thermal conditions	5,10,21
	Modification of cropping calendar	5,11,18
	Improved irrigation systems, fertilization schemes, improved waste management e.g. wastewater reuse in crop production	1,2,10,18,21,22
	Modify water storage systems to reduce the breeding sites for vectors	23
	Mixed-crop-livestock systems	5,18,24
	Control mosquitoes' life stages before developing into adults	19
	Prevent contamination in food/feed storage facilities	3
	Vaccines against ectoparasites and endoparasites	21,25
	Resistant animal breeds and forage species to harsh environments	5,11,21,26
	Technical adaptation including ventilation, cooling and/or shading or sprinkling to reduce the heat burden	5,10,11,21
Surveillance and early detection	**Early warning systems and monitoring** to detect changing patterns of disease	2,3,6,11,18,21
	Standardisation of monitoring systems across countries e.g. Standardization of mycotoxin-monitoring systems across countries	3,27
	Including geographic information for targeted surveillance to perform spacio-temporal analysis	21,28
	Monitoring and surveillance on chemical and pesticides residues e.g. monitoring pesticides residues in crops and veterinary residues in animal products.	2,3,6
	Monitoring and surveillance of the environment	2,5,18
	Impact assessment frameworks to carry out cost-benefit analysis of adaptation measures	5,11
	Prediction models for outbreaks and chemical hazards e.g. develop predictive models to detect and anticipate the distribution of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	3,18
Policy	**Capacity building programmes** on agriculture technologies and awareness raising on agriculture effects of climate change for livestock producers and farmers	18,21
	Draught management strategy e.g. movement of herds, lower the size of herds, storage of feed locally	10

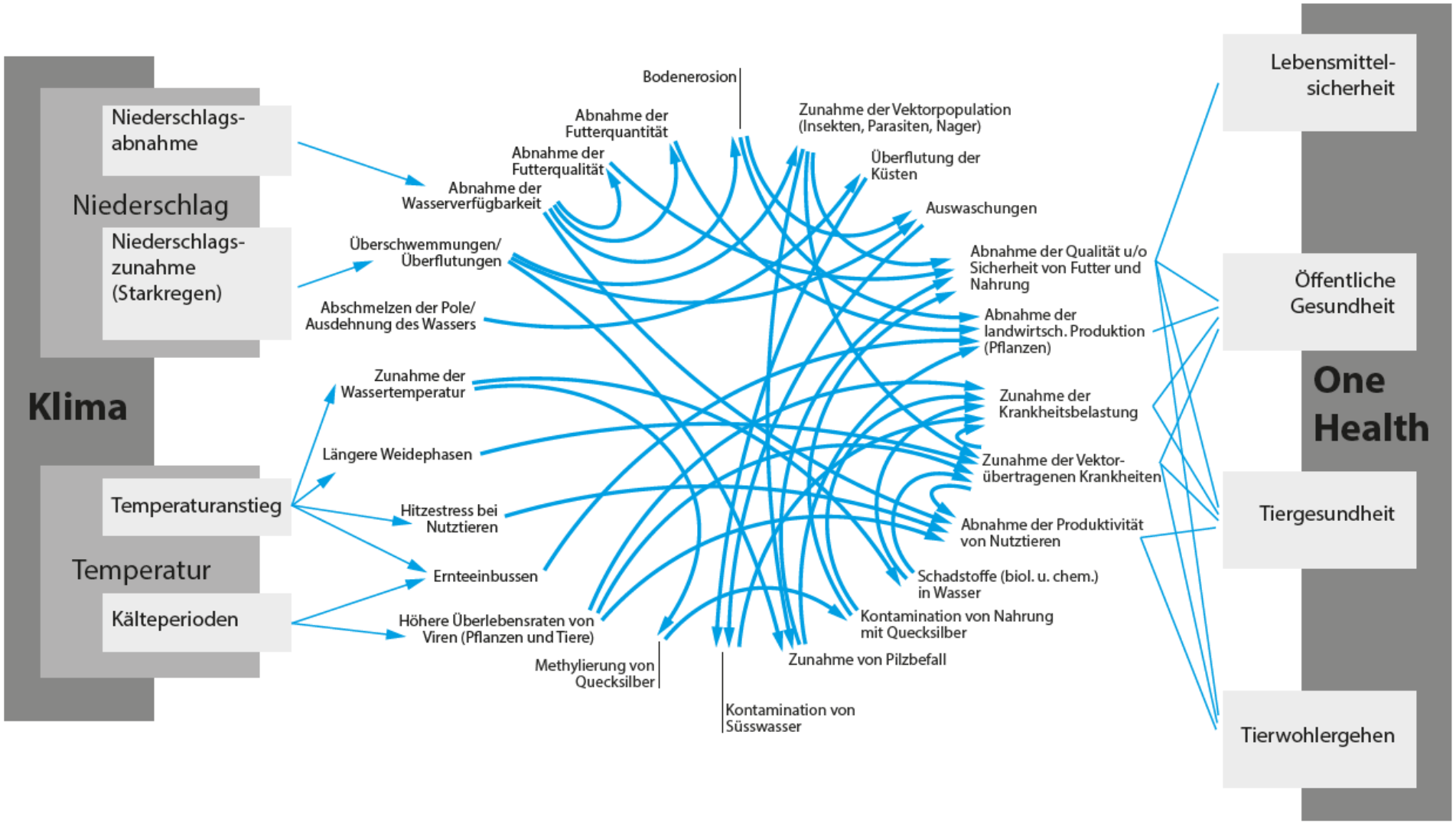
	Geographical displacement of production systems e.g. expansion of crop agriculture to Northern Europe	5,10,29
	Review and adapt management practices e.g. the Good Veterinary Practices (GVP) on the use of veterinary drugs just as changes in climate circumstances, Integrated Pest Management Programmes (IPM) to improve the management of pests under new climate	2,6
	Livestock value chain development on different alternatives of livelihood	18,21
	Crop, flood and livestock insurance schemes	5,21,24
	Update, establish and reinforce food and feed safety emergency plans	2,6,29
	Promotion of interregional trade	21,24
	Promote agroforestry to ensure feed security for livestock	5,10–12
	Integrative prevention and management framework, linking food safety and agricultural management practices with veterinary public health	6

4.1.3 Wirkungsbeziehungen

Die Wirkung des Klimawandels auf die Gesundheit von Mensch und Tier ist ein komplexes Geschehen, das sich nur unzureichend durch isolierte, gerichtete Wirkungsketten abbilden lässt (siehe Schlussfolgerungen aus dem Workshop (Kapitel 4.2.1)). Vielmehr sind die Auswirkungen des Klimawandels ein fein verästeltes Geflecht aus Wirkungsbeziehungen, die sich gegenseitig beeinflussen und positive wie negative Rückkoppelungen enthalten.

Abbildung 1 bildet dieses Geflecht aus Ursachen und Wirkungen ab. Die Abbildung ist dabei illustrativ und enthält nur einige ausgewählte Ursache-Wirkungsbeziehungen.

Abbildung 1: Wirkungsbeziehungen zwischen dem Klimawandel und den Auswirkungen auf Tier, Mensch und Umwelt.



4.2 Schweizer Perspektive

4.2.1 Expertenworkshop

Im Rahmen des Workshops wurden in Kleingruppen die wichtigsten Wirkungsketten und Anpassungsmassnahmen bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf den Komplex *One Health* erarbeitet, und danach im Plenum diskutiert. Ebenfalls wurden die Teilnehmer nach bereits laufenden relevanten Initiativen in den Schweizer Ämtern befragt.

Die wichtigsten Diskussionspunkte und Schlussfolgerungen aus dem Expertenworkshop waren dabei:

- Es ist bereits viel Wissen zu den einzelnen Wirkungsketten vorhanden, es gibt nicht viele "weisse Flecken".
- Viele Auswirkungen des Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit sind nicht *per se* neu, sondern treten allenfalls verändert oder in anderer Kombination auf.
- Wissenslücken gibt es in Bezug auf die Interaktionen von Konsequenzen zwischen den Wirkungsketten deren potenziellen additiven Auswirkungen auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit.
- Es braucht eine Systemanalyse. Wo liegt der grösste Hebel zur Adaptation?
- Das Rad sollte nicht neu erfunden werden. Es kann von Erfahrungen aus anderen Ländern gelernt werden.

Anhang 3 enthält eine Auswahl an Fotos von Resultaten aus der Gruppenarbeit.

4.2.2 ACE – Meeting

Die Zielsetzung und vorgesehene Methodik für diese Vorstudie wurde dem Advisory Committee on Early Detection / Food Safety (ACE) im Rahmen seiner dritten Sitzung am 5. September 2019 in Bern vorgestellt und mit den Mitgliedern des Komitees diskutiert. Das Komitee setzt sich aus Vertretern der öffentlichen Verwaltung (Bund, Kantone, benachbartes Ausland) und der Privatindustrie zusammen.

Die anwesenden Mitglieder zeigten sich an der Studie sehr interessiert und bestätigten aus ihrer eigenen Erfahrung:

- Es existiert derzeit keine umfassende Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf die Situation Tiergesundheit/Lebensmittelsicherheit spezifisch in der Schweiz und auch nicht spezifisch für ein anderes Land. Insofern ist die Durchführung der Vorstudie zum jetzigen Zeitpunkt gerechtfertigt.
- Nestlé hat eine interne Studie über die globalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Sicherheit der verwendeten Rohmaterialien in der Lebensmittelverarbeitung durchgeführt. Die Studienergebnisse sind bis auf Weiteres vertraulich und der Öffentlichkeit nicht zugänglich. Es wird jedoch erwogen, sie im Rahmen einer Konferenz offenzulegen.
- Es ist unmöglich, die Fragestellung Klimawandel – *One Health* auf einzelne Wirkungsketten zu reduzieren. Das System ist hochkomplex und vernetzt und muss als Ganzes betrachtet werden.
- Es wird kaum mit dem Auftreten komplett neuartiger Phänomene gerechnet (z.B. bis anhin unbekannte Vektoren oder Pathogene), sondern vielmehr mit einer Verstärkung bereits bekannter Trends, sowie einer Vielzahl von indirekten Effekten.

- Der Informationsaustausch mit Nachbarregionen, bzw. Ländern, die heute schon die klimatischen Bedingungen aufweisen, welche für die Schweiz prognostiziert werden, wird als entscheidend erachtet.

Die Idee einer Fachkonferenz zum Thema Klimawandel – *One Health* wurde vom Vorsitzenden des Komitees, Thomas Lüthi (BLV), aufgegriffen und soll weiterverfolgt werden.

4.2.3 Der Klimawandel in der Schweiz

Im Jahr 2018 wurde ein Bericht des Netzwerks des Bundes für Klimadienstleistungen (NCCS) veröffentlicht[30], der Schweiz-spezifisch Bereiche von möglichen Klimaveränderungen aufzeigt. Der Bericht bezieht sich dabei auf das Jahr 2060, als Referenzzeitraum gilt die Periode 1981– 2010. Für die Berechnungen wurden unterschiedliche Annahmen getroffen:

- Konsequenter Klimaschutz: Mit einer umgehend eingeleiteten Senkung der Emissionen auf praktisch Null
- Kein Klimaschutz: Klimaschutzmassnahmen werden nicht ergriffen.

Die erwarteten Klimaveränderungen in der Schweiz in 30-50 Jahren sind in der nachstehenden Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4: Erwartete Klimaveränderungen in der Schweiz (NCCS, 2018)

Trockene Sommer	Sommertemperatur *+2,5 °C bis +4,5 °C*	Sommerniederschlag *-25 % bis +10 %*
		Längste Sommertrocken-periode *+0 bis +9 Tage*
Heftige Niederschläge	Stärkster jährlicher Eintagesniederschlag Winter: +10 % Sommer: +10 %	100-jährliches Eintages-Niederschlagsereignis Winter: +10 % Sommer: +20 %
Mehr Hitzetage	Sehr heisse Tage (heute im Schnitt 1 Tag pro Sommer) *+3 bis +17 Tage*	Wärmster Tag des Jahres *+2 °C bis +5,5 °C*
Schneearme Winter	Temperatur im Winter *+2 °C bis +3,5 °C*	Anstieg Nullgradgrenze im Winter *400 m bis 650 m*

Zudem existieren verschiedene Klimamodelle für den Alpenraum inclusive der gesamten Fläche der Schweiz. Rubel et al. (2017)[31] haben eine Zeitreihe von sehr hochauflösenden Karten der bekannten Köppen-Geiger-Klimaklassen[32] für die Alpenregion vom Jahr 1800 bis 2100 berechnet. Eine Animation der Verschiebung der der Klimaklassen im Alpenraum ist auf der Webseite der Vetmed Uni Wien abrufbar: http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at

4.2.4 Literaturrecherche

Eine kurze Literatursuche hat bestätigt, dass internationale wissenschaftliche Publikationen zum Klimawandel in der Schweiz zwar durchaus vorhanden sind, allerdings stammen die Publikationen fast ausschliesslich aus den Bereichen der Wasser – und Forstwissenschaft sowie der Glaziologie. Eine Tabelle mit den identifizierten Studien befindet sich im Anhang 4.

Des Weiteren wurde die Forschungsdatenbank der Schweizerischen Bundesverwaltung ARAMIS mit dem Stichwort “Klimawandel” durchsucht, um eine Übersicht über laufende und abgeschlossene Projekte auf nationaler Ebene zu erhalten. Einige der identifizierten Studien sind zwar durchaus relevant, allerdings adressiert keine das Gesamtgefüge *One Health*. Stattdessen befassen sich die meisten Projekte mit den politischen Verantwortlichkeiten und der Anpassungskapazität im Allgemeinen (enger Bezug zur Strategie des Bundes, siehe Anhang 5), oder sind hochspezifisch (beispielsweise die Studie “Verhaltensmerkmale zur Erkennung von Hitzestress bei Milchkühen in weidebasierten Haltungssystemen”, BLW; Projektnummer 17.25). Eine Auswahl von Studien mit möglicher Relevanz für *One Health* findet sich im Anhang 6.

Erwähnenswert sind allfällige Schnittstellen mit dem “Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel”, worunter in der ersten Phase von 2014 bis 2016 bereits 31 Projekte durchgeführt werden konnten. Die Projekte zeigen, wie sich konkrete Schritte zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels umsetzen lassen (Zusammenfassung und Resultate verfügbar unter über die Webseite des NCSS). Die 3 übergreifenden Themengebiete Umgang mit lokaler “Wasserknappheit”, “Umgang mit Naturgefahren” und “Management von Ökosystem-Veränderungen und Landnutzung” sind dabei von besonderer Relevanz. Die Projekte wurden mehrheitlich lokal oder regional implementiert; erfolgreiche Pilotprogramme sollen in der Folge optimiert und weiter ausgebaut werden.

5 Analyse

Viele der globalen Auswirkungen sowie adaptiven Massnahmen treffen auch für die Schweiz zu, bzw. sind hier anwendbar. Dennoch muss ein Filter gesetzt werden, um spezifische Aspekte der Schweizer Population, Kultur, Geografie, Landwirtschaft und Tierpopulation bei der Auswahl relevanter Themen widerzuspiegeln. Um den Klimawandel in der Schweiz in einem *One Health Kontext* zu erfassen wurden zwei für die Schweiz spezifische Analysen durchgeführt, eine für den Bereich **Tiergesundheit/Tierwohl,** sowie eine für den Bereich **Lebensmittelsicherheit/öffentliche Gesundheit**. Dabei sollten die relevantesten Aspekte in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit sowie mögliche Anpassungsmassnahmen erfasst werden. Ebenfalls sollten relevante Schnittstellen zwischen den beiden Bereichen in Bezug auf den Klimawandel ermittelt werden, um den *One Health* Komplex entsprechend abzubilden.

Für beide Bereiche folgt eine kurze Einleitung in die relevantesten Aspekte, sowie eine tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse.

5.1.1 Tiergesundheit/Tierwohl

Diese Analyse stellt die grösste und relevanteste Tierpopulation der Schweiz ins Zentrum, die Schweizer Nutztierpopulation. Als Vertreter wurden Schweine, Rinder, Geflügel sowie Bienen gewählt. Die folgende Analyse fokussiert sich auf die Hauptproduktionsfaktoren Futter, Trinkwasser, Tierhaltung und Krankheiten. Weitere Aspekte, die allenfalls in Betracht gezogen werden können, sind Management und Genetik. Die Genetik spielt im Rahmen dieser Studie vor allem im Bereich der Adaptionsmechanismen eine Rolle.

Futter

Dank Raufutter wie Gras, Heu oder Silage produziert die Schweiz den Grossteil des benötigten Tierfutters selbst. Der Anteil der Inlandproduktion am gesamten verfügbaren Futter betrug im Jahr 2017 85,2 %. Dennoch haben die Importe aus dem Ausland über die letzten Jahre stetig zugenommen. Den Grossteil der Importfuttermittel machen Getreide und Soja für die Schweine- und Pouletproduktion aus[33].
Beim Import von pflanzlichen Futtermitteln sind verschiedene Faktoren zu beachten, die das Risikoprofil von Futterpflanzen allenfalls verändern können. Globale Auswirkungen des Klimawandels auf Futterpflanzen sind beispielsweise eine Zunahme von Verunreinigungen durch Pilze und deren Toxine, Pestizide und andere mikrobiologische Organsimen (siehe Tabelle 1). Ausserdem kann ein Veränderung in der Zusammensetzung der Grasnarbe und des Pflanzenwachstums die Verdaulichkeit für Wiederkäuer beeinflussen[34]. Ein vermehrte Lignin-Produktion (siehe Tabelle 1) führt ebenfalls zu einer geringeren Verdaulichkeit von Pflanzenfasern beim Wiederkäuer[35].

Auch für die inländische Produktion sind solche negativen Effekte zu erwarten. Sie werden vorwiegend durch extreme Wetterereignisse beeinflusst, wie beispielsweise durch regionale und temporäre Dürreperioden.

Durch den Klimawandel werden jedoch auch positive Effekte erwartet, insbesondere bei der Futtermittelproduktion:

- Trockenere Luft kann die Trocknung von Heu begünstigen und damit für eine bessere Futterqualität sorgen[36].
- Durch die wärmeren Temperaturen wird in höheren Lagen die Produktivität im Futterbau eher steigen, sofern das Wasserangebot nicht limitierend ist. Angepasste Futterpflanzensorten und die Entwicklung geeigneter Mischungen kann diesen Vorteil weiter ausbauen[16].

- Eine potentielle Verlängerung der Weideperiode kann zusätzliche Weidetage bringen und somit das Produktionspotenzial steigern[16].

Je nach Höhenlage und Region wird die Balance von positiv und negativ beeinflussenden Faktoren in der Schweiz unterschiedlich ausfallen, Produktionsverlagerungen sind zu erwarten.

Wasser

Das Schweizer Trinkwasser (für Menschen und Tiere) stammt mehrheitlich aus Quellen und Grundwasser (80%), sowie zu einem kleineren Teil aus Oberflächenwasser (20%)[37]. Die Qualität unseres Grundwassers steht jedoch zunehmend unter Druck, da der Verunreinigungsgrad stetig zunimmt. Insbesondere Produkte aus der Landwirtschaft wie Nitrat und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln beeinträchtigen die Grundwasserqualität[38]. Überschwemmungen können diese Effekte verstärken.

Eine übergreifende Wasserknappheit ist allerdings auch durch vermehrte Trockenperioden vorerst nicht zu befürchten, denn in Bezug auf das gesamte Grundwasservolumen sind die saisonalen Änderungen der Grundwasserstände in der Regel klein. Jedoch kann es in Trockenperioden lokal zu vorübergehender Wasserknappheit kommen, wie dies bereits heute in längeren Trockenperioden in bestimmten Regionen der Fall ist. Ebenfalls können starke Niederschläge zu kurzfristig hohen Grundwasserständen und Quellabflüssen führen[39].

In Bezug auf das Oberflächenwasser werden in der Schweiz unter anderem die Cyanobakterien (sog. “Blaualgen”), die umwelt- und gesundheitsschädliche Giftstoffe produzieren, ein zunehmendes Problem darstellen. Durch die milderen Temperaturen im Winter sterben die Algen nicht mehr ab[40]. Eine interessante Studie über Cyanobakterien und einen *One Health*-Ansatz für deren Früherkennung wurde 2015 von Hilborn und Beasley pupliziert[41].

Haltung

Sowohl die Stall- als auch die Freilandhaltung (inklusive Alpung) werden durch den Klimawandel beeinträchtigt. Insbesondere die erwarteten längeren und häufigeren Hitzeperioden führen zu Hitzestress bei Nutztieren, wenn die Umgebungstemperatur nicht entsprechend angepasst werden kann. Die optimale Umgebungstemperatur einer laktierende Milchkuh beträgt beispielsweise 5-25 °C[42], was in Hitzeperioden deutlich überschritten würde. Eine erhöhte Mortalität von Milchkühen während Hitzeperioden wurde bereits nachgewiesen[43]. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass ein höherer Hitze-Luftfeuchtigkeitsindex zu einer signifikant erhöhten Mortalität bei Schweinen während dem Transport und der Aufstallung führt[44]. Zusätzlich können lokale Unwetter und Überschwemmungen Tiere in nicht genügend witterungssicheren Stallungen gefährden.
Mit einer Fläche von 465‘000 Hektaren trägt auch die Alpwirtschaft einen wichtigen Beitrag zur Kulturwirtschaft der Schweiz bei. Im Jahr 2017 waren rund 6'780 Sömmerungsbetriebe registriert, wobei die Anzahl seit über einem Jahrzehnt rückläufig ist. Der Normalbesatz liegt dabei bei rund 320'000 Tieren[45]. Da durch den Klimawandel im alpinen Raum ebenfalls neue Risiken entstehen[46], sollte der Alpung im Schweiz-spezifischen Zusammenhang ebenfalls Beachtung geschenkt werden.

Krankheiten

Je nach Qualität der Datengrundlage kann die Eintragungswahrscheinlichkeit einer Tierseuche durch eine Risikoanalyse mit mehr oder weniger grosser Unsicherheit berechnet werden. Jedoch gibt es immer wieder Fälle, in denen ein Eintrag äusserst unerwartet aufgetreten ist, wie beispielsweise der Eintrag des Schmallenbergvirus im Jahr 2011 gezeigt hat. Modelle und Prognosen im Bezug auf Krankheitserreger im Zusammenhang mit dem

Klimawandel sind daher wichtig, allerdings kann sich die Schweiz allein damit nicht in Sicherheit wiegen.

Insgesamt kann eine höhere Belastung durch Mikroorganismen und Parasiten erwartet werden, da sich höhere Temperaturen insgesamt begünstigend auf diese auswirken (Tabelle 1 & Tabelle 2).

In der Schweiz als typisches Alpenland sind insbesondere die Höhenzonen und die für sie prognostizierten Temperaturzunahmen als Folge des Klimawandels relevant. Dies gilt insbesondere für die Verbreitung heimischer Vektoren wie beispielsweise den Zecken in höhere Lagen. Allerdings muss beachtet werden, dass ein Vektor durch viele verschiedene direkte und indirekte Faktoren des Klimawandels beeinflusst werden kann, wie zum Beispiel durch Biodiversität, Ökosystem, Landnutzung, Eigenschaften und Immunitätsstatus der Wirtspopulation und menschliches Verhalten. Neben dem Vorhandensein des Vektors sind gleichermassen die Vektorkompetenz und das Vorhandensein des jeweiligen Pathogens ausschlaggebend für das von ihm ausgehende Risiko. Alle drei Faktoren unterliegen klimatischen Einflüssen.

Durch den Klimawandel ist allerdings nicht nur eine Veränderung infektiöser Krankheiten zu erwarten, verschiede Aspekte werden ebenso einen Einfluss auf nicht-übertragbare Krankheiten haben. Beispielsweise kann eine verminderte Futteraufnahme während der heisseren Tageszeit, gefolgt von einer erhöhten Futteraufnahme sobald sich die Umgebungstemperatur wieder absenkt, eine Azidose bei Wiederkäuern verursachen. Ebenfalls steigt das Risiko für Ketosen bei frühlaktierenden Tieren, sowie für metabolische Erkrankungen und eine Immunsuppression[47–49].

Die nachstehende Abbildung enthält eine tabellarische Zusammenfassung der Analyse für die verschiedenen Spezies.

Abbildung 2: Tabellarische Zusammenfassung der Auswirkungen und des Klimawandels und möglichen Adaptionsmassnahmen in Bezug auf die Schweizer Nutztierpopulation («Ja» = zutreffend)

Produktions-faktor	Unterscheidungs-merkmale	Aspekte	Effekt des Klimawandels	kritische Punkte	Adaptionsmechanismen (Beispiele)	Rind	Schwein	Geflügel	Bienen
Futter	Importiert	Typ/Komposition	ändert sich	Verträglichkeit und u.U. politische Akzeptanz	Pflanzenspezies und Sorten anpassen; alternative Proteinquellen; Genetik (Futterverwertung)	Ja	Ja	Ja	Nein
		Sicherheit	sinkt	Schadstoffe (Pestizide, Schwermetalle, Aflatoxine),	Anpassung der Kontrollen	Ja	Ja	Ja	Nein
		Qualität	sinkt	Nährstoffgehalt		Ja	Ja	Ja	Nein
		Verfügbarkeit	sinkt	Lieferengpässe	mehr Lieferanten (Risikostreuung)	Ja	Ja	Ja	Nein
		Zugang	erschwert	höhere Kosten; grösserer Zeitaufwand	Verträge, Vereinbarungen	Ja	Ja	Ja	Nein
		Aufnahme	erniedrigt	Hitzestress	Massnahmen Stallklima/Schattenquellen	Ja	Ja	Ja	
	Einheimisch	Typ/Komposition	ändert sich	Verträglichkeit	Pflanzenspezies und Sorten anpassen; alternative	Ja	Ja	Ja	Nein
				Biodiversität sinkt		Nein	Nein	Nein	Ja
		Sicherheit	sinkt	Schadstoffe (Pestizide, Schwermetalle, Aflatoxine), Erreger	Anpassung der Kontrollen	Ja	Ja	Ja	Ja
		Qualität	sinkt	Nährstoffgehalt		Ja	Ja	Ja	Ja
		Verfügbarkeit (Availability)	sinkt	Flächenknappheit	mehr landwirtschaftliche Flächen; mehr Importe	Ja	Ja	Ja	Nein
				Flächenknappheit	Anbau von Futterpflanzen für Bienen	Nein	Nein	Nein	Ja
					Zufütterung, insb. bei Weide und Alp	Ja	Nein	Nein	Nein
		Zugang (Accessability)	unverändert			Ja	Ja	Ja	Nein
			sinkt	längere Flugstrecken notwendig	Zufütterung	Nein	Nein	Nein	Ja
		Aufnahme	erniedrigt	Hitzestress	Massnahmen Stallklima/Schattenquellen	Ja	Ja	Ja	
Trinkwasser	Quellen und Grundwasser (80%)	Verfügbarkeit	schwankt regional/saisonal	Temporär eingeschränkte Verfügbarkeiit von Grundwasser	Wasserspeicherung; Genetik (Hitzeresistenz) Wasserwirtschaftliche Anpassungsmassnahmen	Ja	Ja	Ja	Nein
		Sicherheit und Qualität	sinkt	mehr Schadstoffe aus Landwirtschaft (mehrheitlich Nitrat und Pestizide) Überschwemmung	Filter	Ja	Ja	Ja	Nein
	Oberflächenwasser (20%)	Verfügbarkeit	unregelmässig	Überschwemmung/Dürre	Wasserspeicherung; Genetik (Hitzeresistenz)	Ja	Ja	Ja	Ja
		Verfügbarkeit	unregelmässig		Wassertröge auf Alp	Ja	Ja	Nein	Nein
		Sicherheit und Qualität	sinkt	Algenbildung (Cyanobakterien)	Filter	Ja	Ja	Ja	Ja
Haltung	Reine Stallhaltung	Sicherheit	beeinträchtigt	Überflutung	bauliche Massnahmen	Ja	Ja	Ja	Nein
		Stallklima	beeinträchtigt	Hitzestress/Feuchtigkeit	verbesserte Lüftung; Warn- und Alarmsysteme	Ja	Ja	Ja	Nein
	Stallhaltung mit beschränktem Auslauf	Sicherheit	beeinträchtigt	Überflutung	bauliche Massnahmen	Ja	Ja	Ja	Nein
				Hitzestress	verbesserte Lüftung; Warn- und Alarmsysteme	Ja	Ja	Ja	Nein
	Freiland	Sicherheit	beeinträchtigt	Überflutung, Hitze, Dürre	Witterungsschutz	Ja	Ja	Ja	Nein
	Alp	Sicherheit	beeinträchtigt	Zugangswege und Weideflächen durch Steinschlag und Geröllabgang gefährdet	Zugänge sichern; alternative Routen	Ja	Ja	Nein	Nein
	Bienenstock	Stockklima	beeinträchtigt	Hitze, gestörte Brutpflege	Klimatisierung	Nein	Nein	Nein	Ja
	Habitat	Qualität	beeinträchtigt	grössere Temperatur-schwankungen; invasive Spezies	Zucht auf Widerstandfähigkeit	Nein	Nein	Nein	Ja
Transport		Tierschutz	beeinträchtigt	Hitzestress	Ventilation, Kühlung, Wasserversorgung, kürzere Transportwege, alternative Transportzeiten	Ja	Ja	Ja	Nein
Krankheit	Endemisch	Diversität der Erreger/Pathogene	erhöht		Impfungen; Medikamente	Ja	Ja	Ja	Nein
					Kapazität Vetdienst ausbauen; Genetik: Krankheitsresistenz	Ja	Ja	Ja	Ja
		Häufigkeit	erhöht		Kapazität Vetdienst ausbauen	Ja	Ja	Ja	Ja
					Impfungen; Medikamente	Ja	Ja	Ja	Nein
					Schutz vor Vektoren	Ja	Ja	Ja	Nein
		Vektoren	beeinträchtigt	häufigeres Auftreten von Vektoren, Verschiebung der Habitate	Prävention, Bekämfung	Ja	Ja	Ja	Nein
	Neuaufkommend (*emerging*)	Diversität des Erregers/Pathogens	erhöht		Von anderen Ländern lernen; verbesserte Überwachung; verbesserter Informationsaustausch; Genetik: Krankheitsresistenz	Ja	Ja	Ja	Ja
		Häufigkeit	erhöht			Ja	Ja	Ja	Ja
		Vektoren	erhöht, verändert	Auftreten von neuen Vektoren	Prävention, Bekämfung	Ja	Ja	Ja	Nein
	nicht übertragbar	Häufigkeit	erhöht	Herz-Kreislauf-Krankheiten, Metabolische Erkrankungen durch verminderte Futteraufnahme (v.a. Rinder) durch Hitzestress.	Genetik, Anpassung Stallklima	Ja	Ja	Ja	Nein

5.1.2 Öffentliche Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Im One-Health Kontext steht ebenfalls die öffentliche Gesundheit. Für die vorliegende Studie wurden vor allem Aspekte berücksichtigt, die indirekte Auswirkungen über die Schnittstelle Tier-Mensch haben. Für den Menschen sind daneben natürlich auch andere direkte Einwirkungen relevant, die sich teilweise aus den Einwirkungen bei den Nutztieren ableiten lassen (zum Bespiel Trinkwasser, Futter bzw. pflanzliche Nahrung oder Hitzestress; Abbildung 3).

Die Anzahl der zoonotisch bedingten Krankheitsfälle in der Schweiz bekräftigt die Relevanz Übertragung von potentiellen Krankheitserregern vom Tier auf den Menschen. Mit 7'675 bestätigten Fällen war Campylobacteriose im Jahr 2018 die am häufigsten gemeldete zoonotische Erkrankung beim Menschen, gefolgt von Salmonellose (1'467 Fälle) und Verotoxin-bildenden Escherichia coli (VTEC, 822 Fälle)[50]. Von 1'735 Pouletfleischproben (Schlachttierkörper und Fleisch) wurden 24.1% positiv auf Campylobacter getestet. Da sich wärmere Temperaturen generell positiv auf die Vermehrung von Mikroorganismen auf Schlachttierkörpern auswirken und zusätzlich eine Zunahme von Grillanlässen bei schönem und warmem Wetter zu erwarten ist, dürfte sich diese Problematik in der Zukunft eher noch verschärfen. Vermehrte Freizeitaktivitäten führen ebenfalls zu einer potenziellen längeren Exposition zu Vektoren und somit von diesen übertragenen Erkrankungen. Des Weiteren ist durch die vermehrten Freizeitaktivitäten eine Zunahme der Interaktion zwischen Mensch und Tier (sowohl Nutztiere als auch Wildtiere) zu erwarten, was das Potential der Übertragung von zoonotischen Krankheiten zusätzlich erhöht.

Der Klimawandel hat ebenfalls zentrale Auswirkungen auf die Kühlkette[51]. Es ist anzunehmen, dass diese vermehrt belastet wird, bzw. die Herausforderungen, diese stetig aufrechtzuhalten, grösser werden. Daraus ergeben sich neue Risiken. Ein Zusammenhang zwischen einem Temperaturanstieg und dem Auftreten von lebensmittelbedingten Erkrankungen konnte mehrfach gezeigt werden[52–54].
Zudem werden bei wärmeren Temperatur auch andere Freizeitaktivitäten wie das Schwimmen in Seen zunehmen, was das Risiko einer Infektion mit Cyanobakterien in belasteten Gewässern erhöhen könnte[40].

Des Weiteren wird die Lebensmittelsicherheit direkt beeinflusst, sowohl durch Einflüsse im Inland als auch durch lokale Einwirkungen im Herkunftsland.
Insgesamt begünstigen wärmere Temperaturen eine Vermehrung von biologischen Mikroorgansimen, insbesondere deren von Bakterien in Lebensmitteln tierischer Herkunft. Ein weiterer wichtiger Faktor sind Kontaminanten aus der Umwelt. Durch eine Häufung von Starkniederschlägen sowie allfälligen lokalen Überschwemmungen werden Böden und Flussbette ausgewaschen und somit potenzielle Kontaminanten wie Schwermetalle, Pestizide, PCBs, Dioxine oder andere Altlasten freigesetzt. Diese können Gewässer verunreinigen und werden direkt oder über Bewässerungssysteme zurück in die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion eingetragen.

Abbildung 3: Tabellarische Zusammenfassung der Auswirkungen des Klimawandels und möglichen Adaptionsmassnahmen in Bezug auf A) öffentliche Gesundheit und B) Lebensmittelsicherheit in der Schweiz

A)

Einfluss-faktoren	Aspekte	Effekt des Klimawandels	Konsequenzen	Folge-Konsequenzen	Kritische Punkte	Adaptions-mechanismen (Beispiele)
Umwelt	Freizeitverhalten	Mehr Aktivitäten im Freien	Mehr Interaktionen Mensch/Tier	Mehr Potenzial für Krankheitsübertragung		Prävention/Information
				Mehr Konflikte Mensch/Tier		Information; Raumplanung
			Mehr Konsum von Nahrungsmitteln im Freien inkl. Grillieren	Lebensmittelreste und -abfälle im Freien	Biosicherheit	Prävention/Information, Kontrollen
				Risiko von Infektionskrankheiten bei ungenügender Hygiene steigt	Zoonosen	Prävention/Information
			Mehr Schwimmen in Oberflächenwasser	Erhöhtes Expositionsrisiko Schadorganismen	Cyanobakterien (Beispiel)	Prävention/Information
	Flächen-nutzung	Verknappung von landwirtschaftlichen Flächen	Mehr Interaktionen Mensch/Tier	Mehr Potenzial für Krankheitsübertragung	Zoonosen	Prävention/Information
Krankheiten	Übertragbar	Mögliche Ausbreitung und/oder Vermehrung von Pathogenen	Steigendes Risiko für Infektionskrankheiten	erhöhtes Krankheitsrisiko	Zoonosen	Überwachung, Information, Vektorbekämpfung, Impfung
	nicht übertragbar	Hitzeperioden wirken sich auf Organismus/Kreislauf aus	Mehr Hitzschläge	Mehr Krankheits- und Todesfälle	Besondere Gefährdung bestimmter Risikogruppen (Kleinkinder, ältere Menschen)	Prävention/Information
	Vektoren	Einschleppung/Ansiedlung neuer Vektoren	Einschleppung neuer Krankheiten	erhöhtes Krankheitsrisiko	Vektorkompetenz	Überwachung, Prävention, Bekämpfung
		Ausbreitung vorhandener Vektoren	Verbreitung bestehender Krankheiten	erhöhtes Krankheitsrisiko	Vektorkompetenz	Überwachung, Information, Vektorbekämpfung, Impfung

B)

Kühlkette	Kapazitäten	Unterbrüche in der Kühlkette (Hitzeperioden)	Mögliche Qualitätseinbussen oder Sicherheitsrisiken bei unbemerkten Unterbrechungen der Kühlkette	Beeinträchtigung von Lebensmittelsicherheit, sowie Sicherheit und Wirksamkeit von Medikamenten und Impfstoffen	Lebensmittelsicherheit	Überwachung, Robustheit der Kühlketten verstärken (Isolation, Kühlleistung)
Rückstände und Kontaminanten	Mikrobiologische Kontaminanten	Vermehrung von Pathogenen in Roh- und Endprodukten	Keimbelastung in Lebensmitteln steigt	Infektionsdruck steigt	Lebensmittelsicherheit	Prävention, Überwachung, Kontrollen, Bekämpfung
	Chemische Kontaminanten & Toxine	Auswaschung des Bodens durch Starkniederschläge/ Überschwemmungen	Vermehrte Auswaschung von Pestiziden/Herbiziden, Altlasten, PCBs, Dioxinen, Dünger, Schwermetallen	Kontamination von Wasserquellen und Rohprodukten in der Landwirtschaft	Mögliche Rückführung durch Bewässerung in der Landwirtschaft	Überwachung, Kontrollen
		Vermehrte Produktion von Mykotoxinen	Kontamination von Lebensmitteln	Infektionsdruck steigt	Indirekte Aufnahme durch Tierprodukte von Tieren, die kontaminierte Futtermittel verzehrt haben	Prävention, Überwachung, Kontrollen
		Vermehrter Einsatz von Arzneimittel in der Tierproduktion	Erhöhung der Arzneimittelrückstände in Lebensmitteln tierischer Herkunft	Mehr Rückstände in tierischen Lebensmitteln	Lebensmittelqualität -und sicherheit	Prävention, Überwachung, Kontrollen
			Erhöhung der Arzneimittelrückstände in der Umwelt	Mehr Rückstände in Rohrprodukten aus der Landwirtschaft	Mögliche Rückführung durch Bewässerung in der Landwirtschaft	Prävention, Überwachung, Kontrollen
	Import	Neuauftreten oder Vermehrung von spezifischen Kontaminanten im Herkunftsland	Beeinträchtigung der Lebensmittelsicherheit	Infektionsdruck steigt	Spezifität für das Herkunftsland, neuauftretende Gefahren (*emerging hazards*)	Überwachung, Kontrollen

5.1.3 Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorgenommenen Analyse können die folgenden Schlussfolgerungen in Bezug auf den Schweizer Kontext gezogen werden.

- Es bestehen erhebliche Parallelen zwischen den klimatischen Einflüssen auf die Produktionsfaktoren bei Rindern, Schweinen und Geflügel. Dies gilt sowohl für kritische Aspekte als auch für Anpassungsmöglichkeiten. Art-spezifische Effekte sind (auf der vorliegenden Detailebene) bei diesen Spezies die Ausnahme.
- Sowohl beim Futter als auch beim Trinkwasser sind Qualität und verfügbare Quantität von klimatischen Einflüssen betroffen. Für Importfutter gelten zusätzliche spezifische Aspekte.
- Der Krankheitsdruck wird zunehmen. Übertragbare Krankheiten werden ihre Verbreitungsgebiete verlagern (sowohl in neue Gebiete vordringen als auch potenziell sich aus alten zurückziehen). Zusätzlich ist mit neu auftretenden und neuartigen Krankheiten zu rechnen, sowohl für Menschen, Tiere als auch Pflanzen. Diese sind jedoch nur sehr bedingt jetzt schon konkret zu benennen. Auch muss mit bisher unbekannten Erregern und Krankheiten gerechnet werden. Dies zum einen durch eine Ausbreitung kompetenter Vektoren und Überlappung von Habitaten von bislang separierten Vektoren und zum anderen durch einen erhöhten bzw. verlängerten Aktivitätszeitraum entsprechender Vektoren.
- Von Seiten der öffentlichen Gesundheit und unter Beachtung des *One Health* Komplexes sind zwei Aspekte von besonderer Relevanz: zoonotische Infektionskrankheiten und durch Lebensmittel verursachte Erkrankungen

Des Weiteren können unter der Betrachtung aller einfliessender Elemente in die Vorstudie die folgenden allgemeine Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Zwischen den Ausprägungen des Klimas in Wetterereignissen und der Gesundheit von Tieren und Menschen (sowie der Sicherheit von Lebensmitteln) besteht ein komplexes, verzweigtes, vielfältiges und Rückkoppelungen enthaltendes Geflecht aus Ursachen und Wirkungen.
- Eine isolierte Betrachtung von einzelnen Wirkungsketten zielt immer zu kurz, wenn es um die Prognose einzelner Wirkungen geht. Andererseits ist der Gesamteffekt mehrerer Ursachen auf die gleiche Wirkung hin oft kaum abzuschätzen.
- Die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels stellen gegenüber den heutigen Herausforderungen und Risiken eher quantitative als qualitative Veränderungen dar, das heisst es wird mehrheitlich eine Verstärkung bereits bekannter Auswirkungen erwartet und weniger ein Aufkommen von komplett neuen Phänomenen.
- Es bestehen zweierlei Kategorien von Anpassungsmöglichkeiten:
    - Hochspezifische Massnahmen, wie z.B. das Heranzüchten hitzeresistenterer Schweinerassen oder bauliche Anpassungen wie die Vernebelung von Wasser in Kuhställen zur Abkühlung. Diese sind sinnvoll, wo hinreichend sichere und spezifische Prognosen gemacht werden können (z.B. vermehrtes Auftreten von Hitzeperioden im Sommer).
    - Allgemeine Massnahmen, um das Ganze System der Tierhaltung, Lebensmittelproduktion und Humangesundheit robuster zu machen. Hierzu gehören die Fähigkeit, Veränderungen rasch und zuverlässig zu erkennen (z.B. Überwachung auf Krankheitserreger), auf (im Einzelnen noch unbekannte) Veränderungen rasch zu reagieren (z.B. die Einführung neuer diagnostischer Methoden in Labors vorbereiten), sowie der Einbau von Alternativen und Redundanzen in Beschaffungswegen (z.B. Einfuhr alternativer Futtermittel durch Handelsverträge absichern). Allgemeine Massnahmen sind sinnvoll, wo keine spezifischen Prognosen getroffen werden können, was sehr häufig der Fall ist.

6 Empfehlungen

Basierend auf den obigen Analysen und Erwägungen empfehlen wir dem BLV vier Themenblöcke für den Forschungsaufruf Klimawandel – One Health (s.u.).

Weiterhin empfehlen wir dem BLV aufgrund der Komplexität und Mehrdimensionalität der Fragestellungen im Zusammenhang Klimawandel – *One Health* und der oben immer wieder betonten Verflechtung der Wirkungsketten, die Fragestellungen des Forschungsaufrufs nicht isoliert, sondern konzertiert bearbeiten zu lassen und Wert auf die Gesamtschau zu legen. Dies muss bei der Bearbeitung der Forschungsfragen von vornherein berücksichtigt werden, beispielsweise indem einheitliche Szenarien, Definitionen und Grundannahmen verwendet werden. Die Komplexität und Mehrdimensionalität wird ebenfalls im Ansatz der folgenden Fragestellungen berücksichtigt, indem die sich die Fragen nicht auf einzelne Ursachen und Wirkungen beziehen, sondern die Zielsetzungen vielmehr eine Analyse auf der Systemebene eines Netzwerks erlauben, um alle zugehörigen Aspekte miteinzubeziehen.

1) Was wir bereits über den Klimawandel im One-Health Kontext wissen - und was es bedeutet

Warum?
Wie im Kapitel 4.2.4 beschrieben laufen in der Schweiz zahlreiche Forschungsprogramme zum Thema Klimawandel oder sind bereits abgeschlossen. Um die Komplexität der Fragestellung zu reduzieren, fokussieren sich diese Arbeiten auf einen Blickwinkel oder eine bestimmte Dimension (technisch, soziologisch, ökonomisch, politisch, etc.). So ist es wahrscheinlich, dass zahlreiche Arbeiten den Bereich *One Health* betreffen, auch wenn sie nicht unter diesem Blickwinkel bearbeitet wurden.

Fragestellung
Welche Erkenntnisse lassen sich aus laufenden und abgeschlossenen Forschungsprogrammen und anderen Aktivitäten in der Schweiz über den Zusammenhang Klimawandel-One Health gewinnen, unabhängig von der ursprünglichen Zielsetzung dieser Arbeiten? Nicht "was weiss man über…?", sondern "Was bedeutet das für…?". Welches Gesamtbild ergibt sich aus den einzelnen 'Mosaiksteinchen'?

Zielsetzung
Es soll vermieden werden, dass vorhandenes Wissen unberücksichtigt bleibt, nur weil seine Relevanz nicht erkannt wurde. Deshalb ist einerseits eine Metaanalyse sämtlicher laufender und abgeschlossener Forschungsprogramme in der Schweiz zum Thema Klimawandel durchzuführen im Hinblick auf die Relevanz dieser Arbeiten für *One Health*. Andererseits ist eine Synthese aus allen diesen Erkenntnissen durchzuführen und ein Gesamtbild zu erstellen.

Relevanz für das BLV
Unter den laufenden und abgeschlossenen Forschungsprogrammen in der Schweiz zum Thema Klimawandel und *One Health* sind mutmasslich einige, aber nicht alle von unmittelbarer Relevanz für das BLV. Diese lassen sich entweder *ex post* aus der vorgeschlagenen Metaanalyse herauslösen oder sie könnten *ex ante* in einer separaten Metaanalyse nur für das BLV identifiziert werden. Beide Ansätze haben zum Ergebnis, dass ein Überblick ermöglicht wird über die BLV-relevanten Forschungsprogramme sowie eine Synthese aus deren BLV-relevanten Erkenntnissen.

2) Detaillierte Auswirkungen des Klimawandels auf die schweizerische Tier- und Pflanzenproduktion zur Gewinnung von Tierfutter und Lebensmitteln

Warum?
Die Schweiz ist – mutmasslich noch mehr als viele andere Länder – trotz ihrer geringen flächenmässigen Grösse ein sehr heterogenes Land, sowohl was die räumliche Verteilung der Produktionsstandorte anbelangt als auch im Hinblick auf ihre klimatischen Verhältnisse. Letzteres ist primär der Tatsache geschuldet, dass die Schweiz als Alpenland über ein markantes Höhenprofil verfügt. Der Klimawandel wird dementsprechend die Schweiz und ihre Tier- und Pflanzenproduktion nicht in einer homogenen Art und Weise treffen, sondern die Auswirkungen sind regional und teilweise bereits von Tal zu Tal verschiedenartig. Durchschnittswerte sind wenig aussagekräftig. Um eine robuste und womöglich sogar quantitative Aussage über die Auswirkungen des Klimawandels machen zu können, sind detaillierte räumliche Analysen notwendig.

Fragestellung 1
Welcher Anteil der schweizerischen Nutztier- und Pflanzenproduktion *ist welchen klimatischen Veränderungen unterworfen? (Aufgeteilt nach Spezies und Regionen)*

Zielsetzung 1
Es soll eruiert werden, welcher Anteil bestimmter Produktionsstätten und Flächen welchen konkreten klimatischen Veränderungen unterworfen ist und welche Risiken damit verbunden sind. Z.B.: Welcher Anteil der Schweineproduktionsbetriebe (bzw. der Schweinepopulation) befindet sich in Lagen von zunehmender Überflutungsgefahr? Welcher Anteil des Weidelandes für Rinder wird in welchem Ausmass Hitzeperioden aufweisen? Welcher Anteil der Produktionsfläche für bestimmte Futtermittel ist zukünftig dürregefährdet oder durch Hanginstabilität bedroht? Aus dieser Risikokartierung können später Präventions- und Anpassungsmassnahmen abgeleitet und priorisiert werden.

Relevanz für das BLV
Klimatische Auswirkungen auf die Tierproduktion betreffen – sofern sie ein bestimmtes Ausmass erreichen – die Tiergesundheit und/oder das Tierwohl. Zusätzlich kann die Lebensmittelsicherheit betroffen sein. Insofern sind sämtliche Aspekte der oben beschriebenen Analyse betreffend Nutztierproduktion relevant für das BLV.
Bei den Nutzpflanzen ist eine unmittelbare Relevanz nur gegeben, wenn die Lebensmittelsicherheit betroffen ist.
Eine hochauflösende Kartierung ist daher für BLV primär für die klimatischen Auswirkungen hinsichtlich der Tierproduktion von Interesse.

Fragestellung 2
Welche Erkenntnisse kann die Schweiz aus dem Vergleich mit anderen Ländern und Regionen gewinnen, die heute bereits über klimatische Verhältnisse verfügen, die für die Schweiz prognostiziert werden?

Zielsetzung 2
Die Klimaprognosen für die Schweiz sehen eine Verschiebung der klimatischen Zonen vor. Jedoch werden keine Klimaverhältnisse vorhergesagt, die nicht bereits heute in anderen Ländern und Regionen existieren. Die Erfahrungen dieser Länder und Regionen sind – wenn auch nur in bedingtem Ausmass – von Relevanz für die Schweiz. Es soll untersucht werden, welche Aussagen über die Verbindung zwischen Klima einerseits und *One Health*-Aspekten andererseits (z.B. Auftreten von Vektor-übertragenen Krankheiten, gesundheitsrelevantes Freizeitverhalten, Kontamination von Lebensmitteln) auf die Schweiz übertragen werden

können und welche aufgrund von sozioökonomischen, kulturellen oder anderen Unterschieden nicht.

Relevanz für das BLV
Die Erfahrungen der zuständigen Behörden hinsichtlich Tiergesundheit, Tierschutz und Lebensmittelsicherheit sind alle für BLV vorderhand von Relevanz und können als Input für die Erarbeitung einer Anpassungsstrategie dienen. Sie können von den Behörden gezielt und ohne grössere Überschneidung mit den Zuständigkeitsbereichen anderer Behörden abgerufen und analysiert werden.

3) Auswirkungen des Klimawandels auf inländische und grenzüberschreitende Warenströme

Warum?
Die Produktion und Verarbeitung von Lebensmitteln ist in sehr hohem Mass abgestützt auf den Transport von Waren, sowohl innerhalb der Schweiz als auch grenzüberschreitend. Hierzu zählen unter anderem: Dünger, Saatgut, Herbizide, Pestizide, Futtermittel, Impfstoffe, Medikamente, Diagnostika, primäre Agrarprodukte, Lebensmittelvorstufen und Verbraucherprodukte, sowie Wasser. Hinzu kommen die Lebendtransporte von Jung- und Schlachttieren. Der Transport aller dieser Tiere und Waren ist auf eine funktionierende Infrastruktur und Transportmittel angewiesen. Bei einigen Waren kommt aus Gründen der Qualitätssicherung die Notwendigkeit einer unterbruchsfreien Kühlkette hinzu. Beim Transport lebender Tiere ist ein Schutz vor Hitze notwendig. Der Klimawandel erschwert die Aufrechterhaltung einer funktionierenden Verkehrsinfrastruktur und erhöht insbesondere die Anforderung and Kühlketten und Hitzeschutz.
Der Import von Waren aus dem Ausland ist zusätzlich gefährdet, wenn sich in den jeweiligen Quellenländern die Produktionsfaktoren durch klimatische Veränderungen verschlechtern (z.B. Ernteausfälle bei Soja, vermehrter Einsatz von Pestiziden etc.).

Fragestellung 1
In welchem Ausmass sind die schweizerischen Transportströme durch klimatische Veränderungen bedroht und wo bestehen kritische Engpässe?

Zielsetzung 1
Es ist zu eruieren, welche Warenströme, die für die Produktion, Verarbeitung und Verteilung von Lebensmitteln relevant sind, zukünftig aufgrund von Klimaveränderungen Transportrestriktionen unterliegen und was deren Konsequenzen sind. Beispiele: In welchem Ausmass können Restriktionen aus Tierschutzgründen (Hitze) den Transport von Schlachttieren beeinträchtigen? Was sind die Konsequenzen für die Versorgung der Bevölkerung mit verderblichen Lebensmitteln, wenn die Kühlkapazität beim Transport während Hitzeperioden nicht mehr ausreicht? Welche Regionen können hinsichtlich des Transports von Tieren, Futtermitteln, Wasser oder hinsichtlich tierärztlicher Versorgung allenfalls kritisch betroffen sein, wenn Zufahrtswege durch Steinschlag, Murgang, Unterspülung oder Überschwemmung temporär unbenutzbar werden?

Relevanz für das BLV
Transportrestriktionen sind unmittelbar relevant für das BLV, wenn sie den Tierschutz oder die Lebensmittelsicherheit betreffen. Resultierende Versorgungsengpässe können, müssen aber nicht BLV-relevant sein. Es wird daher ein zweiteiliges Vorgehen vorgeschlagen: einerseits eine Analyse der Transportrestriktionen von Tieren aus klimatischen Gründen (Hitzeschutz), unabhängig von der Verkehrsinfrastruktur. Andererseits eine Analyse der für

das BLV relevanten Auswirkungen, wenn spezifische Transportwege ausfallen. Letztere Analyse basiert idealerweise auf einer Kartierung kritisch betroffener Verkehrswege, welche unabhängig von den Belangen des BLV erstellt wird/wurde.

Fragestellung 2
Welche kritischen Abhängigkeiten bestehen für die Schweiz vom Warenimport aus dem Ausland zur Sicherung der Versorgung von Nutztieren und der Lebensmittelproduktion? Welche alternativen Beschaffungswege könnten vorbereitet werden?

Zielsetzung 2
Ein erheblicher Teil der in der Schweiz verwendeten Futtermittel stammt aus dem Ausland. Der dortige Anbau der entsprechenden Futterpflanzen kann durch klimatische Veränderungen beeinträchtigt oder verunmöglicht werden. Es soll umfassend zusammengestellt werden, welche Futtermittelimporte diesbezüglich welchen Risiken unterliegen, so dass zumindest für identifizierte Klumpenrisiken alternative Beschaffungswege sondiert werden können. Der Import von Lebensmitteln für die menschliche Ernährung ist diesen Risiken mutmasslich weit weniger unterlegen, da er bereits jetzt vielfältiger und breiter abgestützt ist. Dies könnte jedoch im Rahmen der Untersuchung überprüft werden.

Relevanz für das BLV
Quantitative Veränderungen bei bestehenden Versorgungswegen sind nicht von direkter Relevanz für das BLV. Jedoch können auch qualitative Veränderungen (z.B. erhöhte Risiken für die Lebensmittelsicherheit) auftreten. Dieser sollte sich das BLV in einer eigenen Analyse gewärtig werden und als Basis für eine Anpassungsstrategie berücksichtigen.

4) Evaluierung der technischen Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel in der Tierproduktion und Lebensmittelverarbeitung

Warum?
Zahlreiche spezifische Möglichkeiten zur Anpassung der Produktion von Tieren und Lebensmitteln an das zukünftige Klima sind prinzipiell bekannt oder zumindest vorstellbar. Hierzu gehört die Zucht von Pflanzen- und Tierrassen auf die Resistenz gegen Wettereinflüsse, bauliche und technische Massnahmen gegen Extremwetterereignisse und zur Erhöhung der Biosicherheit, Wasseraufbereitung und Speicherung, und viele andere mehr. Die Praktikabilität und Wirksamkeit (incl. Kosteneffizienz) im schweizerischen Kontext ist oft nicht bekannt.

Fragestellung 1
Welche spezifische Möglichkeiten zur Anpassung der Produktion von Tieren und Lebensmitteln an das zukünftige Klima der Schweiz sind praktikabel und wirksam? Was wären die Folgewirkungen ihrer Einführung?

Zielsetzung 1
Bekannte spezifische Anpassungsmöglichkeiten sollen katalogisiert und auf ihre Anwendbarkeit und Effizienz in der Schweiz hin, sowie auf ihre Folgewirkungen überprüft werden. So könnte beispielsweise die Einführung hitzeresistenter Tierrassen zur Folge haben, dass die Erträge sinken, die Futtermittel angepasst werden müssen oder die Anfälligkeit für bestimmte Krankheiten steigt. Schattenspendende Bäume auf Weideflächen können möglicherweise Wildtiere anziehen. Bauliche Massnahmen zur Kühlung von Ställen oder Transportfahrzeugen können die Produktionskosten bestimmter Lebensmittel möglicherweise signifikant erhöhen. Eine Gesamtschau auf diese Effekte kann als Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der wirksamsten und effizientesten Anpassungsmassnahmen dienen.

Relevanz für das BLV
Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel hinsichtlich Tiergesundheit, Tierschutz und Lebensmittelsicherheit sind allesamt direkt für das BLV relevant und sollten eigens für diesen Zweck katalogisiert werden.

Fragestellung 2
Inwiefern sind allgemeine Anpassungsmöglichkeiten (siehe 5.1.3) bereits in der Schweiz etabliert? Welche zusätzlichen Massnahmen können ergriffen werden?

Zielsetzung 2
Allgemeine Anpassungsmöglichkeiten dienen, wie oben erörtert, der Robustheit des gesamten Systems von Tier- und Lebensmittelproduktion sowie öffentlicher Gesundheit: Überwachung, Flexibilität, Redundanzen, Reserven. Das System und die ihm zugrunde liegenden Abläufe sollen auf diese Aspekte hin überprüft und ggf. Verbesserungspotenzial identifiziert werden.
Derlei allgemeine Massnahmen müssen nicht zwingend im Hinblick auf den Klimawandel eingeführt werden oder eingeführt worden sein, auch andere Motive sind möglich. Insofern ist es zwar sinnvoll, diese Zielsetzung in den Forschungsaufruf Klimawandel und *One Health* aufzunehmen, jedoch kann das Thema ebenso plausibel in anderem Kontext bearbeitet werden.

Relevanz für das BLV
Eine Analyse des Gesamtsystems zur Herstellung und Verteilung von sicheren Lebensmitteln in der Schweiz hinsichtlich seiner Robustheit liesse sich nur schwer auf die Zuständigkeitsbereiche der jeweils zuständigen Ämter herunterbrechen. Stattdessen schlagen wir vor, im Sinn einer *'bottom up'*-Analyse die Zuständigkeitsbereiche des BLV separat einer solchen Analyse zu unterziehen und die Ergebnisse mit den Behörden, zu welchen thematische Schnittstellen bestehen, zu teilen.

7 Referenzen/Bibliographie

1. Kniel, K. E. & Spanninger, P. Preharvest Food Safety Under the Influence of a Changing Climate. *Preharvest Food Saf.* **5**, 261–271 (2017).
2. Jaykus, L., Woolridge, M., Michael, J., Miraglia, M. & Mcquatters-gollop, A. *Climate Change: Implications for Food Safety*. (2008).
3. Miraglia, M. *et al.* Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. *Food Chem. Toxicol.* **47**, 1009–1021 (2009).
4. Cann, K. F., Thomas, D. R., Salmon, R. L., Wyn-Jones, A. P. & Kay, D. Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiol. Infect.* **141**, 671–686 (2013).
5. FAO. *World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals.* (2018). doi:978-92-5-130883-7
6. Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A. & Frank, J. M. Climate change and food safety: A review. *Food Res. Int.* **43**, 1745–1765 (2010).
7. HLPE. *Biofuels and food security.y. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. (2013).
8. Dhankher, O. P. & Foyer, C. H. Climate resilient crops for improving global food security and safety. *Plant Cell Environ.* **41**, 877–884 (2018).
9. FAO. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security.* (2017).
10. Rowlinson, P., Steele, M. & Nefzaoui, A. Livestock and Global Climate Change. in *International Conference Livestock and Global Climate Change* (Cambridge University Press, 2008).
11. FAO. *Climate change and food security: Risks and responses*. *Nations, Food and Agriculture Organization of the United* (2016). doi:10.1080/14767058.2017.1347921
12. Rojas-Downing, M., Nejadhashemi, P., Harrigan, T. & Woznicki, S. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.* **16**, 145–163 (2017).
13. Dumont, B. *et al.* A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass Forage Sci.* **70**, 239–254 (2015).
14. Zain, M. E. Impact of mycotoxins on humans and animals. *J. Saudi Chem. Soc.* **15**, 129–144 (2011).
15. MacFadden, D. R., McGough, S. F., Fisman, D., Santillana, M. & Brownstein, J. S. Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nat. Clim. Chang.* **8**, 510–514 (2018).
16. OcCC/ProClim. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. in (2007).
17. Porter, J. *et al.* Food Security and Food Production Systems. in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report* 485–533 (2014).
18. Porter, J. R. *et al.* Climate change and bioenergy challenges for food and agriculture. *Clim. Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability - Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep.* **2050**, 4 (2009).
19. ECDC. *Meeting report. Workshop Environmental Change and Infectious Disease. ECDC* **3**, (2007).
20. R. S. Kovats *et al.* 23. Europe. in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* 1267–1326 (2014).
21. Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L. & Prasad, C. Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation. in *Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation* 1–532 (2015). doi:10.1007/978-81-322-2265-1
22. Keraita, B. Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci.*

Nutr. Nat. Resour. **3**, (2009).
23. Campbell-Lendrum, D., Manga, L., Bagayoko, M. & Sommerfeld, J. Climate change and vector-borne diseases: What are the implications for public health research and policy? *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **370**, 1–8 (2015).
24. Thornton, P. K. & Herrero, M. *Background Paper to the 2010 World Development Report. The Inter-linkages between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Us*. (2010).
25. Cooper, K. M., McMahon, C., Fairweather, I. & Elliott, C. T. Potential impacts of climate change on veterinary medicinal residues in livestock produce: An island of Ireland perspective. *Trends Food Sci. Technol.* **44**, 21–35 (2015).
26. FAO. *Livestock solutions for climate change. FAO* (2017). doi:10.1109/CAMAP.2005.1574227
27. Wang, X., Peterson, T., Lawrimore, J. & Brunet-India, M. Monitoring the Earth's Climate. *Bulletin n° 2 vol 57* (2008).
28. Bernier, E., Gosselin, P., Badard, T. & Bédard, Y. Easier surveillance of climate-related health vulnerabilities through a Web-based spatial OLAP application. *Int. J. Health Geogr.* **8**, 1–18 (2009).
29. Lake, R., Bolton, A., Brightwell, G., Cookson, A. & Benschop, J. *MPI SLMACC-Adapting to climate change: Information for the New Zealand food system*. *Ministry for Primary Industries Sustainable Land Management and Climate Change Fund.* (2018).
30. NCCS. *CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz*. *NCCS* (2018).
31. Rubel, F., Brugger, K., Haslinger, K. & Auer, I. The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800-2100. *Meteorol. Zeitschrift* **26**, 115–125 (2017).
32. Köppen, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Petermannns Geogr. Mittteilungen* **64**, 193–202 (1918).
33. Schweizer Bauernverband. Agristat. Available at: https://www.sbv-usp.ch/de/services/agristat/. (Accessed: 12th September 2019)
34. Perring, M. P., Cullen, B. R., Johnson, I. R. & Hovenden, M. J. Modelled effects of rising CO2 concentration and climate change on native perennial grass and sown grass-legume pastures. *Clim. Res.* **42**, 65–78 (2010).
35. Moore, K. J. & Jung, H. G. Lignin and fiber digestion. *J. Range Manag.* **54**, 420–430 (2001).
36. Calanca, P. *et al.* Klimawandel und landwirtschaftliche Produktion. *AGRARForschung* **12**, 392–397 (2005).
37. Schweizerische HydrologischeKommission CHy. *Das Wasser in der Schweiz – ein Überblick*. (2013).
38. Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. 138 (2019).
39. Bruno Schädler, Nina Köplin & Rolf Weingartner. Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt 'Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz' (CCHydro). *Umwelt-Wissen Nr. 1217* 76 (2012).
40. Cyanobacteria in lakes: Risks linked to loss of diversity. *Technology., EAWAG: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. ScienceDaily* (2017). Available at: www.sciencedaily.com/releases/2017/12/171211122818.htm.
41. Hilborn, E. D. & Beasley, V. R. One health and cyanobacteria in freshwater systems: animal illnesses and deaths are sentinel events for human health risks. *Toxins (Basel).* **7**, 1374–95 (2015).
42. Gauly, M. *et al.* Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe - A review. *Animal* **7**, 843–859 (2013).
43. Vitali, A. *et al.* The effect of heat waves on dairy cow mortality. *J. Dairy Sci.* **98**, 4572–4579 (2015).
44. Vitali, A. *et al.* Analysis of factors associated with mortality of heavy slaughter pigs during transport and lairage1. *J. Anim. Sci.* **92**, 5134–5141 (2014).

45. Bundesamt für Landwirtschaft BLW. Sömmerungsbeitrag. (2019). Available at: https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/kulturlandschaftsbeitraege/soemmerungsbeitrag.html. (Accessed: 20th September 2019)
46. Bundesamt für Umwelt BAFU. Naturgefahren und Klimawandel. (2018). Available at: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/gefahrenprozesse/naturgefahren-und-klimawandel.html. (Accessed: 20th September 2019)
47. Lacetera, N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Anim. Front.* **9**, 26–31 (2019).
48. Shearer, J. K. Foot health from a veterinarian's perspective. 33–43 (1999).
49. Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B. & Nardone, A. Body condition score, metabolic status and milk production of early lactating dairy cows exposed to warm environment. *Riv. Agric. Subtrop. Trop.* **90**, 43–55 (1996).
50. BLV & BAG. *Bericht zur Überwachung von Zoonosen und lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen. Daten 2018*. (2019).
51. James, S. J. & James, C. The food cold-chain and climate change. *Food Res. Int.* **43**, 1944–1956 (2010).
52. D'Souza, R. M., Becker, N. G., Hall, G. & Moodie, K. B. A. Does Ambient Temperature Affect Foodborne Disease? *Epidemiology* **15**, 86–92 (2004).
53. KOVATS, R. S. *et al.* The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiol. Infect.* **132**, 443–453 (2004).
54. Fleury, M., Charron, D. F., Holt, J. D., Allen, O. B. & Maarouf, A. R. A time series analysis of the relationship of ambient temperature and common bacterial enteric infections in two Canadian provinces. *Int. J. Biometeorol.* **50**, 385–391 (2006).
55. Schaefli, B., Manso, P., Fischer, M., Huss, M. & Farinotti, D. The role of glacier retreat for Swiss hydropower production. *Renew. Energy* **132**, 615–627 (2019).
56. Etter, S., Addor, N., Huss, M. & Finger, D. Climate change impacts on future snow, ice and rain runoff in a Swiss mountain catchment using multi-dataset calibration. *J. Hydrol. Reg. Stud.* **13**, 222–239 (2017).
57. Schmucki, E., Marty, C., Fierz, C., Weingartner, R. & Lehning, M. Impact of climate change in Switzerland on socioeconomic snow indices. *Theor. Appl. Climatol.* **127**, 875–889 (2017).
58. Petitpierre, B. *et al.* Will climate change increase the risk of plant invasions into mountains? *Ecol. Appl.* **26**, 530–544 (2016).
59. Fuhrer, J., Smith, P. & Gobiet, A. Implications of climate change scenarios for agriculture in alpine regions - A case study in the Swiss Rhone catchment. *Sci. Total Environ.* **493**, 1232–1241 (2014).
60. Beniston, M. & Stoffel, M. Assessing the impacts of climatic change on mountain water resources. *Sci. Total Environ.* **493**, 1129–1137 (2014).
61. Pellicciotti, F., Carenzo, M., Bordoy, R. & Stoffel, M. Changes in glaciers in the Swiss Alps and impact on basin hydrology: Current state of the art and future research. *Sci. Total Environ.* **493**, 1152–1170 (2014).
62. Zubler, E. M. *et al.* Localized climate change scenarios of mean temperature and precipitation over Switzerland. *Clim. Change* **125**, 237–252 (2014).
63. Gaudard, L. *et al.* Climate change impacts on hydropower in the Swiss and Italian Alps. *Sci. Total Environ.* **493**, 1211–1221 (2014).
64. Köplin, N., Schädler, B., Viviroli, D. & Weingartner, R. Seasonality and magnitude of floods in Switzerland under future climate change. *Hydrol. Process.* **28**, 2567–2578 (2014).
65. Bavay, M., Grünewald, T. & Lehning, M. Response of snow cover and runoff to climate change in high Alpine catchments of Eastern Switzerland. *Adv. Water Resour.* **55**, 4–16 (2013).
66. Vittoz, P. *et al.* Climate change impacts on biodiversity in Switzerland: A review. *J. Nat. Conserv.* **21**, 154–162 (2013).

67. Beniston, M. Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps. *J. Hydrol.* **412**–**413**, 291–296 (2012).
68. Fischer, A. M. *et al.* Climate change projections for Switzerland based on a Bayesian multi-model approach. *Int. J. Climatol.* **32**, 2348–2371 (2012).
69. Wastl, C., Schunk, C., Leuchner, M., Pezzatti, G. B. & Menzel, A. Recent climate change: Long-term trends in meteorological forest fire danger in the Alps. *Agric. For. Meteorol.* **162**–**163**, 1–13 (2012).
70. Hirschi, M. *et al.* Downscaling climate change scenarios for apple pest and disease modeling in Switzerland. *Earth Syst. Dyn.* **3**, 33–47 (2012).
71. Beniston, M., Stoffel, M. & Hill, M. Impacts of climatic change on water and natural hazards in the Alps: Can current water governance cope with future challenges? Examples from the European 'ACQWA' project. *Environ. Sci. Policy* **14**, 734–743 (2011).
72. Pearman, P. B., Guisan, A. & Zimmermann, N. E. Impacts of climate change on Swiss biodiversity: An indicator taxa approach. *Biol. Conserv.* **144**, 866–875 (2011).
73. Fuhrer, J. *et al.* Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland. *Clim. Change* **79**, 79–102 (2006).
74. Reinhard, M., Rebetez, M. & Schlaepfer, R. Recent climate change: Rethinking drought in the context of forest fire research in Ticino, South of Switzerland. *Theor. Appl. Climatol.* **82**, 17–25 (2005).
75. Frank, T. Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland. *Energy Build.* **37**, 1175–1185 (2005).
76. Rebetez, M. & Dobbertin, M. Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps. *Theor. Appl. Climatol.* **79**, 1–9 (2004).
77. Elsasser, H. & Bürki, R. Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Clim. Res.* **20**, 253–257 (2002).
78. Haeberli, W. & Beniston, M. Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio* **27**, 258–265 (1998).

Erweiterte Biobliographie mit Quellen ohne direkte Referenzierung im Text:

Bartlow, A. W. et al. Forecasting zoonotic infectious disease response to climate change: Mosquito vectors and a changing environment. Vet. Sci. 6, (2019).
BFS. Food and Agriculture. Pocket Statistics 2019. (2019).
BFS. Swiss Agriculture. Pocket Statistics 2015. (2015).
Bundesamt für Landwirtschaft BLW. Swiss Agricultural Policy. Federal Department of Economic Affairs (2004).
Charles, H. et al. Food security: The challenge of feeding 9 Billion people. Science (80-.). 327, 73–77 (2010).
Conduto, D. S., Sanseverino, I., Luca, P. & Lettieri, T. Toward climate change impact : Vectors carrying viral infections: What we should know. (2018). doi:10.2760/260352
Cooper, K. M., McMahon, C., Fairweather, I. & Elliott, C. T. Potential impacts of climate change on veterinary medicinal residues in livestock produce: An island of Ireland perspective. Trends Food Sci. Technol. 44, 21–35 (2015).
Dumont, B. et al. A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and mediterranean areas. Grass Forage Sci. 70, 239–254 (2015).
FAO. Climate change for forest policy-makers. (2018).
EDA. Landwirtschaft. (2017). Available at: https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/en/home/wirtschaft/taetigkeitsgebiete/landwirtschaft.html. (Accessed: 27th November 2019)
Ferjani, A., Mann, S. & Zimmermann, A. An evaluation of Swiss agriculture's contribution to food security with decision support system for food security strategy. Br. Food J. 120, 2116–2128 (2018).

Fuhrer, J. & Calanca, P. Klimawandel beeinflusst das Tierwohl bei Milchkühen. *Nutztiere* **3**, 132–139 (2012).
Giridhar, K. & Samireddypalle, A. Impact of climate change on forage availability for livestock. Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation (2015). doi:10.1007/978-81-322-2265-1_7
Gregory, P. J. Climate Change and Food Security. Improv. Crop Product. Sustain. Agric. 1–22 (2005). doi:10.1002/9783527665334.ch1
Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A. & Williams, A. G. Livestock and climate change: Impact of livestock on climate and mitigation strategies. Anim. Front. 9, 69–76 (2019).
Hill, D. L. & Wall, E. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. J. Dairy Sci. 100, 2240–2257 (2017).
Hristov, A. N. et al. Climate change effects on livestock in the Northeast US and strategies for adaptation. Clim. Change 146, 33–45 (2018).
Humane Society International. An HSI Report : The Impact of Animal Agriculture on Global Warming and Climate Change. 1–27 (2011).
Hussain, M. M. et al. Impact of Heavy Metals on Plants and Animals in Relation to Sewage Water – A Review. Sci. Technol. Dev. 36, 215–226 (2017).
Laberge, B. & Rousseau, A. N. Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. Biosyst. Eng. 155, 96–123 (2017).
Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P. C. de F. & Dedieu, B. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. Agric. Ecosyst. Environ. 190, 4–8 (2014).
Leopoldina, D. A. der N. & Sciences, G. N. A. of. Ea Sac. (2015).
Livestock and Global Climate Change. in International Conference Livestock and Global Climate Change (eds. Rowlinson, P., Steele, M. & Nefzaoui, A.) (Cambridge University Press, 2008).
Masike, S. & Urich, P. The projected cost of climate change to livestock water supply and implications in Kgatleng District, Botswana. World J. Agric. Sci. 5, 597–603 (2009).
McMichael, A. J., Powles, J. W., Butler, C. D. & Uauy, R. Food, livestock production, energy, climate change, and health. Lancet 370, 1253–1263 (2007).
Molden, D. et al. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. Agric. Water Manag. 97, 528–535 (2010).
Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S. & Bernabucci, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livest. Sci. 130, 57–69 (2010).
Öncel, I., Keleş, Y. & Üstün, A. S. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environ. Pollut. 107, 315–320 (2000).
Paul, G. & Harris, P. G. Climate change Climate change. 107–118 (2011).
Pikaar, I. et al. Decoupling Livestock from Land Use through Industrial Feed Production Pathways. Environ. Sci. Technol. 52, 7351–7359 (2018).
Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T. & Woznicki, S. A. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. Clim. Risk Manag. 16, 145–163 (2017).
Samson-Robert, O., Labrie, G., Chagnon, M. & Fournier, V. Neonicotinoid-Contaminated Puddles of Water Represent a Risk of Intoxication for Honey Bees. PLoS One 9, e108443 (2014).
Savsani, H. H. et al. Impact of climate on feeding, production and reproduction of animals-A Review. Agric. Rev. 36, 26 (2015).
Veg-i-Trade. Final Project Report. Veg-i-Trade Grant Agreement n.244994. (2014).
Wang, X., Peterson, T., Lawrimore, J. & Brunet-India, M. Monitoring the Earth's Climate. Bulletin n° 2 vol 57 (2008). Available at: https://public.wmo.int/en/bulletin/monitoring-earth's-climate. (Accessed: 10th October 2019)
Weindl, I. et al. Livestock in a changing climate: Production system transitions as an

adaptation strategy for agriculture. Environ. Res. Lett. 10, 94021 (2015).
Wheeler, T. & Reynolds, C. Predicting the risks from climate change to forage and crop production for animal feed. Anim. Front. 3, 36–41 (2013).
Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L. & Xu, B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. Environ. Int. 86, 14–23 (2016).

8 Anhang

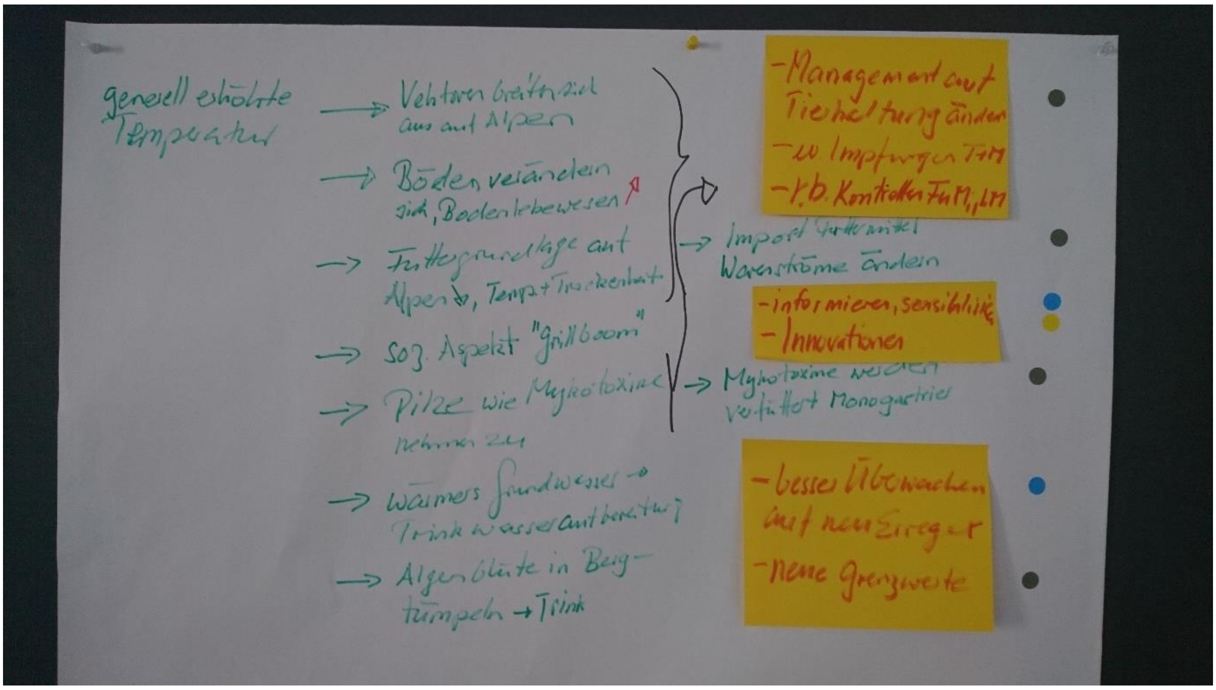
Anhang 1 -Teilnehmerliste Expertenworkshop

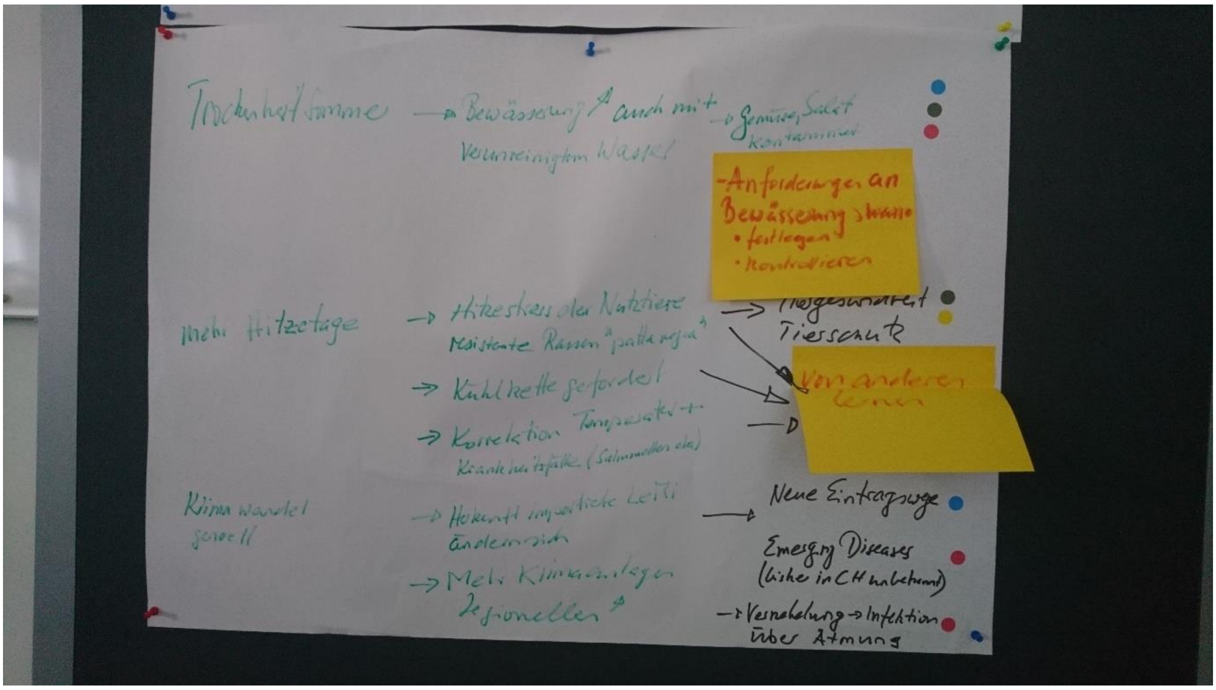
Name	Institution
Jürg Danuser	BLV
Sandra Balmer	BLV
Ulrich Sperling	SAFOSO
Isabel Lechner	SAFOSO
Linda Nartey	Kantonsarztamt Bern
Aurélie Tschopp	Kantonsarztamt Bern
Thomas Lüthi	BLV
Fabien Loup	BLV
Andreas Ewy	Kantonstierarzt Urkantone
Franz Rubel	Vetmed Uni Wien
Katharina Brugger	Vetmed Uni Wien
Sabine Vögeli	BLW
Daniel Spirgi	BAG

Anhang 2 – Agenda Expertenworkshop

Zeit	Inhalt	Verantwortlich
13.00	Willkommen	Jürg Danuser Sandra Balmer, BLV
13.10	Einführung	Ulrich Sperling / Isabel Lechner
13.20	Kurzvortrag und Diskussion	Franz Rubel / Katharina Brugger
13.50	Teil 1 - Wirkungsketten	
15.15	PAUSE	
15.35	Teil 2 - Anpassungsmöglichkeiten	
16.15	Teil 3 - Laufende und zukünftige Aktivitäten / Abgrenzung	
16.50	Zusammenfassung/Abschluss	BLV, SAFOSO
17.00	Ende der Veranstaltung	

Anhang 3 – Ergebnisse Expertenworkshop


generell erhöhte Temperatur
→ Vektoren breiten sich aus auf Alpen
→ Böden verändern sich, Bodenlebewesen
→ Futtergrundlage auf Alpen, Temp + Trockenheit
→ soz. Aspekt "Grillboom"
→ Pilze wie Mykotoxine nehmen zu
→ wärmeres Grundwasser → Trinkwasseraufbereitung
→ Algenblüte in Bergtümpeln → Trink
→ Import Futtermittel Warenströme ändern
→ Mykotoxine werden verfüttert Monogastrier
-Management auf Tierhaltung ändern
-v.b. Kontrollen FuM, LM
-informieren, sensibilisieren
-Innovationen
-besser Überwachen auf neue Erreger
-neue Grenzwerte


Trockenheit Sommer
→ Bewässerung auch mit verunreinigtem Wasser
→ Gemüse, Salat kontaminiert
-Anforderungen an Bewässerungswasser
• festlegen
• kontrollieren
mehr Hitzetage
→ Hitzestress der Nutztiere
→ Kühlkette gefordert
→ Korrelation Temperatur + Krankheitsfälle (Salmonellen etc.)
→ Tiergesundheit Tierschutz
Von anderen lernen
Klimawandel generell
→ Herkunft importierter Lebensmittel ändern sich
→ Mehr Klimaanlagen Legionellen
Neue Eintragswege
Emerging Diseases (bisher in CH unbekannt)
→ Vernebelung → Infektion über Atmung

Anhang 4 - International publizierte Literatur zum Klimawandel in der Schweiz

Author	Journal	Title	Aim of the Study	Study Type	Method	Topic
Schaefli et al., 2019	Renewable Energy	The role of glacier retreat for Swiss hydropower production	to quantify the share of Alpine hydropower production that directly relies on the waters released by glacier mass loss	original research	new method that combines recent model results	Glaciers, Hydropower
Etter et al., 2017	Journal of Hydrology: Regional Studies	Climate change impacts on future snow, ice and rain runoff in a Swiss mountain catchment using multi-dataset calibration	to predict the future changes in hydrological processes in the carchment and to assess the benefits of a MDC compared to a traditional calibration to discharge only	original research	simulation model study	Alps/Water
Schmucki et al., 2017	Theoretical and Applied Climatology	Impact of climate change in Switzerland on socioeconomic snow indices	to analyse the evaluation of key snow indices under future climatic conditions	original research	simulation model	Snow
Petitpierre et al., 2016	Ecological Applications	Will climate change increase the risk of plant invasions into mountains?	to evaluate plant invasion in high-elevation mountain ecosystems by modeling the current and future habitat suitability for 48 invasive plant species in CH and NSW (Australia)	original research	species distribution models	Alps/Plants
Fuhrer et al., 2014	Science of the Total environment	Implications of climate change scenarios for agriculture in alpine regions- A case study in the Swiss Rhone catchment	to analyse changes in water and temperature related indices for three locations (Aigle, Sion, Montana)	original research	simulation model study	Alps/Agriculture
Beniston and Stoffel, 2014	Science of the total environment	Assessing the impacts of climate change on mountain water resources	to summarize the principal highlights of the ACQWA project and to emphasize some of the elements of inter-comparison between this project and other research initiatives that in recent years have also been dedicated to water and climate issues	review	N/A	Alps/Water
Pellicciotti et al., 2014	Science of the total environment	Changes in glaciers in the Swiss Alps and impact on basin hydrology: Current state of the art and future research	to review the current knowledge on glacier changes and their impact on the hydrology of glacierised catchments in CH	review	N/A	Alps/Water

Author	Journal	Title	Aim of the Study	Study Type	Method	Topic
Zubler et al., 2014	Climate change	Localized climate change scenarios of mean temperature and precipitation over Switzerland	to extend the approach of Fischer 2012 by two more alpine regions to provide a full coverage of CH with probabilistic climate change scenarios	original research	simulation model	Climate Change Modeling
Gaudard et al., 2014	Science of the Total environment	Climate change impacts on hydropower in the Swiss and Italian Alps	to synthesize and compare the methodologies and results obtained in several studies carried out in the ACQWA project	review	N/A	Hydropower
Köplin et al., 2014	Hydrological Processes	Seasonality and magnitude of floods in Switzerland under future climate change	to analyse projected changes in the spatial and seasonal distribution of floods in Switzerland	original research	simulation model	Water (Floods)
Bavay et al., 2013	Advances in water reources	Response of snow cover and runoff to climate change in high Alpine catchments of Eastern Switzerland	to assess the climate change impact on the snow cover dynamics and runoff in Graubünden	original research	Simulation model study	Alps/Snow
Vittoz et al., 2013	Journal for Nature Conservation	Climate change impacts on biodiversity in Switzerland: A review	to review the observed impacts of climate change on biodiversity and considers some perspectives for the future at the national level	review	systematic review	Biodiversity
Beniston, 2012	Journal of Hydrology	Impacts of climate change on water and associated economic activities in the Swiss Alps	to report on various physical and socio-economic aspects of climate impacts on water regimes in the Alpine part of the Rhone river	review	N/A	Alps/Water
Fischer et al., 2012	International Journal of Climatology	Climate change projections for Switzerland based on a Bayesian multi-model approach	to describe some of the methodological background of the report (+discuss assumptions and challenges)	original research	simulation model study	Climate Modeling
Wastl et al., 2012	Agricultural and Forest Meterology	Recent climate change: Long-term trends in meteorological forest fire danger in the Alps	to study and to identify regional differences of long-term trends in meteorological fire danger caused by climate change in the Alps based on several different fire danger indices	original research	calculation of daily meteorologic based forest fire danger indices, statistical analysis	Forests

Author	Journal	Title	Aim of the Study	Study Type	Method	Topic
Hirschi et al., 2012	Earth System Dynamics	Downscaling climate change scenarios for apple pest and disease modeling in Switzerland	to analyse the effect of climate change on the agricultural pest codling moth and disease fire blight in CH	original research	Bayesian multi-model and Markov model	Plants (Apples)
Beniston et al., 2011	Environmental Science and Policy	Impacts of climatic change on water and natural hazards in the Alps: Can current water governance cope with future challenges?	to review possible future situation of the Rhone River in the Swiss part of its catchment (from Rhone Glacier to Geneva lake)	review	N/A	Alps/Water
Pearman et al., 2011	Biological Conservation	Impacts of climate change on Swiss biodiversity: an indicator taxa approach	to predict the impacts of climate change on the species richness of birds, butterflies and vascular plants in CH using an indicator species approach	original research	simulation model	Biodiversity
Fuhrer et al., 2006	Climate Change	Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland	to describe observed trends and scenarios for summer heat waves, windstorms and heavy precipitation based on results from simulations with global circulation models, impacts on agricultural systems and forests in CH	review	N/A	Agriculture/ Forests
Reinhard et al., 2005	Theoretical and Applied Climatology	Recent climate change: Rethinking drought in the context of forest fire research in Ticino, South of Switzerland	to analyse trends over the past 32 years in drought variables in the context of forest fire research and climate change in Ticino	original research	N/A	Alps/Forests
Frank, 2005	Energy and Buildings	Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland	to simulate and start the discussion about the climate change impact on energy demand with different thermal isolation levels and heat internal gains situations of buildings	original research	dynamic building simulation model	Energy/Buildings
Rebetez and Dobbertin, 2004	Theoretical and Applied Climatology	Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss alps	to analyse the relationship between current tree mortality and climatic parameters and tree mortality and drought	original research	N/A	Forests
Elsasser and Bürki, 2002	Climate Research	Climate change as a threat to tourism in the Alps	N/A	review	N/A	Alps/Tourism
Haeberli and Beniston, 1998	Ambio	Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps	to summarize the most important aspects relating to climate change, glaciers and permafrost in the Alps	review	N/A	Alps/Glaciers

Anhang 5 - Die Strategie des Bundesrates

Die Strategie des Bundesrates setzt den Rahmen für das koordinierte Vorgehen der Bundesämter bei der Anpassung an den Klimawandel.

1. Teil der Strategie:
Am 2. März 2012 verabschiedete der Bundesrat den ersten Teil seiner *Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz*[1]. Darin sind die Ziele und Grundsätze für die Anpassung auf Bundesebene formuliert, für neun Sektoren die Handlungsfelder identifiziert und die sektorenübergreifenden Herausforderungen beschrieben.

Für die Anpassung an den Klimawandel gelten die folgenden Ziele:

- Die Schweiz nutzt die Chancen, die sich aufgrund des Klimawandels ergeben.
- Sie minimiert die Risiken des Klimawandels, schützt Bevölkerung, Sachwerte und natürliche Lebensgrundlagen,
- und steigert die Anpassungsfähigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt

Auf Bundesebene ergeben sich mehrere Herausforderungen, die verschiedene Sektoren betreffen und daher sektorübergreifend angegangen werden müssen:

1. Grössere Hitzebelastung in Städten und Agglomerationen
2. Zunehmende Sommertrockenheit
3. Steigendes Hochwasserrisiko
4. Abnehmende Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen
5. Steigende Schneefallgrenze
6. Beeinträchtigung der Wasser-, Boden- und Luftqualität
7. Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft
8. Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten
9. Monitoring und Früherkennung
10. Reduktion von Unsicherheiten und Schliessen von Wissenslücken
11. Sensibilisierung, Information und Koordination
12. Ressourcenbedarf und Finanzierung

2. Teil der Strategie:
Am 9. April 2014 hat der Bundesrat einen *Aktionsplan 2014-2019*[2] verabschiedet, der 63 Anpassungsmassnahmen der Bundesämter zusammengefasst.

Ebenfalls hat das BLV im Jahr 2011 eine *Klimastrategie Landwirtschaft*[3] herausgegeben.

[1] Bundesamt für Umwelt (BAFU). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. (2012).
[2] Bundesamt für Umwelt (BAFU). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. (2012).
[3] Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft. 46 S. (2011).

Anhang 6 - Auswahl an Projekten in Zusammenhang mit dem Klimawandel in der Schweiz (Datenbank: ARAMIS)

Projekttitel	Forschungs-stelle	Projektnummer	Status	Bericht (falls verfügbar)
Anpassungsfähigkeit der Schweiz an den Klimawandel	BAFU	ExSt.2017.744	abgeschlossen	Bericht
Kriterien zur Beurteilung und Abgrenzung von Anpassungsmassnahmen	BAFU	ExSt.2019.949	abgeschlossen	Bericht
Anpassung an den Klimawandel und Überwachung in den Alpen	BAFU	8T20/16.0116.PJ	Laufend (2017-2021)	
Die Landwirtschaft für den Klimawandel fit machen und ihren Beitrag zum Klimawandel vermindern	AGS	18.17	Laufend (2018-2021)	
Landwirtschaft im Klimawandel: Analyse von Auswirkungen und Folgerungen für die Anpassung	AGS	14.41.1.2	Laufend (2014-2017)	
Klimawandel, Variabilität der Witterung und deren Bedeutung für den Futter- und Ackerbau	ART	08.31.01.01	abgeschlossen	
Verhaltensmerkmale zur Erkennung von Hitzestress bei Milchkühen in weidebasierten Haltungssystemen	BLW	17.25	Laufend (2018-2022)	

BAFU: Bundesamt für Umwelt; AGS: Agroscope; ART: Agroscope-ART, BLW: Bundesamt für Landwirtschaft

SAFOSO
Waldeggstrasse 1
CH-3097 Liebefeld

Website: www.safoso.com
Email: info@safoso.ch
Phone: +41-(0)31-544 25 00
Fax: +41-(0)31-544 25 01