

## **Klimawandel und das Ernährungssystem**

Kurzes Skript zur Doppellektion vom 12.3.2018, WES FS2018, ZHAW

Adrian Müller, 12.3.2018,

Kontakt: [adrian.mueller@fibl.org](mailto:adrian.mueller@fibl.org)

### **Inhalt**

1	Ziele dieser Doppellektion .....	2
2	Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft und das Ernährungssystem 2	
	2.1 <i>Auswirkungen des Klimawandels</i> .....	2
	2.2 <i>Auswirkungen in der Schweiz</i> .....	9
	2.3 <i>Abschliessende Bemerkungen</i> .....	10
3	Anpassung an den Klimawandel .....	12
	3.1 <i>Was bedeutet eigentlich Anpassung an den Klimawandel?</i> .....	12
	3.2 <i>Wie misst man Anpassung an den Klimawandel?</i> .....	14
	3.3 <i>Was kann man konkret tun?</i> .....	15
4	Beitrag der Landwirtschaft und des Ernährungssystems zum Klimawandel .....	16
	4.1 <i>Emissionen des Landwirtschaftssektors gemäss IPCC</i> .....	16
	4.2 <i>Emissionen entlang der Wertschöpfungskette und auf Ebene Ernährungssystem</i> 18	
	4.3 <i>Einige Details zu den Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft</i> .....	20
5	Minderung der THG-Emissionen .....	21
	5.1 <i>Lachgasemissionen</i> .....	22
	5.2 <i>Wiederkäuer und enterische Fermentation</i> .....	23
	5.3 <i>Bodenkohlenstoff</i> .....	23
	5.4 <i>Hofdüngerlagerung und weiteres</i> .....	25
	5.5 <i>Systemische Ansätze</i> .....	25
	5.6 <i>Bio als Klimaschutzmassnahme?</i> .....	25
6	Klimapolitik, Landwirtschaft und Ernährung .....	26
	6.1 <i>Minderung des Klimawandels</i> .....	26
	6.2 <i>Anpassung an den Klimawandels</i> .....	27
7	Fazit .....	27
8	Literatur .....	28

## 1 Ziele dieser Doppellektion

- Sie können erklären, was unter Anpassung an den Klimawandel mit Bezug zur Landwirtschaft und dem Ernährungssystem alles verstanden werden kann.
- Sie können den Beitrag der Landwirtschaft und des Ernährungssystems zum Klimawandel beschreiben und in groben Zügen erklären.
- Sie können die wichtigsten landwirtschaftlichen Emissionsquellen benennen.
- Sie können die wichtigsten Ansätze, wie die Landwirtschaft und Aktivitäten auf der Ebene des Ernährungssystems zur Minderung des Klimawandels beitragen können benennen.
- Sie können in groben Zügen einige zentrale Aspekte aus dem Themenfeld „Klimapolitik für die Landwirtschaft und das Ernährungssystem“ erklären.

Was ich vorweg noch wichtig finde festzuhalten: für die Landwirtschaft ist meiner Ansicht nach primär die Anpassung zentral. Es sollte nicht die Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft oder im Ernährungssystem aufgrund eines einseitigen Fokus auf die Minderung leiden. Minderung ist auch wichtig, und die Landwirtschaft kann auch beitragen – aber Emissionsreduktionen sind nur ein Nachhaltigkeitsaspekt unter vielen und in der Landwirtschaft nicht der zentralste.

## 2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft und das Ernährungssystem

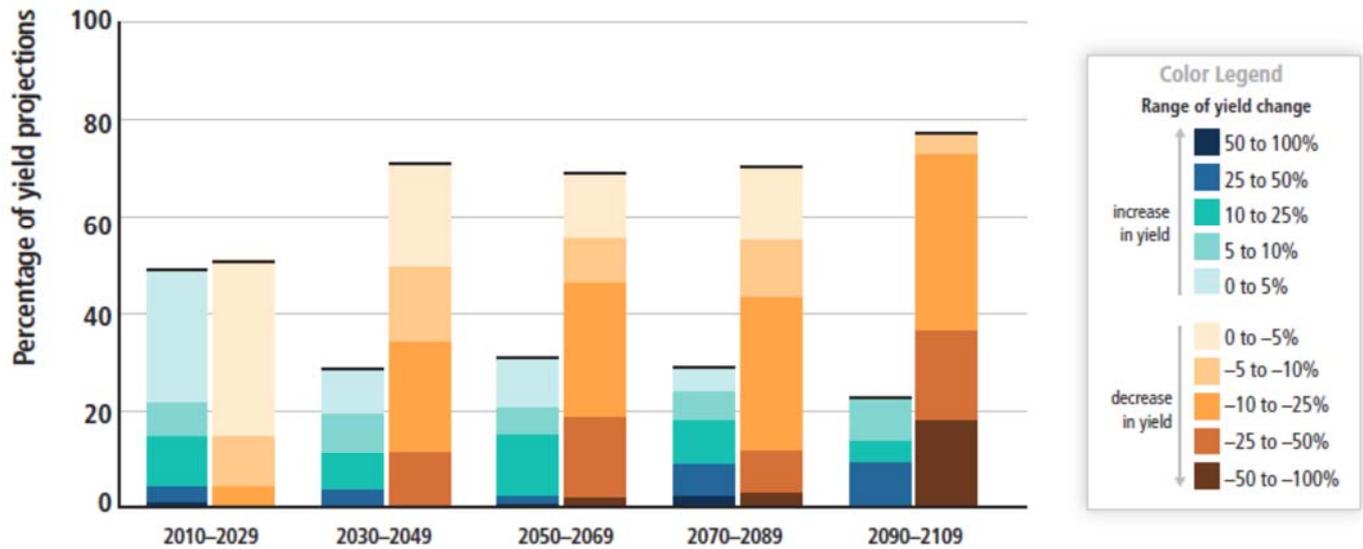
Die global schon beobachtbaren und für die Zukunft erwarteten Auswirkungen des Klimawandels werden zum Beispiel in den Sachstandsberichten des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC beschrieben, wie zuletzt im Jahre 2014 im fünften Sachstandsbericht IPCC AR5 geschehen (IPCC 2014a). Diese Berichte stellen den Stand des Wissens umfassend zusammen und synthetisieren diesen insbesondere auch für die Politik. Dies wird für alle relevanten Sektoren gemacht, inklusive der Landwirtschaft. Die wichtigsten Punkte zu den Auswirkungen mit Bezug zur Landwirtschaft, wie im IPCC AR5 in Kapitel 7 der Working Group II (Porter et al. 2014), beziehungsweise in der Zusammenfassung für Politiker (IPCC 2014b) dargestellt sind die folgenden.

### 2.1 Auswirkungen des Klimawandels

Über die vergangen Dekaden konnte schon eine Reihe von Auswirkungen des Klimawandels beobachtet werden und für die Zukunft bis 2050 oder 2100 wird eine Reihe von Auswirkungen vorhergesagt. Dies sind zum Beispiel veränderte Niederschlagsmuster und der Rückgang der Gletscher und Eisbedeckung in verschiedenen Regionen, mit entsprechenden Veränderungen der Hydrologie und Folgen für die verfügbaren Wassermengen und -qualität. Eine generelle Zunahme von Extremereignissen wie Zyklonen, Starkregen, Hitzewellen und Dürren. Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit und der saisonalen Muster verschiedener Spezies, insbesondere auch für die Fischerei relevanter Arten lassen sich beobachten. Generell wird auch erwartet, dass der Schädlings-, Krankheits- und Unkrautdruck in vielen Regionen zunimmt. Gründe können die Ausweitung der Zonen mit für diese Organismen geeigneten Klimabedingungen sein, auch das Wegfallen von kalten Wintern mit entsprechender Reduktion der Populationen. Ein generell erhöhter Stress wegen erhöhten Temperaturen oder Wasserknappheit kann die Pflanzen auch anfälliger für Krankheiten machen.

Für die Landwirtschaft besonders wichtig sind natürlich vorhersagen zu den Erträgen. Die vielen Studien, die die Erträge einer Reihe von Pflanzen in verschiedenen Regionen untersuchen stellen in der Tendenz einen negativen Effekt des Klimawandels auf die Erträge fest. Eine aggregierte Aussage über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft sieht zum Beispiel wie in Abbildung 1 dargestellt aus, in der sämtliche

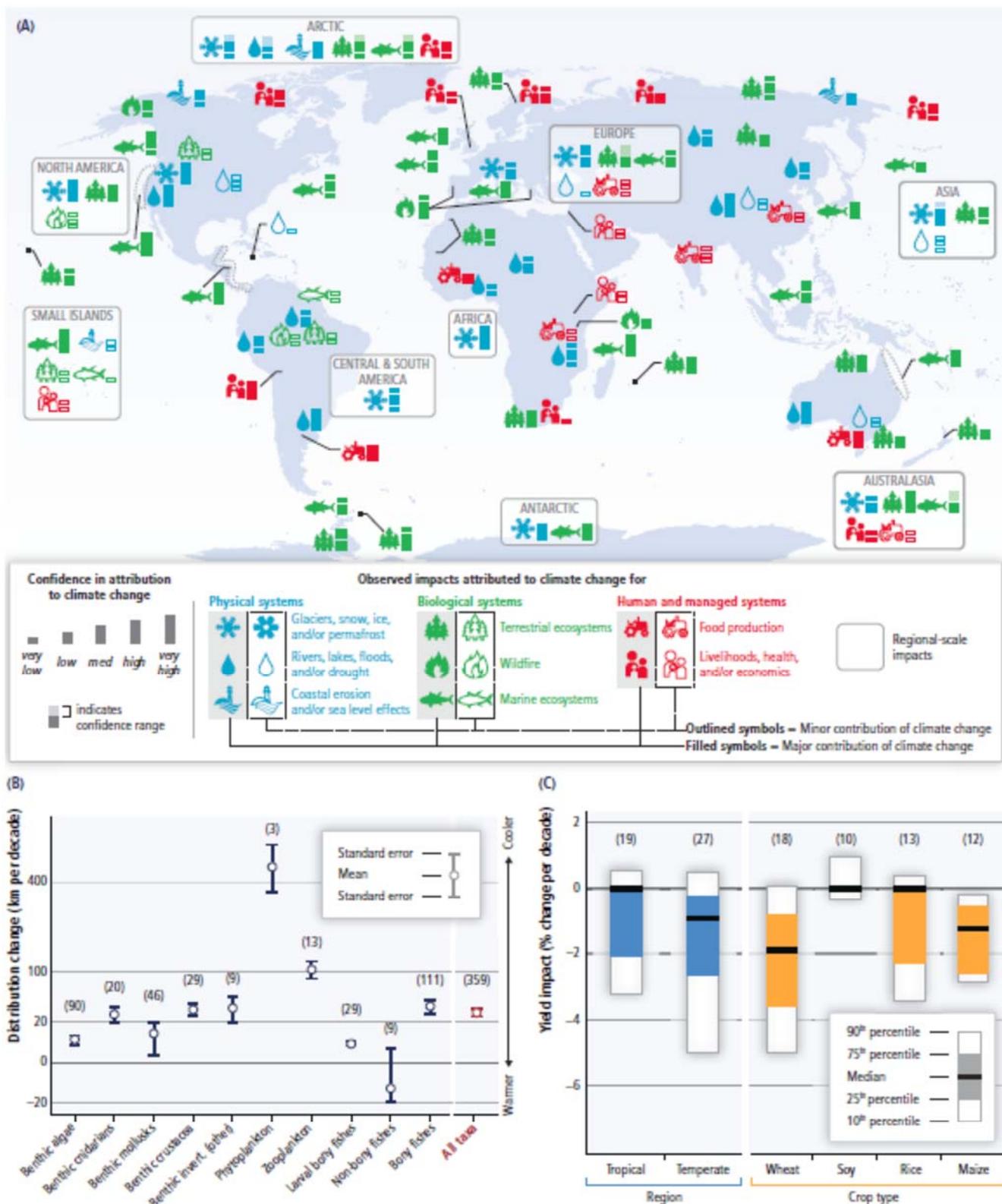
Studien zu den Ertragsentwicklungen unter verschiedenen Szenarien bis 2100 zusammengefasst wurden, mit dem Resultat, dass die Wahrscheinlichkeit signifikanter Ertragseinbußen in der Zukunft massiv steigt.



**Figure 7-5** | Summary of projected changes in crop yields, due to climate change over the 21st century. The figure includes projections for different emission scenarios, for tropical and temperate regions, and for adaptation and no-adaptation cases combined. Relatively few studies have considered impacts on cropping systems for scenarios where global mean temperatures increase by 4°C or more. For five timeframes in the near-term and long-term, data (n=1090) are plotted in the 20-year period on the horizontal axis that includes the midpoint of each future projection period. Changes in crop yields are relative to late-20th-century levels. Data for each timeframe sum to 100%. Projections

*Abbildung 1: Auswirkungen des Klimawandels auf die Erträge, für Details siehe die englische Legende in der Grafik (Porter et al. 2014).*

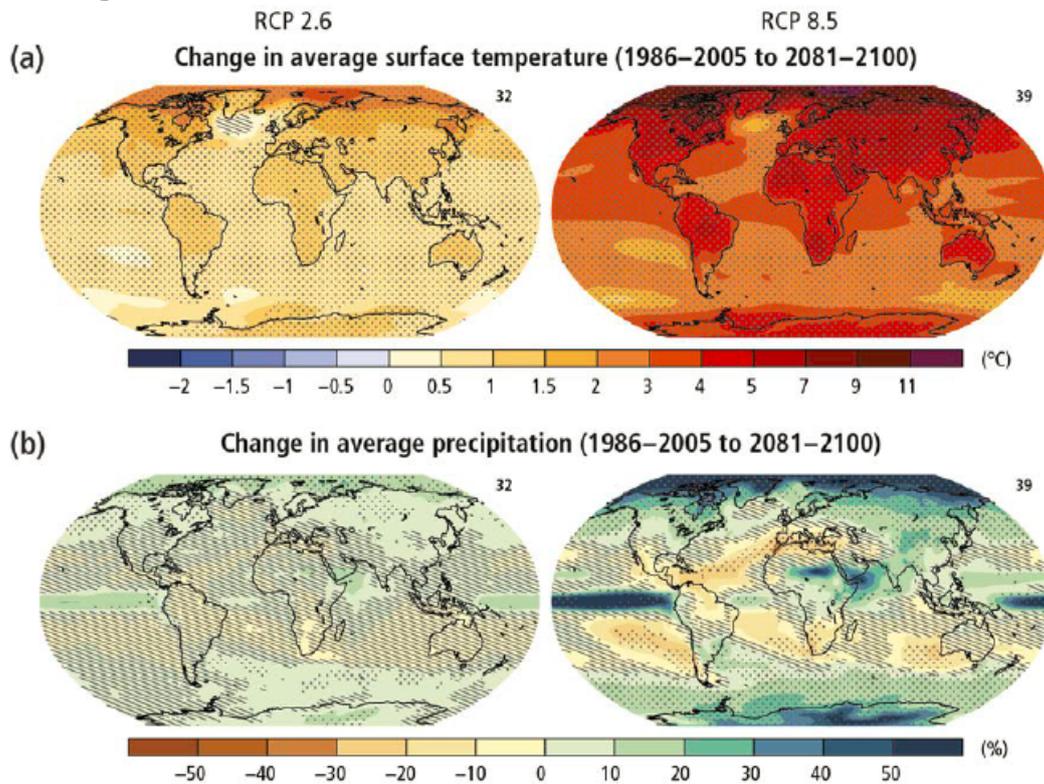
Eine sehr dichte Zusammenfassung der Auswirkungen des Klimawandels wie bislang beobachtet ist in Abbildung 2 unten gegeben. Details finden sich in der englischen Beschreibung direkt in der Abbildung.



**Figure SPM.2 | Widespread Impacts in a changing world.** (A) Global patterns of Impacts in recent decades attributed to climate change, based on studies since the AR4. Impacts are shown at a range of geographic scales. Symbols indicate categories of attributed impacts, the relative contribution of climate change (major or minor) to the observed impact, and confidence in attribution. See supplementary Table SPMA1 for descriptions of the Impacts. (B) Average rates of change in distribution (km per decade) for marine taxonomic groups based on observations over 1900–2010. Positive distribution changes are consistent with warming (moving into previously cooler waters, generally poleward). The number of responses analyzed is given within parentheses for each category. (C) Summary of estimated impacts of observed climate changes on yields over 1960–2013 for four major crops in temperate and tropical regions, with the number of data points analyzed given within parentheses for each category. [Figures 7-2, 18-3, and MB-2]

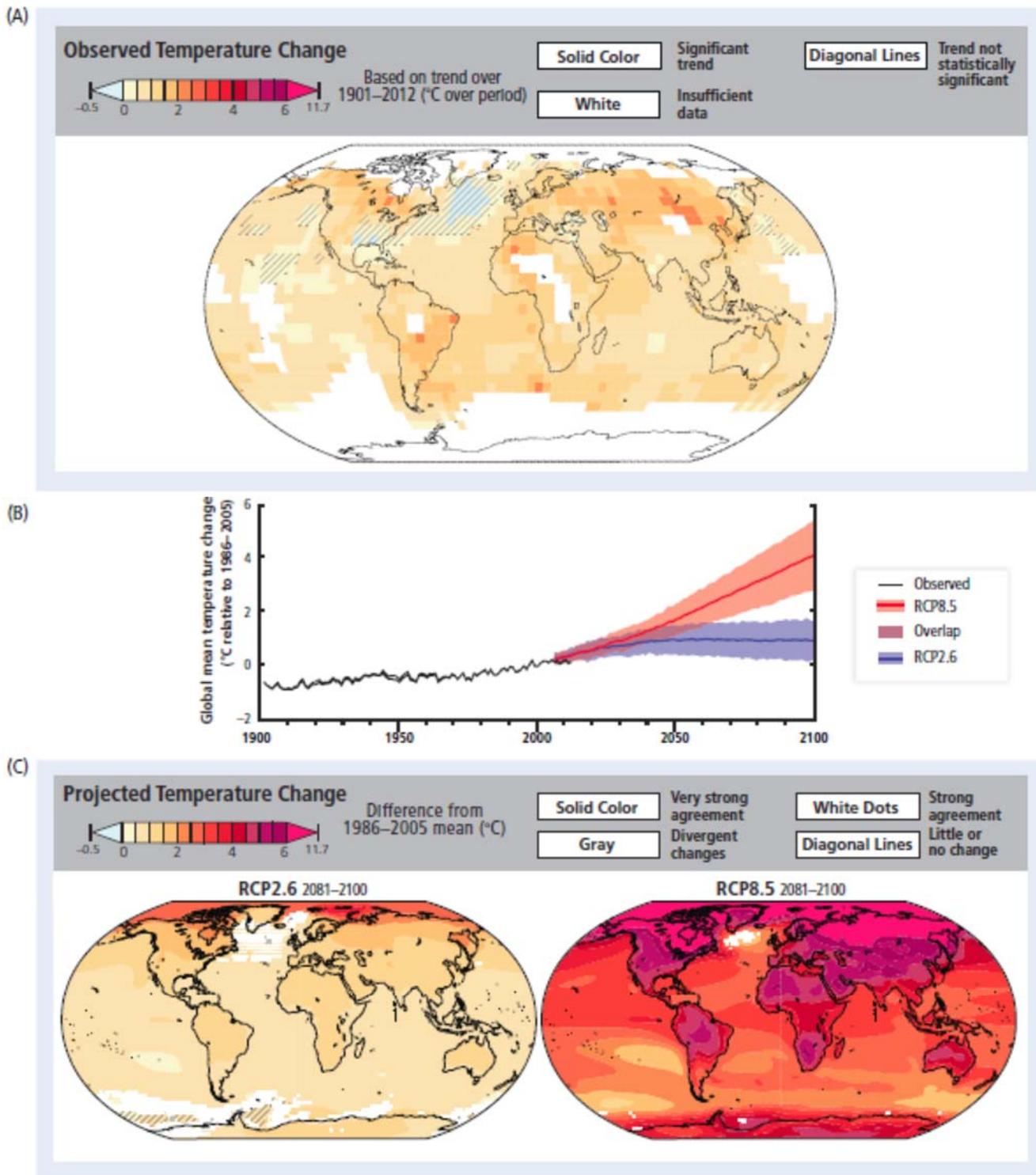
Abbildung 2: Zusammenfassende Darstellung der bislang beobachteten Auswirkungen des Klimawandels (IPCC 2014b).

Zentraler Treiber hinter diesen Auswirkungen sind natürlich die Temperaturanstiege.  
Nachfolgende



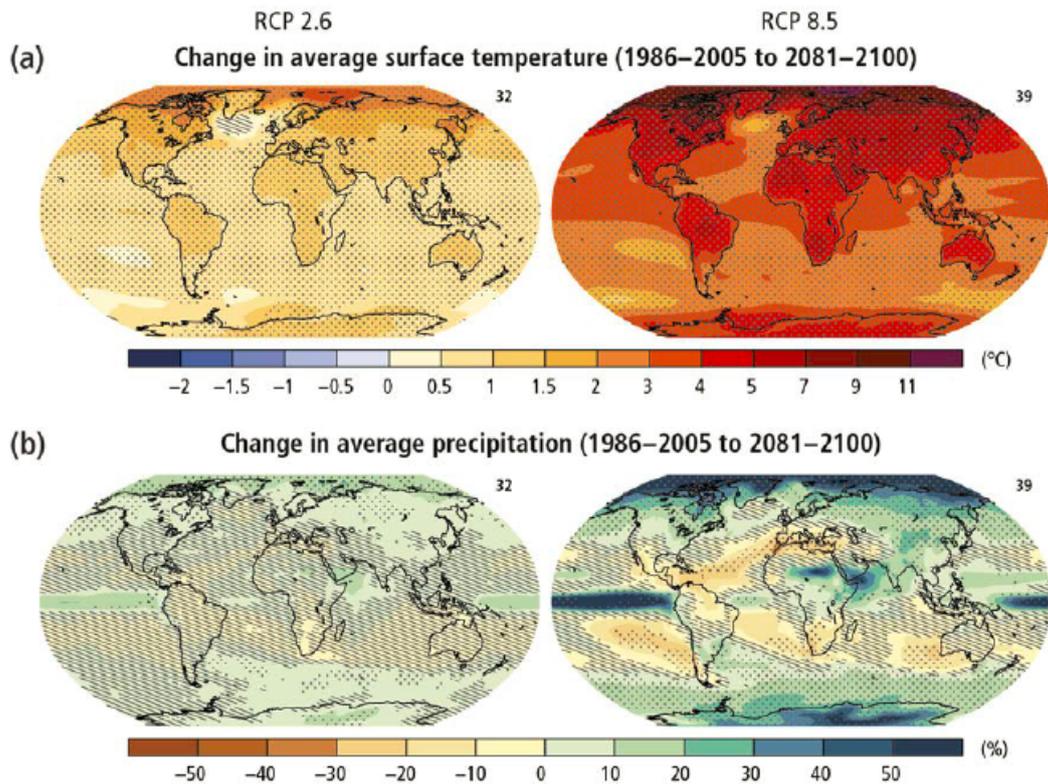
(Abbildung hier und auf der vorhergehenden Seite)

Abbildung 3 illustriert die seit 1900 beobachteten und bis 2100 hervorgesagten Temperaturanstiege sowie die erwarteten Veränderungen der globalen Niederschlagsmuster. Die Vorhersagen hängen natürlich stark von den angenommenen Emissionspfaden ab. Dies wird zur Zeit über „Representative Concentration Pathways“ illustriert (IPCC 2013), die bezeichnen, um wieviel stärker das „Radiative Forcing“ in 2100 im Vergleich zum vorindustriellem Niveau ist, was ein Mass dafür ist, wie hoch die zukünftigen THG-Emissionen und der damit einhergehende Temperaturanstieg sein werden. Es wurden 4 solcher Pathways entwickelt, die Szenarien mit sehr einschneidenden Klimaschutzmassnahmen (RCP2.6) bis solche mit keinen signifikanten Massnahmen (RCP8.5) umfassen.



**Figure SPM.4** | Observed and projected changes in annual average surface temperature. This figure informs understanding of climate-related risks in the WGII AR5. It illustrates temperature change observed to date and projected warming under continued high emissions and under ambitious mitigation.

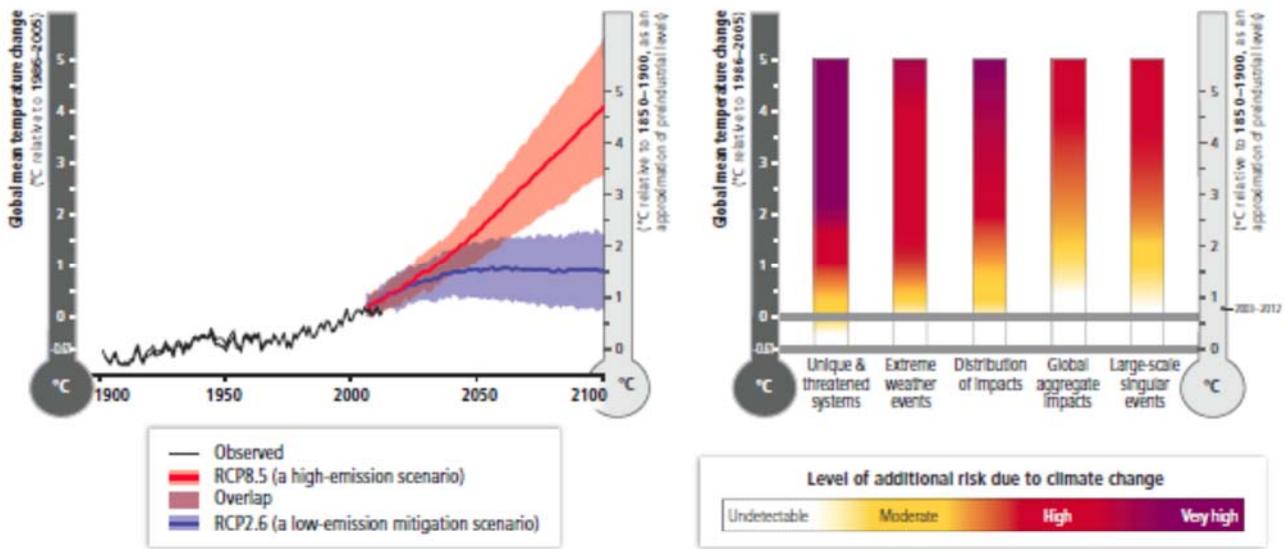
(A) Map of observed annual average temperature change from 1901–2012, derived from a linear trend where sufficient data permit a robust estimate; other areas are white. Solid colors indicate areas where trends are significant at the 10% level. Diagonal lines indicate areas where trends are not significant. Observed data (range of grid-point values:  $-0.53$  to  $2.50^{\circ}\text{C}$  over period) are from WGII AR5 Figures SPM.1 and 2.21. (B) Observed and projected future global annual average temperature relative to 1986–2005. Observed warming from 1850–1900 to 1986–2005 is  $0.61^{\circ}\text{C}$  (5–95% confidence interval:  $0.55$  to  $0.67^{\circ}\text{C}$ ). Black lines show temperature estimates from three datasets. Blue and red lines and shading denote the ensemble mean and  $\pm 1.64$  standard deviation range, based on CMIP5 simulations from 32 models for RCP2.6 and 39 models for RCP8.5. (C) CMIP5 multi-model mean projections of annual average temperature changes for 2081–2100 under RCP2.6 and 8.5, relative to 1986–2005. Solid colors indicate areas with very strong agreement, where the multi-model mean change is greater than twice the baseline variability (natural internal variability in 20-yr means) and  $\geq 90\%$  of models agree on sign of change. Colors with white dots indicate areas with strong agreement, where  $\geq 66\%$  of models show change greater than the baseline variability and  $\geq 66\%$  of models agree on sign of change. Gray indicates areas with divergent changes, where  $\geq 66\%$  of models show change greater than the baseline variability, but  $< 66\%$  agree on sign of change. Colors with diagonal lines indicate areas with little or no change, where  $< 66\%$  of models show change greater than the baseline variability, although there may be significant change at shorter timescales such as seasons, months, or days. Analysis uses model data (range of grid-point values across RCP2.6 and 8.5:  $0.06$  to  $11.71^{\circ}\text{C}$ ) from WGII AR5 Figure SPM.8, with full description of methods in Box CC-RC. See also Annex I of WGII AR5. [Boxes 21-2 and CC-RC; WGII AR5 2.4, Figures SPM.1, SPM.7, and 2.21]



(Abbildung hier und auf der vorhergehenden Seite)

Abbildung 3: Beobachteter Temperaturanstieg seit 1900 und Vorhersagen bis 2100 sowie vorhergesagte Veränderungen der Niederschlagsmuster bis 2100 (IPCC 2014b, IPCC 2013).

Abbildung 4 stellt die Wahrscheinlichkeit einer Reihe verschiedenen Auswirkungen in Bezug zum erwarteten Temperaturanstieg. Diese Grafik illustriert auch das 2-Grad-Ziel, das als maximaler „akzeptabler“ Klimawandel identifiziert wurde, da bei einem Temperaturanstieg unter 2 Grad, die meisten Impacts noch nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten.



**Assessment Box SPM.1 Figure 1 |** A global perspective on climate-related risks. Risks associated with reasons for concern are shown at right for increasing levels of climate change. The color shading indicates the additional risk due to climate change when a temperature level is reached and then sustained or exceeded. Undetectable risk (white) indicates no associated impacts are detectable and attributable to climate change. Moderate risk (yellow) indicates that associated impacts are both detectable and attributable to climate change with at least *medium* confidence, also accounting for the other specific criteria for key risks. High risk (red) indicates severe and widespread impacts, also accounting for the other specific criteria for key risks. Purple, introduced in this assessment, shows that very high risk is indicated by all specific criteria for key risks. [Figure 19-4] For reference, past and projected global annual average surface temperature is shown at left, as in Figure SPM.4. [Figure RC-1, Box CC-RC; WGI ARS Figures SPM.1 and SPM.7] Based on the longest global surface temperature dataset available, the observed change between the average of the period 1850–1900 and of the AR5 reference period (1986–2005) is 0.61°C (5–95% confidence interval: 0.55 to 0.67°C) [WGI ARS SPM, 2.4], which is used here as an approximation of the change in global mean surface temperature since preindustrial times, referred to as the period before 1750. [WGI and WGII ARS glossaries]

Abbildung 4: Temperaturanstieg und Wahrscheinlichkeit verschiedener Auswirkungen (IPCC 2014b).

Schliesslich muss aber bei den Auswirkungen betont werden, dass es durchaus auch Regionen und Bereiche gibt, in denen die Auswirkungen positiv sind. Gerade in höheren Breitengraden oder Höhenlagen führt der Anstieg der Temperatur dazu, dass sich die Vegetationsperioden verlängern und dass auch Kulturen angebaut werden können, die bis anhin nicht angebaut werden konnten.

Des Weiteren zeigen die Auswirkungen von Extremereignissen wie Zyklonen, Starkregen, Hitzewellen oder Dürren, wie stark verschiedene Ökosysteme und auch gesellschaftliche Systeme vom Klimawandel beeinträchtigt werden können. Dies weist auch auf die wichtige Struktur der Auswirkungen hin, die sich zum Beispiel über „Risiko“ erfassen lassen: das Risiko negativer Auswirkungen hängt nicht nur von der Intensität eines bestimmten Ereignisses oder einer Auswirkung des Klimawandels ab und von der Wahrscheinlichkeit, mit dem diese Auswirkung eintritt, sondern eben auch von der Verletzbarkeit und der Exposition der betroffenen Systeme (s. auch Abbildung 5 unten):

$$\begin{aligned}
 \text{risk} &= \text{hazard} && \times \text{exposure} && \times \text{vulnerability} \\
 &= (\text{probability} \times \text{intensity}) && \times \text{exposure} && \times \text{vulnerability} \\
 &&& \backslash \dots \text{severity} \dots && /
 \end{aligned}$$

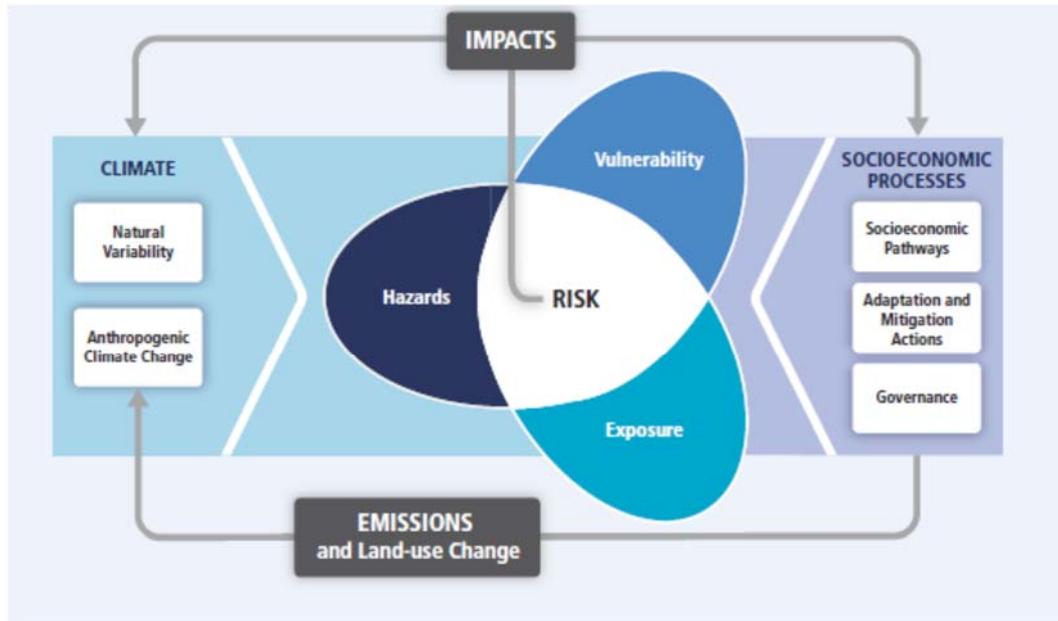
Die Auswirkungen des Klimawandels haben also zentral eine gesellschaftliche Komponente und hängen nicht nur von naturwissenschaftlichen Gegebenheiten ab. Der Umgang mit den Risiken, respektive eine Reduktion derselben kann dann entsprechend auch über eine Reduktion des „Hazard“, der „Exposure“ oder der „Vulnerability“ erfolgen. Diese gesellschaftliche Komponente wird dann auch in der Zusammenfassung für Politiker speziell betont:

„Differences in vulnerability and exposure arise from non-climatic factors and from multidimensional inequalities often produced by uneven development processes (very high confidence).“

und

„Climate-related hazards exacerbate other stressors, often with negative outcomes for livelihoods, especially for people living in poverty (high confidence).“

Die Beurteilung „very high confidence“ etc. in den obigen Zitaten ist übrigens die Art, wie das IPCC die Unsicherheit ihrer Aussagen offenlegt, was eine sehr wichtige Information in der Kommunikation dieser Wissensbasis ist. Gewisse Entwicklungen, zum Beispiel, lassen sich nur in sehr schwacher Tendenz feststellen und die zugehörigen Aussagen werden dann z.B. als „low confidence“ klassiert.



**Figure SPM.1** | Illustration of the core concepts of the WGII AR5. Risk of climate-related impacts results from the interaction of climate-related hazards (including hazardous events and trends) with the vulnerability and exposure of human and natural systems. Changes in both the climate system (left) and socioeconomic processes including adaptation and mitigation (right) are drivers of hazards, exposure, and vulnerability. [19.2, Figure 19-1]

*Abbildung 5: Wichtigste Konzepte, wie sie im IPCC AR5 verwendet wurden, um Klimawandel, Risiko, Anpassung zu erfassen (IPCC 2014b).*

Neben der Synthesearbeit des IPCC geht natürlich die Forschung weiter und produziert immer neue Einsichten, insbesondere auch mit zunehmendem räumlichem Detaillierungsgrad und mit zunehmender Verlässlichkeit, da die Modelle immer detaillierter werden. Dabei ist aber immer zu betonen, dass die Unsicherheiten natürlich generell gross sind, geht es doch um Vorhersagen zu extrem komplexen Systemen mit zum Teil noch nicht umfassend verstandenen Dynamiken. Um sich da mal umzusehen, kann man die vielen Studien anschauen, die man findet, wenn man z.B. in Google Scholar für die Jahre 2017 und 2018 nach „impact“ „climate change“ „agriculture“ sucht.

## 2.2 Auswirkungen in der Schweiz

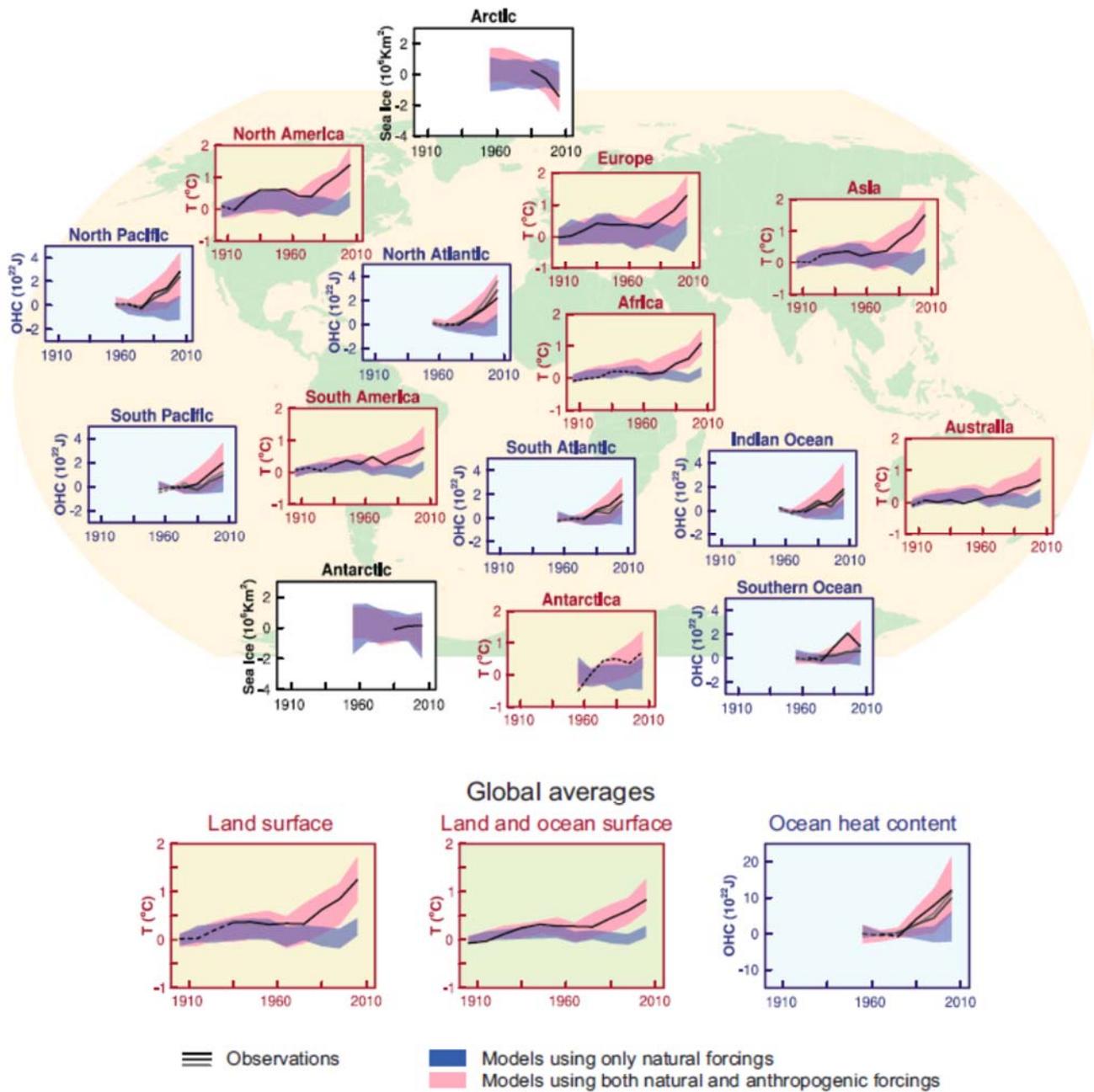
Die globalen Ergebnisse der IPCC werden dann von einzelnen Ländern jeweils für die ihrige Situation angepasst und interpretiert und um länderspezifische Modellierungen und Vorhersagen ergänzt. Für die Schweiz ist dies in „Akademien der Wissenschaften Schweiz“ (2016) geschehen. So wird zum Beispiel erwartet, dass die Erwärmung sich eher negativ auf den Anbau von Kartoffeln und Winterweizen auswirkt, und eher positiv auf den Anbau von Mais und Reben. Mit der Erwärmung wird auch ein erhöhter Schädlingsdruck erwartet. Für einige Schädlinge werden in Zukunft zum Beispiel zwei bis drei statt ein bis zwei Folgegenerationen möglich sein. Des Weiteren können neue Schädlinge einfacher aus dem Süden einwandern, da die Kältebarriere der Alpen leichter überwunden werden kann. Nicht nur die Pflanzenproduktion, sondern auch die Tierhaltung kann beeinträchtigt werden, zum Beispiel durch Hitzestress. Zentral für die Auswirkungen des Klimawandels und die Anpassung daran wird sein, wie sich die

Wasserverfügbarkeit entwickeln wird - in der Tendenz wird eine abnehmende Wasserverfügbarkeit im Sommer erwartet. Dieser Entwicklung kann dann zum Beispiel mit einer Verbesserung der Bewässerungsinfrastruktur, insbesondere mit möglichst hoher Wassernutzungseffizienz begegnet werden. Eine andere Möglichkeit ist der Anbau anderer Kulturen, insbesondere eine zeitliche Verschiebung hin zu mehr Winterkulturen, aber auch eine räumliche Verlagerung, um dem Wasserbedarf der Kulturen und der regionalen Verfügbarkeit besser Rechnung tragen zu können. Gerade beim Wasser kann man jedoch nicht die Landwirtschaft alleine betrachten, da sich mit zunehmender Knappheit – zumindest in den Sommermonaten - eine zunehmende Konkurrenz zwischen verschiedenen Nutzern entwickeln könnte (wie zum Beispiel Landwirtschaft, Fischerei, Tourismus, Kraftwerke (Kühlung der AKWs), etc.). Eine langfristige und umfassende Planung, die alle Interessengruppen an einen Tisch bringt ist deshalb unabdingbar.

### *2.3 Abschliessende Bemerkungen*

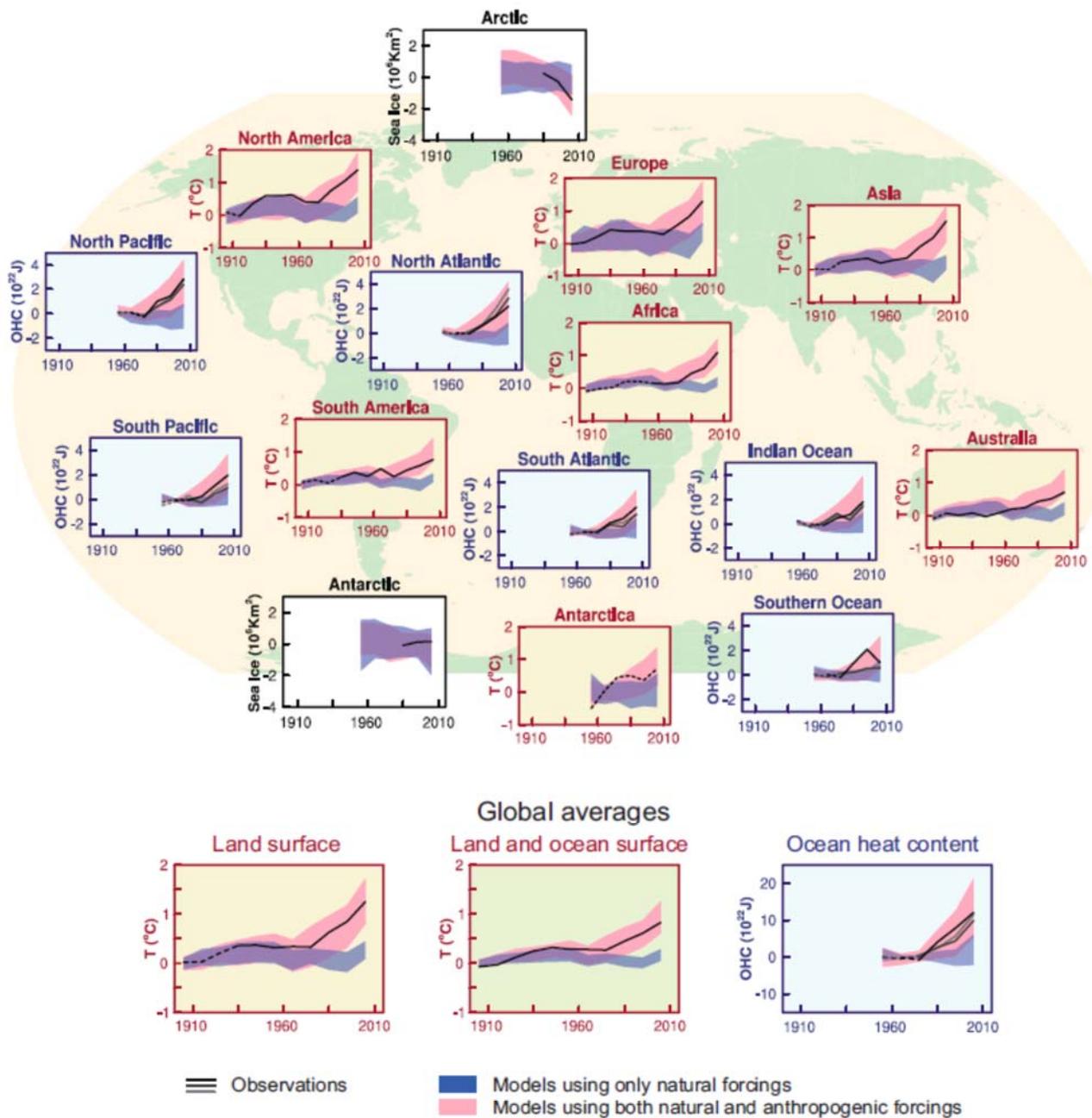
Es ist natürlich schwierig, einzelne Beobachtungen dem Klimawandel, also schlussendlich dem Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre aus anthropogenen Quellen zuzuweisen (und für Einzelereignisse, wie einen bestimmten Sturm ist dies nicht möglich). Das Vorgehen gleicht dabei mehr einem Indizienprozess: Soweit wir heute das Klimasystem verstehen, sind die Beobachtungen weitgehend im Einklang mit dem, was man aufgrund erhöhter Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre erwarten würde. Und die beobachteten Erhöhungen der Konzentration verschiedener THG kann nur erklärt werden, wenn man die anthropogenen Quellen berücksichtigt. Dies wurde im fünften Sachstandsbericht das erste Mal signifikant gezeigt

(IPCC 2013), siehe



**Figure SPM.6** | Comparison of observed and simulated climate change based on three large-scale indicators in the atmosphere, the cryosphere and the ocean: change in continental land surface air temperatures (yellow panels), Arctic and Antarctic September sea ice extent (white panels), and upper ocean heat content in the major ocean basins (blue panels). Global average changes are also given. Anomalies are given relative to 1880–1919 for surface temperatures, 1960–1980 for ocean heat content and 1979–1999 for sea ice. All time-series are decadal averages, plotted at the centre of the decade. For temperature panels, observations are dashed lines if the spatial coverage of areas being examined is below 50%. For ocean heat content and sea ice panels the solid line is where the coverage of data is good and higher in quality, and the dashed line is where the data coverage is only adequate, and thus, uncertainty is larger. Model results shown are Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) multi-model ensemble ranges, with shaded bands indicating the 5 to 95% confidence intervals. For further technical details, including region definitions see the Technical Summary Supplementary Material. (Figure 10.21; Figure TS.12)

Abbildung 6.



**Figure SPM.6** | Comparison of observed and simulated climate change based on three large-scale indicators in the atmosphere, the cryosphere and the ocean: change in continental land surface air temperatures (yellow panels), Arctic and Antarctic September sea ice extent (white panels), and upper ocean heat content in the major ocean basins (blue panels). Global average changes are also given. Anomalies are given relative to 1880–1919 for surface temperatures, 1960–1980 for ocean heat content and 1979–1999 for sea ice. All time-series are decadal averages, plotted at the centre of the decade. For temperature panels, observations are dashed lines if the spatial coverage of areas being examined is below 50%. For ocean heat content and sea ice panels the solid line is where the coverage of data is good and higher in quality, and the dashed line is where the data coverage is only adequate, and thus, uncertainty is larger. Model results shown are Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) multi-model ensemble ranges, with shaded bands indicating the 5 to 95% confidence intervals. For further technical details, including region definitions see the Technical Summary Supplementary Material. [Figure 10.21; Figure TS.12]

Abbildung 6: Vergleich der beobachteten und modellierten regionalen Temperaturveränderungen 1900-2010. Modellierung mit (rot) und ohne (blau) anthropogene Treibhausgasemissionen (IPCC 2013).

### 3 Anpassung an den Klimawandel

Gegeben die beobachteten und vorhergesagten Veränderungen aufgrund des Klimawandels ist es klar, dass Massnahmen, um sich daran anzupassen unternommen werden müssen. Zumal da signifikante Veränderungen selbst dann zu erwarten sind wenn wir sofort eine sehr griffige Klimapolitik umsetzen würden (vgl. Abbildung 3 oben, RCP2.6 mit starken Emissionsreduktionen). Und unter realistischeren Annahmen darüber, was an Klimapolitik in den nächsten Jahren zu erwarten ist wird wohl auch das 2-Grad-Ziel verfehlt werden (Rogelj et al. 2016) und entsprechende Anpassungsmassnahmen sind unbedingt nötig,

#### 3.1 Was bedeutet eigentlich Anpassung an den Klimawandel?

Zuerst mal ist die Frage, was eigentlich unter Anpassung an den Klimawandel verstanden werden soll zu klären. Gegeben die Auswirkungen des Klimawandels könnte dies zum Beispiel sein, andere Sorten der angebauten Kulturen zu wählen, die besser mit erhöhten und auch extremen Temperaturen umgehen können. Es könnte aber auch bedeuten, in Bewässerungsstruktur zu investieren, um mit zunehmendem Wassermangel umzugehen. Ein Ansatz wäre es auch, auf die Bodenfruchtbarkeit und Bodenstruktur zu fokussieren, um die die Wasserrückhaltefähigkeit und somit Trockenheitsresistenz zu erhöhen. In diesem Sinne gibt es eine grosse Menge agronomischer Massnahmen, die zur Anpassung beitragen können.

Diese Massnahmen fokussieren vornehmlich auf die Feld- oder Betriebsebene. Aber Anpassung kann auch breiter gedacht werden. Schlussendlich bedeutet erfolgreiche Anpassung in der Landwirtschaft ja zum Beispiel, dass die durch den Klimawandel bedrohten Lebensgrundlagen der Bauern erhalten oder durch Alternativen ersetzt werden. Somit kann Anpassung auf Betriebsebene auch in einer Diversifikation, zum Beispiel in Richtung Agro-Tourismus bestehen, um alternative Einkommensquellen mit anderem Risikoprofil als die Landwirtschaftliche Produktion zu erschliessen. Es kann auch bedeuten, dass man die Produktion verlagert, wie zum Beispiel wenn die Bedingungen in der Champagne wohl eher weniger gut werden, in Anbaugebieten in Südengland aber in der Zukunft ideale Bedingungen herrschen könnten (Nesbitt 2016, Smithers 2017).

Anpassung kann aber auch auf der Ebene von Dörfern, Gemeinschaften oder Gesellschaften gedacht werden, gerade im kleinbäuerlichen Kontext, wenn in einer Region neunzig oder mehr Prozent der Arbeitskraft in der Landwirtschaft tätig sind, vielleicht auch im gleichen Bereich, wie zum Beispiel bei der Baumwollproduktion. Da in der Situation alle Bauern einer Region gleich betroffen sind stellt sich die Frage nach der Anpassung an den Klimawandel auf der Ebene der ganzen Region und somit für die ganze Gesellschaft in dieser Region.

Eigentlich wäre dies dann die Aufgabe des Staates, im Rahmen einer guten Agrarpolitik, einer guten Politik ländlicher Entwicklung, etc. die Anpassung an den Klimawandel im breiteren Kontext aufzunehmen, die Bevölkerung darin zu unterstützen und die damit auch verknüpften Fragen des Strukturwandels, etc. anzugehen. Auf regionaler Ebene kann eine erfolgreiche – oder misslungene – Anpassung an den Klimawandel über die Lebensgrundlagen der ganzen regionalen Gesellschaft entscheiden. Auf dieser Ebene gedacht bedeutet Anpassung an den Klimawandel schliesslich auch den Erhalt der Lebensgrundlagen oder auch eine Transformation hin zu völlig neuen Lebensgrundlagen unter einem sich wandelnden Klima. In Ländern, in denen die meisten Personen in der Landwirtschaft tätig sind stellt sich dieses Problem der Anpassung an den Klimawandel

somit letztlich sogar auf nationaler Ebene.

**Table SPM.1** | Approaches for managing the risks of climate change. These approaches should be considered overlapping rather than discrete, and they are often pursued simultaneously. Mitigation is considered essential for managing the risks of climate change. It is not addressed in this table as mitigation is the focus of WGIII AR5. Examples presented in no specific order and can be relevant to more than one category. [14.2-3, Table 14-1]

Overlapping Approaches	Category	Examples	Chapter Reference
<b>Vulnerability &amp; Exposure Reduction</b> through development, planning, & practices including many low-regrets measures	Human development	Improved access to education, nutrition, health facilities, energy, safe housing & settlement structures, & social support structures; Reduced gender inequality & marginalization in other forms.	8.3, 9.3, 13.1-3, 14.2-3, 22.4
	Poverty alleviation	Improved access to & control of local resources; Land tenure; Disaster risk reduction; Social safety nets & social protection; Insurance schemes.	8.3-4, 9.3, 13.1-3
	Livelihood security	Income, asset, & livelihood diversification; Improved infrastructure; Access to technology & decision-making fora; Increased decision-making power; Changed cropping, livestock, & aquaculture practices; Reliance on social networks.	7.5, 9.4, 13.1-3, 22.3-4, 23.4, 27.3, 29.6, Table SM24-7
	Disaster risk management	Early warning systems; Hazard & vulnerability mapping; Diversifying water resources; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements.	8.2-4, 11.7, 14.3, 15.4, 22.4, 26.6, 28.4, Box 25-1, Table 3-3
	Ecosystem management	Maintaining wetlands & urban green spaces; Coastal afforestation; Watershed & reservoir management; Reduction of other stressors on ecosystems & of habitat fragmentation; Maintenance of genetic diversity; Manipulation of disturbance regimes; Community-based natural resource management.	4.3-4, 8.3, 22.4, Table 3-3, Boxes 8-2, 15-1, 25-8, 25-9, & CC-EA
	Spatial or land-use planning	Provisioning of adequate housing, infrastructure, & services; Managing development in flood prone & other high risk areas; Urban planning & upgrading programs; Land zoning laws; Easements; Protected areas.	4.4, 8.1-4, 22.4, 23.7-8, 27.3, B
	<b>Structural/physical</b>	<b>Engineered &amp; built-environment options:</b> Sea walls & coastal protection structures; Flood levees; Water storage; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements; Floating houses; Power plant & electricity grid adjustments.	3.5-6, 5.5, 8.2-3, 10.2, 11.7, 23.4, 25.7, 26.3, 26.8, Boxes 15-1, 25-1, 25-2, & 25-8
		<b>Technological options:</b> New crop & animal varieties; Indigenous, traditional, & local knowledge, technologies, & methods; Efficient irrigation; Water-saving technologies; Desalination; Conservation agriculture; Food storage & preservation facilities; Hazard & vulnerability mapping & monitoring; Early warning systems; Building insulation; Mechanical & passive cooling; Technology development, transfer, & diffusion.	7.5, 8.3, 9.4, 10.3, 15.4, 22.4, 26.3, 26.5, 27.3, 28.2, 28.4, 29.6, Boxes 20-5 & 25-2, Tables 3-3
		<b>Ecosystem-based options:</b> Ecological restoration; Soil conservation; Afforestation & reforestation; Mangrove conservation & replanting; Green infrastructure (e.g., shade trees, green roofs); Controlling overfishing; Fisheries co-management; Assisted species migration & dispersal; Ecological corridors; Seed banks, gene banks, & other <i>ex situ</i> conservation; Community-based natural resource management.	4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 15.4, 23.6-7, 24.4, 25.6, 27.3, 28.2, 30.6, Boxes 15-1, 22-2, 25-9, 2 & CC-EA
		<b>Services:</b> Social safety nets & social protection; Food banks & distribution of food surplus; Municipal services including water & sanitation; Vaccination programs; Essential public health services; Enhanced emergency medical services.	3.5-6, 8.3, 9.3, 11.7, 11.9, 22.4, Box 13-2
<b>Institutional</b>	<b>Economic options:</b> Financial incentives; Insurance; Catastrophe bonds; Payments for ecosystem services; Pricing water to encourage universal provision and careful use; Microfinance; Disaster contingency funds; Cash transfers; Public-private partnerships.	8.3-4, 9.4, 10.7, 11.7, 13.3, 15.4, 22.4, 26.7, 27.6, 29.6, Box 25-1	
	<b>Laws &amp; regulations:</b> Land zoning laws; Building standards & practices; Easements; Water regulations & agreements; Laws to support disaster risk reduction; Laws to encourage insurance purchasing; Defined property rights & land tenure security; Protected areas; Fishing quotas; Patent pools & technology transfer.	4.4, 8.3, 9.3, 10.5, 10.7, 15.2, 17.5, 22.4, 23.4, 23.7, 24.4, 25.7, 27.3, 30.6, Table 25-2, Box CC-EA	
	<b>National &amp; government policies &amp; programs:</b> National & regional adaptation plans including mainstreaming; Sub-national & local adaptation plans; Economic diversification; Urban upgrading programs; Municipal water management programs; Disaster planning & preparedness; Integrated water resource management; Integrated coastal zone management; Ecosystem-based management; Community-based adaptation.	2.4, 3.6, 4.4, 5.5, 6.4, 7.5, 8.3, 15.2-5, 22.4, 23.7, 25.4, 25.8, 27.3-4, 29.6, Boxes 25-1, 25-2, Tables 9-2 & 17-1	
<b>Social</b>	<b>Educational options:</b> Awareness raising & integrating into education; Gender equity in education; Extension services; Sharing indigenous, traditional, & local knowledge; Participatory action research & social learning; Knowledge-sharing & learning platforms.	8.3-4, 9.4, 11.7, 12.3, 15.2-4, 25.4, 28.4, 29.6, Tables 15-1 & 17-1	
	<b>Informational options:</b> Hazard & vulnerability mapping; Early warning & response systems; Systematic monitoring & remote sensing; Climate services; Use of indigenous climate observations; Participatory scenario development; Integrated assessments.	2.4, 5.5, 8.3-4, 9.4, 11.7, 15.2-4, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, 27.3, 28.5, 30.6, Table 25-2, Box 26-1	
	<b>Behavioral options:</b> Household preparation & evacuation planning; Migration; Soil & water conservation; Storm drain clearance; Livelihood diversification; Changed cropping, livestock, & aquaculture practices; Reliance on social networks.	5.5, 7.5, 9.4, 12.4, 22.3-4, 23.4, 25.7, 26.5, 27.3, 29.6, Table SM24-7, Box 25-5	
<b>Spheres of change</b>	<b>Practical:</b> Social & technical innovations, behavioral shifts, or institutional & managerial changes that produce substantial shifts in outcomes.	8.3, 17.3, 20.5, Box 25-5	
	<b>Political:</b> Political, social, cultural, & ecological decisions & actions consistent with reducing vulnerability & risk & supporting adaptation, mitigation, & sustainable development.	14.2-3, 20.5, 25.4, 30.7, Table 14-1	
	<b>Personal:</b> Individual & collective assumptions, beliefs, values, & worldviews influencing climate-change responses.	14.2-3, 20.5, 25.4, Table 14-1	
<b>Adaptation</b> including incremental & transformational adjustments	<b>Transformation</b>		

Abbildung 7 stellt eine Übersicht der IPCC dar, auf welchen Ebenen Anpassung wie angegangen werden kann (IPCC 2014b).

**Table SPM.1** | Approaches for managing the risks of climate change. These approaches should be considered overlapping rather than discrete, and they are often pursued simultaneously. Mitigation is considered essential for managing the risks of climate change. It is not addressed in this table as mitigation is the focus of WGIII AR5. Examples are presented in no specific order and can be relevant to more than one category. [14.2-3, Table 14-1]

Overlapping Approaches	Category	Examples	Chapter Reference(s)
Vulnerability & Exposure Reduction through development, planning, & practices including many low-regrets measures	Human development	Improved access to education, nutrition, health facilities, energy, safe housing & settlement structures, & social support structures; Reduced gender inequality & marginalization in other forms.	8.3, 9.3, 13.1-3, 14.2-3, 22.4
	Poverty alleviation	Improved access to & control of local resources; Land tenure; Disaster risk reduction; Social safety nets & social protection; Insurance schemes.	8.3-4, 9.3, 13.1-3
	Livelihood security	Income, asset, & livelihood diversification; Improved infrastructure; Access to technology & decision-making fora; Increased decision-making power; Changed cropping, livestock, & aquaculture practices; Reliance on social networks.	7.5, 9.4, 13.1-3, 22.3-4, 23.4, 26.5, 27.3, 29.6, Table SM24-7
	Disaster risk management	Early warning systems; Hazard & vulnerability mapping; Diversifying water resources; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements.	8.2-4, 11.7, 14.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.6, 28.4, Box 25-1, Table 3-3
	Ecosystem management	Maintaining wetlands & urban green spaces; Coastal afforestation; Watershed & reservoir management; Reduction of other stressors on ecosystems & of habitat fragmentation; Maintenance of genetic diversity; Manipulation of disturbance regimes; Community-based natural resource management.	4.3-4, 8.3, 22.4, Table 3-3, Boxes 4-3, 8-2, 15-1, 25-8, 25-9, & CC-EA
	Spatial or land-use planning	Provisioning of adequate housing, infrastructure, & services; Managing development in flood prone & other high risk areas; Urban planning & upgrading programs; Land zoning laws; Easements; Protected areas.	4.4, 8.1-4, 22.4, 23.7-8, 27.3, Box 25-8
	Structural/physical	<b>Engineered &amp; built-environment options:</b> Sea walls & coastal protection structures; Flood levees; Water storage; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements; Floating houses; Power plant & electricity grid adjustments.	3.5-6, 5.5, 8.2-3, 10.2, 11.7, 23.3, 24.4, 25.7, 26.3, 26.8, Boxes 15-1, 25-1, 25-2, & 25-8
		<b>Technological options:</b> New crop & animal varieties; Indigenous, traditional, & local knowledge, technologies, & methods; Efficient irrigation; Water-saving technologies; Desalinization; Conservation agriculture; Food storage & preservation facilities; Hazard & vulnerability mapping & monitoring; Early warning systems; Building insulation; Mechanical & passive cooling; Technology development, transfer, & diffusion.	7.5, 8.3, 9.4, 10.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.3, 26.5, 27.3, 28.2, 28.4, 29.6-7, Boxes 20-5 & 25-2, Tables 3-3 & 15-1
		<b>Ecosystem-based options:</b> Ecological restoration; Soil conservation; Afforestation & reforestation; Mangrove conservation & replanting; Green infrastructure (e.g., shade trees, green roofs); Controlling overfishing; Fisheries co-management; Assisted species migration & dispersal; Ecological corridors; Seed banks, gene banks, & other <i>ex situ</i> conservation; Community-based natural resource management.	4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 15.4, 22.4, 23.6-7, 24.4, 25.6, 27.3, 28.2, 29.7, 30.6, Boxes 15-1, 22-2, 25-9, 26-2, & CC-EA
		<b>Services:</b> Social safety nets & social protection; Food banks & distribution of food surplus; Municipal services including water & sanitation; Vaccination programs; Essential public health services; Enhanced emergency medical services.	3.5-6, 8.3, 9.3, 11.7, 11.9, 22.4, 29.6, Box 13-2
Institutional	<b>Economic options:</b> Financial incentives; Insurance; Catastrophe bonds; Payments for ecosystem services; Pricing water to encourage universal provision and careful use; Microfinance; Disaster contingency funds; Cash transfers; Public-private partnerships.	8.3-4, 9.4, 10.7, 11.7, 13.3, 15.4, 17.5, 22.4, 26.7, 27.6, 29.6, Box 25-7	
	<b>Laws &amp; regulations:</b> Land zoning laws; Building standards & practices; Easements; Water regulations & agreements; Laws to support disaster risk reduction; Laws to encourage insurance purchasing; Defined property rights & land tenure security; Protected areas; Fishing quotas; Patent pools & technology transfer.	4.4, 8.3, 9.3, 10.5, 10.7, 15.2, 15.4, 17.5, 22.4, 23.4, 23.7, 24.4, 25.4, 26.3, 27.3, 30.6, Table 25-2, Box CC-CR	
	<b>National &amp; government policies &amp; programs:</b> National & regional adaptation plans including mainstreaming; Sub-national & local adaptation plans; Economic diversification; Urban upgrading programs; Municipal water management programs; Disaster planning & preparedness; Integrated water resource management; Integrated coastal zone management; Ecosystem-based management; Community-based adaptation.	2.4, 3.6, 4.4, 5.5, 6.4, 7.5, 8.3, 11.7, 15.2-5, 22.4, 23.7, 25.4, 25.8, 26.8-9, 27.3-4, 29.6, Boxes 25-1, 25-2, & 25-9, Tables 9-2 & 17-1	
Social	<b>Educational options:</b> Awareness raising & integrating into education; Gender equity in education; Extension services; Sharing indigenous, traditional, & local knowledge; Participatory action research & social learning; Knowledge-sharing & learning platforms.	8.3-4, 9.4, 11.7, 12.3, 15.2-4, 22.4, 25.4, 28.4, 29.6, Tables 15-1 & 25-2	
	<b>Informational options:</b> Hazard & vulnerability mapping; Early warning & response systems; Systematic monitoring & remote sensing; Climate services; Use of indigenous climate observations; Participatory scenario development; Integrated assessments.	2.4, 5.5, 8.3-4, 9.4, 11.7, 15.2-4, 22.4, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, 27.3, 28.2, 28.5, 30.6, Table 25-2, Box 26-3	
	<b>Behavioral options:</b> Household preparation & evacuation planning; Migration; Soil & water conservation; Storm drain clearance; Livelihood diversification; Changed cropping, livestock, & aquaculture practices; Reliance on social networks.	5.5, 7.5, 9.4, 12.4, 22.3-4, 23.4, 23.7, 25.7, 26.5, 27.3, 29.6, Table SM24-7, Box 25-5	
Spheres of change	<b>Practical:</b> Social & technical innovations, behavioral shifts, or institutional & managerial changes that produce substantial shifts in outcomes.	8.3, 17.3, 20.5, Box 25-5	
	<b>Political:</b> Political, social, cultural, & ecological decisions & actions consistent with reducing vulnerability & risk & supporting adaptation, mitigation, & sustainable development.	14.2-3, 20.5, 25.4, 30.7, Table 14-1	
	<b>Personal:</b> Individual & collective assumptions, beliefs, values, & worldviews influencing climate-change responses.	14.2-3, 20.5, 25.4, Table 14-1	
Transformation including incremental & transformational adjustments			

Abbildung 7: Verschiedene Ebenen von Anpassungsstrategien – bis hin zur „Transformation“ der Gesellschaft/Lebensgrundlagen (IPCC 2014b).

Im Kontext dieser Überlegungen ist es durchaus angebracht, gewisse Entwicklungen und Projektarbeiten in der Entwicklungszusammenarbeit kritisch zu betrachten. Bei Projekten, die die erfolgreiche Anpassung von Bauern als Thema haben geht es meist darum, sicherzustellen, dass kleinbäuerliche Produktionsstrukturen auch in Zukunft überlebensfähig sind. Dies ist im Grunde eine Zementierung der heutigen Situation und lässt keinen Strukturwandel zu, wie er in den Industrieländern überall beobachtet wurde, respektive lässt keine fundamentale Transformation zu, wie sie vielleicht angesichts des Klimawandels in gewissen Kontexten unvermeidlich ist. Solche Unterstützung und solche Projekte können zentral für das Überleben der Bauern sein, insbesondere in Kontexten in denen der Staat diesen Aufgaben nicht nachkommt. Zugleich ist es aber heikel, wenn NGOs solche eigentlich zentralen Staatsaufgaben übernehmen – und dies in unkoordinierter Weise geschieht. Interessant ist aber in diesem Zusammenhang die Kampagne von Helvetas-Swiss Intercooperation „Echte Veränderung“, die ab Ende 2016 in der Schweiz durchgeführt wurde: teils ein klares Statement, dass eine Entwicklung vom Kleinbauern in andere Berufszweige eigentlich das Ziel der Entwicklung wäre – was aber nur funktioniert, wenn erstens diese Alternativen vorhanden sind, zweitens der Agrarsektor eigentlich mit weniger Arbeitskraft, also weniger kleinbäuerlich produzieren kann (Helvetas 2016).



Dies sei hier nur kurz als Anregung erwähnt, um darüber nachzudenken, was eigentlich projektbasierte Entwicklungszusammenarbeit in der Summe politisch bedeuten kann und dass man die Option oder Notwendigkeit fundamentaler gesellschaftlicher Veränderungen – eben einer „Transformation“ – unbedingt im Blick haben sollte. Mehr dazu findet sich zum Beispiel in Muller et al. (2015) oder Muller et al. (2013).

### 3.2 Wie misst man Anpassung an den Klimawandel?

Eine zentrale Frage bei der Anpassung an den Klimawandel ist die, wie man das eigentlich misst. Erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel ist oft erst Jahre oder Jahrzehnte später feststellbar – gegeben die zeitlichen Dimensionen, die bis 2050 oder 2100 reichen. Man hat deshalb fast nichts in der Hand um über eine normale „Projektlaufzeit“ von 3 oder höchstens 5 Jahren abschätzen zu können, ob irgendwelche Massnahmen wirklich zur Anpassung beitragen oder nicht.

Eine erste Frage, die man natürlich klären muss ist die, wie denn erfolgreiche Anpassung gemessen werden würde. Wie oben dargelegt, kann Anpassung auf Feld- bis Gesellschaftsebene erfolgen. Entsprechend kann erfolgreiche Anpassung darin bestehen, dass die Erträge auch unter dem Klimawandel weiter steigen oder zumindest nicht abnehmen, oder es kann bedeuten, dass sich die Einkommenssituation eines Haushalts nicht verschlechtert hat. In letzterem Fall kann dies aber auch dadurch erreicht worden sein, dass der Haushalt nicht mehr in der Landwirtschaft tätig ist – ja vielleicht nicht mal mehr dort wohnt, wo er vorher gewohnt hat.

Indikatoren erfolgreicher Anpassung, die nahe der landwirtschaftlichen Produktion sind, sind neben guten Erträgen einzelner Kulturen Eigenschaften wie hohe Wassernutzungseffizienz (da dies bedeutet, dass eine Kultur gut mit Trockenheit umgehen kann). Es kann aber auch der Ertrag an Protein pro Hektare über eine ganze Region und mehrere Fruchtfolgeglieder gemittelt bedeuten – was dann eher eine Komponente der Ernährungssicherung auf Gemeinschaftsebene als der Ertragssicherung auf agronomischer Ebene abbilden würde. Und es kann eben auch in monetären Werten beurteilt werden, wie zum Beispiel über das Haushaltseinkommen pro Jahr, und ob dieses sinkt oder nicht.

Wichtig ist hier vor allem, die ganze Breite zu denken und den für die jeweilige Situation am besten geeigneten Indikator zu identifizieren – was beileibe nicht trivial ist. Oft wird man auch mit den Betroffenen zusammen überhaupt erst entwickeln können, was denn erfolgreiche Anpassung wäre.

### 3.3 Was kann man konkret tun?

Es gibt natürlich eine Unmenge an Anpassungsstrategien und –aktivitäten. Für einen Beginn kann man zum Beispiel mal bei der FAO auf den entsprechenden Seiten schauen (FAO 2018), und insbesondere auch viel von den in den verschiedenen Berichten beschriebenen Fallstudien lernen.

Für die Schweiz gibt es eine erste Übersicht in der Klimastrategie Landwirtschaft von 2011 (BLW 2011). Sie listet für die Anpassung die folgenden Teilziele auf, die dann entlang verschiedener Handlungsfelder noch weiter verfeinert und betreffend möglicher Aktivitäten konkretisiert werden:

- **„Standorteignung:** Die landwirtschaftliche Produktion wird der sich verändernden Standorteignung angepasst. Das Produktionspotenzial wird durch eine intelligente Raumordnung und eine standortgerechte Bewirtschaftung bestmöglich genutzt und die Risikoexposition verringert. Durch die Eindämmung der Bodenversiegelung bleiben der Landwirtschaft die besten Böden (Fruchtfolgeflächen) erhalten.
- **Starkniederschläge:** Erosion und Auswaschung von Nährstoffen wird insbesondere durch eine standortangepasste ackerbauliche Nutzung vorgebeugt. Das Verdichtungsrisiko wird gezielt reduziert.
- **Trockenheit:** Das Wassermanagement wird optimiert indem durch strukturschonende Bewirtschaftung die Wasserrückhaltung der Böden verbessert, Verdunstungsverluste verringert und kritische Bodenwasserzustände vermieden werden. Die Bewässerung orientiert sich am Wasserangebot und erfolgt sparsam und effizient. Es werden vermehrt trockenheitstolerante Kulturen und Sorten angebaut.
- **Hitzestress:** Zur Vermeidung von Hitzestress bei Tieren und Pflanzen werden effektive Massnahmen entwickelt und angewendet (Schatten, Abkühlung, Züchtung, etc.).
- **Schadorganismen:** Potentiell schädliche Organismen, deren Verbreitungsgebiet sich in die Schweiz auszudehnen droht, werden überwacht. Neuaufretende Schadorganismen mit hohem Schadenspotential werden frühzeitig erkannt und Massnahmen zur Prävention und Bekämpfung ergriffen. Es werden alternative Bekämpfungsmassnahmen und Anti- Resistenzstrategien entwickelt.
- **Preisvolatilitäten:** Die Auswirkungen von Preisschwankungen werden durch ein effektives Risikomanagement (Betriebs- und Einkommensdiversifizierung, Lagerhaltung, vertragliche Absicherung, Versicherungen etc.) und integrierte Märkte abgedeckt.“ (BLW 2011)

Es gab dann verschiedene Pilotprojekte zur Anpassung in der Schweiz, zum Beispiel im Rahmen des „Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel“ des Bundesamts für Umwelt BAFU (BAFU 2018), welches in einer ersten Phase von 2013-2017 lief und 31 Pilotprojekte durchführte (BAFU 2017). Zur Zeit ist es möglich, für die zweite

Projektphase 2018-2022 Interessensbekundungen einzugeben. Von den 31 Projekten der ersten Phase sind die folgenden besonders relevant für die Landwirtschaft und illustrieren die breite möglicher Anpassungsmassnahmen:

- Projekt 4: Wasserknappheitshinweiskarten im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees
- Projekt 5: Nutzung von Fliessgewässern unter veränderten klimatischen Bedingungen
- Projekt 6: Umgang mit Wasserknappheit in der Thurgauer Landwirtschaft
- Projekt 7: Optimale Nutzung der Wasserressourcen durch die Landwirtschaft
- Projekt 8: Notfall- und Massnahmenplan Wasserknappheit im Smaragd-Gebiet Oberaargau
- Projekt 10: Bodenfeuchtemonitoring Zentralschweiz
- Projekt 11: Verbesserte Bodenfunktionen zum Ausgleich klimatischer Extreme
- Projekt 12: Vorbereitung der Futterproduktion auf den Klimawandel
- Projekt 13: Indexbasierte Graslandversicherung
- Projekt 24: Überwachungssystem für Kulturpflanzen-schädlinge

Zum Schluss noch die Frage, ob denn die Umstellung auf Bio eine gute Anpassungsstrategie wäre. Wissenschaftliche Evidenz dazu liegt noch nicht genügend vor um dazu statistisch robuste Aussagen zu machen, dass biologische Produktionssysteme im Schnitt besser angepasst an den Klimawandel seien als konventionelle. Es gibt jedoch eine Reihe spezifische Studien, die in diese Richtung deuten, und auch viel anekdotische Evidenz aus konkreten Projekten. Auch konzeptionelle Überlegungen deuten in diese Richtung, zum Beispiel über die bessere Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit, grössere Diversität, standortangepasste Sortenwahl, etc. – aber mehr Forschung, um das statistisch abzusichern ist nötig.

## **4 Beitrag der Landwirtschaft und des Ernährungssystems zum Klimawandel**

### *4.1 Emissionen des Landwirtschaftssektors gemäss IPCC*

Global betragen die direkten Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft etwa 10-15% der totalen anthropogenen Treibhausgasemissionen. Die Hauptquellen sind die Methanemissionen aus der enterischen Fermentation der Wiederkäuer und die Lachgasemissionen aus der Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Böden. Weitere Emissionsquellen sind die Hofdüngerlagerung, Verbrennung von Ernterückständen und die Reisproduktion. Dies sind die Hauptemissionsquellen, die gemäss den IPCC Richtlinien dem THG-Inventar des Landwirtschaftssektors zuzurechnen sind. Die Emissionen aus der Produktion von Mineraldüngern, und von Energieverbrauch für Maschinen, Bewässerung, etc. werden anderen Sektoren zugerechnet. Inhaltlich mach es aber Sinn, diese auch direkt dem Landwirtschaftssektor zuzurechnen, wie z.B. in Abbildung 8 illustriert. Diese Zahlen stammen aus 2007 (Daten aus 2005), aber auf globaler Ebene gibt es eigentlich noch keine viel besseren Abschätzungen für die gesamte Landwirtschaft. Es gibt solche für alle Länder, die unter dem Kyoto-Protokoll Verpflichtungen eingegangen sind – also den meisten Industrieländern, und es gibt sie für den Tierhaltungssektor (FAO 2013) und ein wenig aktueller in Tubiello et al. (2013) – mit Daten von 2010, aber nur den Landwirtschaftssektor gemäss IPCC abdeckend, also insbesondere nicht die Produktion der Mineraldünger, Abbildung 9. Das grobe Bild ändert sich zur Zeit aber wenig.

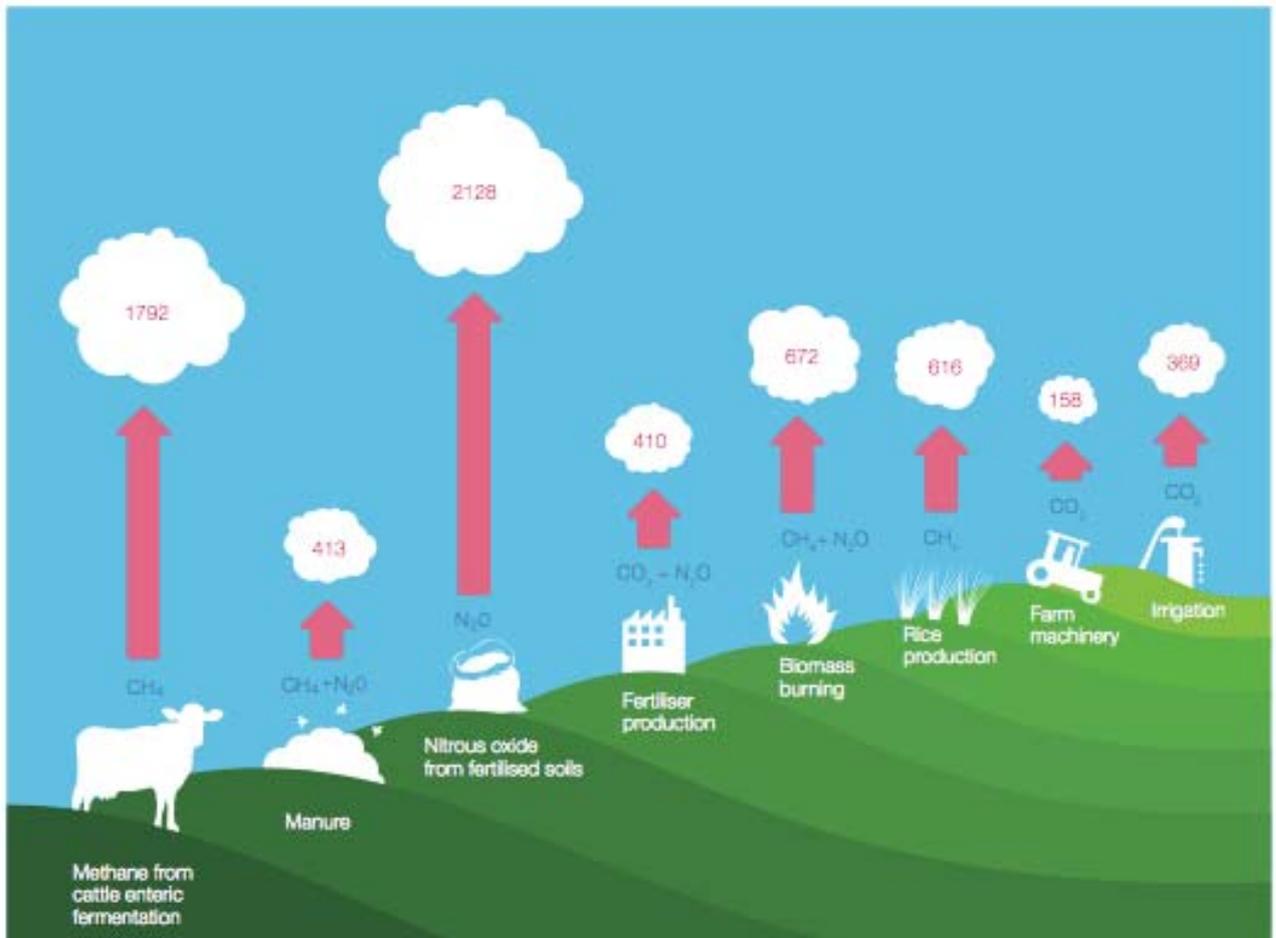


Abbildung 8: Emissionen aus der Landwirtschaft, angepasst nach Bellarby et al. (2007).

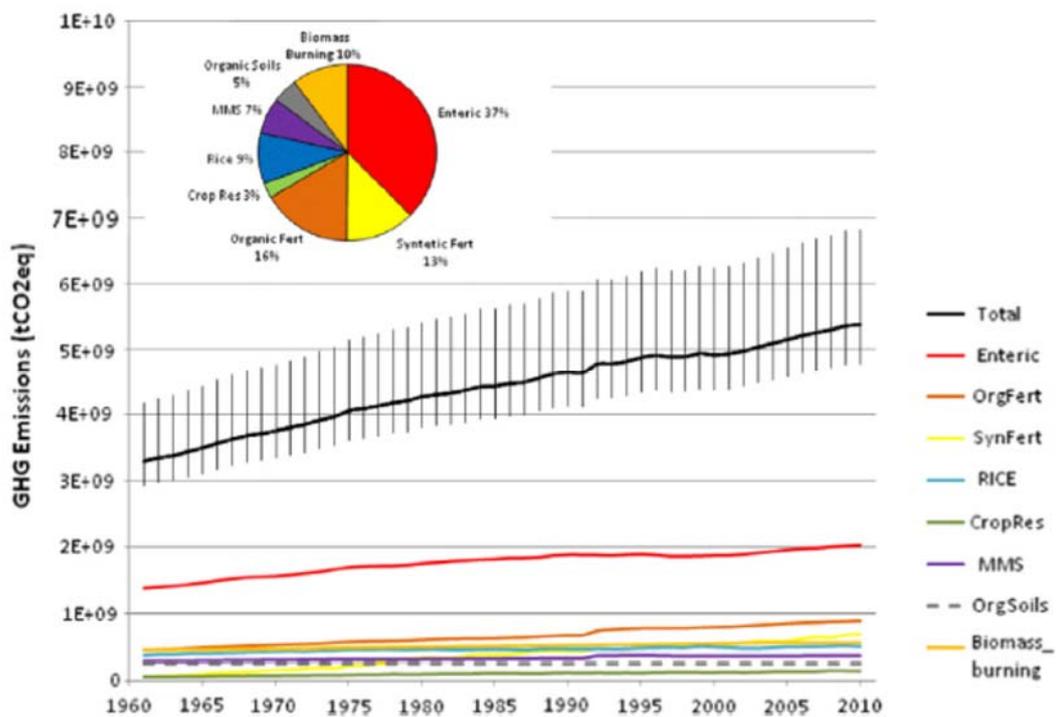


Abbildung 9: Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 (Tubiello et al. 2010). Man beachte, dass „synthetic fertilizers“ die Anwendung der Dünger, nicht deren Herstellung bedeutet.

#### 4.2 Emissionen entlang der Wertschöpfungskette und auf Ebene Ernährungssystem

Die oben referierten Zahlen gemäss IPCC Treibhausgasinventar beziehen sich primär auf die direkten Emissionen der Landwirtschaft. Die Publikation von Bellarby et al. (2007), vgl. oben, berücksichtigt dann noch die Mineraldüngerproduktion und gewisse fossile Energien (Maschinen, etc.). Um ein umfassendes Bild des Beitrags der Landwirtschaft zu dem Emissionen zu gewinnen, ist es wichtig, diese klar der Landwirtschaft zugeordneten weiteren Emissionen auch im Blick zu haben.

Dies betrifft schliesslich auch Landnutzungsänderungen wie Entwaldung, die teils auch direkt auf die Landwirtschaft zurückzuführen sind, aber in den IPCC-Inventaren auch anders zugeordnet werden. Diese Emissionen sind sehr Unsicher, können aber sehr gross sein, wie zum Beispiel in Abbildung 10 dargestellt. Mit diesen Emissionen kann dann der Beitrag der Landwirtschaft bis zu 30 Prozent betragen. Die Emissionen rühren dabei aus dem Verlust der Biomasse (beim Wald) und aber vor allem aus dem Verlust von gebundenem Bodenkohlenstoff beim Umbruch von Wald oder Grasland zu Ackerland her, da die ersteren beiden viel höhere Gleichgewichtsniveau an organischem Bodenkohlenstoff aufweisen als Ackerland.

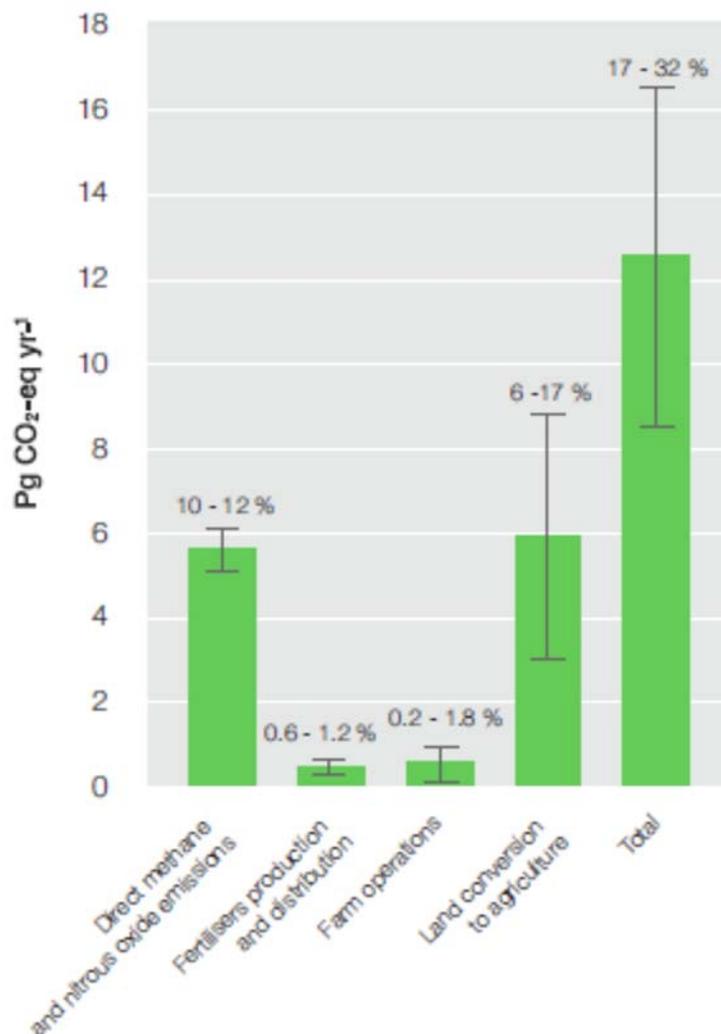
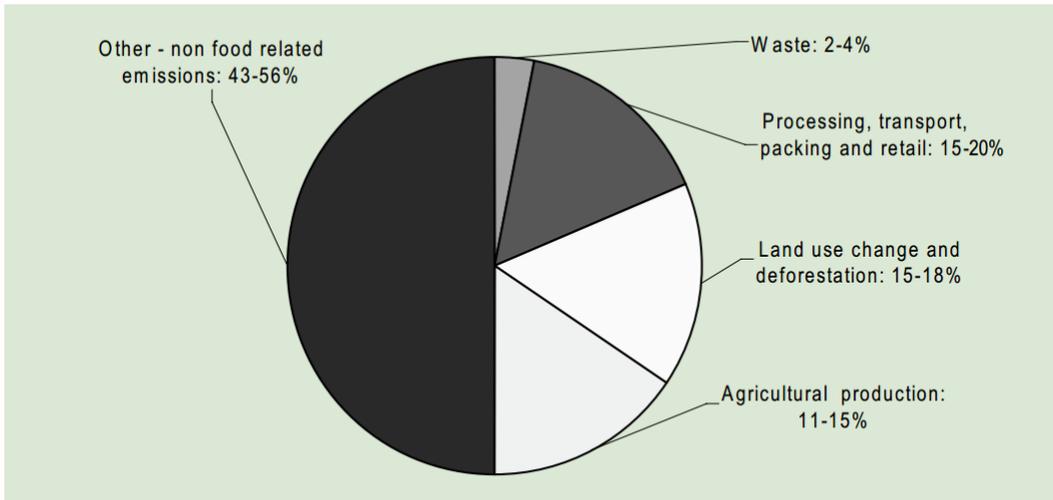


Abbildung 10: Emissionen der Landnutzungsänderungen (Bellarby et al. 2007).

Es gibt dann auch Institutionen, die versuchen den Treibhausgasabdruck des ganzen Ernährungssystems zu erfassen, also sämtliche nachgelagerten Emissionen aus Transport, Verarbeitung, etc. auch noch dazuzählen, was dann Zahlen um etwa 50 Prozent ergibt (z.B: GRAIN 2014; Abbildung 11).

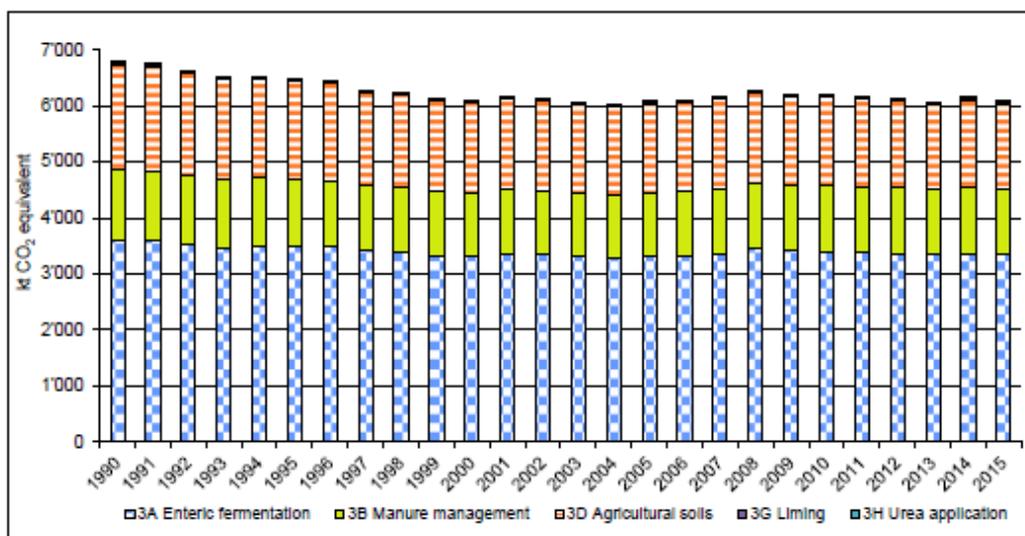
**Figure 9: Contribution of the global food production system to total GHG emissions**



Source: Estimates of GRAIN

*Abbildung 11: THG Emissionen des gesamten Ernährungssystems (GRAIN 2014)*

Wenn man dies nun für die Schweiz anschaut, dann zeigt sich ein teils ähnliches Bild – etwas 13 Prozent der totalen THG-Emissionen sind direkt der Landwirtschaft zuordenbar und dabei ist die enterische Fermentation die wichtigste Kategorie. In der Schweiz ist sie aber anders als global nochmals viel wichtiger als die gedüngten Böden (Abbildung 12). Die Verbrennung von Biomasserückständen ist in der Schweiz (wie in vielen Industrieländern) verboten und Reis spielt keine Rolle.

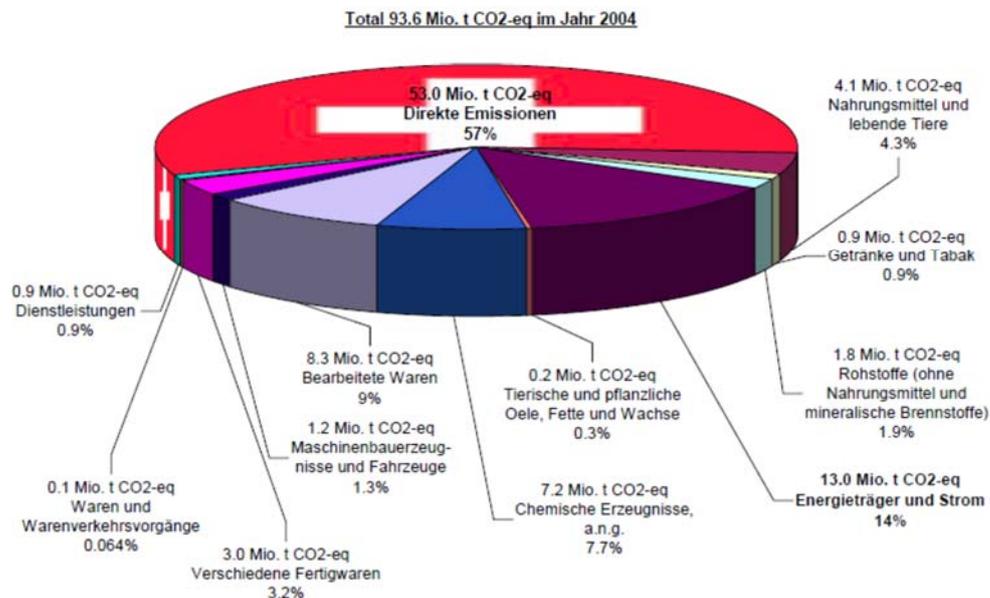


*Abbildung 12: Emissionen der Schweizer Landwirtschaft (BAFU 2017).*

Was bei der Schweiz – oder auch anderen Ländern in Gegensatz zur globalen Analyse aber wichtig ist sind Importe und Exporte. Eine ältere Abschätzung beziffert die grauen Emissionen der Nahrung als etwa 5 Prozent der Totalen Emissionen, das heisst, dass etwa ein Drittel der Emissionen der Landwirtschaft in der Schweiz noch als graue Emissionen dazukommen (Jungbluth et al. 2007; Abbildung 13).

Abb. A > Weisse und graue Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz im Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr).

In dieser Grafik werden die weissen und grauen Emissionen aller in der Schweiz konsumierten Waren und Dienstleistungen berücksichtigt. Die direkten Emissionen betragen 53 Mio. Tonnen. Die grössten Netto-Importe kommen aus dem Energiebereich mit 13 Mio. Tonnen. Dienstleistungen (inkl. die Bilanz des Flugverkehrs vom und nach dem Ausland) tragen nur knapp 1 Mio. t zum Gesamtsaldo bei.



Quelle: Berechnung EGU-services GmbH.

Abbildung 13: Graue Emissionen der Schweiz (Jungbluth et al. 2007).

#### 4.3 Einige Details zu den Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft

Die Emissionen aus der Herstellung der Mineraldünger sind zwar global gesehen signifikant, aber im Vergleich zu anderen Quellen bei weitem nicht dominierend. Dies kann sich in Industrieländern oder auch auf EU-Ebene anders darstellen, also in Gebieten, in denen die Landwirtschaft intensiv und mit entsprechend hohem Einsatz an Mineraldüngern betrieben wird. So beträgt der Anteil der THG-Emissionen aus der Produktion von Mineraldüngern in der EU fast 20 Prozent der landwirtschaftlichen Emissionen (Muller et al. 2017).

Bei den Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O) aus gedüngten Böden ist es wichtig, zu betonen, dass alle Stickstoffquellen zu solche Emissionen führen – seien es synthetische Stickstoffdünger oder Leguminosenbiomasse. Laut IPCC werden alle Dünger mit dem gleichen Emissionsfaktor verrechnet. Es gibt aber Hinweise darauf, dass die Dynamik im Boden für organische und mineralische Dünger sehr verschieden ist, was bei der Berechnung der Emissionsfaktoren berücksichtigt werden sollte. Verschiedene Anstrengungen diese Emissionsfaktoren zu verfeinern werden zur Zeit unternommen (unter anderem am FiBL zu organischen Düngern), sind aber noch nicht abgeschlossen.

Für die zentrale Kategorie der Emissionen der Wiederkäuer ist es wichtig, wieder die „Konsistenzdiskussion“ aufzunehmen. Die Wiederkäuer emittieren viel Mehr THG pro Kilogramm Produkt als andere Tiere oder pflanzliche Proteinquellen. Im Rahmen einer systemischen Betrachtung spielen die Wiederkäuer aber eine wichtige Rolle, um Grasland für die Nahrungsproduktion nutzbar zu machen. Wie in der Vorlesung zu Bio und Welternährung dargelegt, ist aber eine solche systemische Betrachtungsweise zentral, und die hohen Emissionen pro Kilogramm Produkt dürfen nicht zu vorschnellen Handlungen verleiten. Wenn die Tierzahlen stark genug sinken, zum Beispiel beim Verzicht auf Kraftfutter, und wenn die Konsumenten mitziehen, durch eine Reduktion der tierischen Produkte in der Ernährung, dann sind nachhaltige Ernährungssysteme möglich in denen Wiederkäuer eine wichtige Rolle spielen, die aber dennoch total tiefe THG Emissionen haben.

## 5 Minderung der THG-Emissionen

Entsprechend den verschiedenen Emissionsquellen der Landwirtschaft gibt es eine Reihe von Minderungsmöglichkeiten. Diese sind zum Beispiel in Smith et al. (2008) zusammengefasst, eine Publikation die auf dem entsprechenden Kapitel des vierten Sachstandberichts der IPCC AR4 2007 beruht. Spezifisch für die Schweiz finden sich Massnahmen zum Beispiel in der Klimastrategie Landwirtschaft des BLW (BLW 2011). Diese sind in folgenden Teilzielen zusammengefasst, die dann noch weiter detailliert werden:

- **„Tierproduktion:** Die Produktion von tierischen Erzeugnissen wird bezüglich ihrer Klimawirkung optimiert (weniger Emissionen pro produzierte Einheit). Produktivität und Effizienz werden erhöht beziehungsweise unproduktive Phasen minimiert. Die Zusammensetzung der Futtermitteln wird auf den Bedarf abgestimmt. Bei den Tieren werden eine hohe Lebensleistung und eine gute Gesundheit angestrebt. Die Produktion von tierischen Erzeugnissen hat standortgerecht zu erfolgen (ausgeglichene Nährstoffbilanzen, Verwendung lokaler Futtermitteln).
- **Düngermanagement:** Lagerung und Ausbringung sind so emissionsarm wie möglich zu gestalten. Einrichtungen zur Lagerung von Hofdüngern sind so auszustatten und zu betreiben, dass keine vermeidbaren Verluste entstehen. Düngerform und -menge sowie der Ausbringungszeitpunkt sind dem Pflanzenbedarf, dem Bodenzustand und den Witterungsverhältnissen optimal anzupassen. Bilanzüberschüsse (insbesondere bezüglich Stickstoff) werden abgebaut. Mineraldünger werden weitgehend durch geeignete und weniger energieintensive Alternativen substituiert.
- **Bodenbewirtschaftung:** Bodenstruktur und -fruchtbarkeit werden allgemein verbessert und dauerhaft erhalten. Mit einem gezielten Management des Umsatzes an organischer Substanz (Humusbilanz) wird die Kohlenstoffspeicherung gefördert und die spezifischen C-Optima angestrebt. Die Landwirtschaft soll zu einer Netto-Kohlenstoffsénke werden. Die Kohlenstoffspeicherung durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen soll die C-Verluste (z.B. Emissionen als Folge des Grünlandumbruchs oder der Bewirtschaftung ehemaliger Moore) mindestens ausgleichen. Im Rahmen der Bodenbewirtschaftung werden zudem die Lachgasemissionen aus gedüngten Böden soweit möglich eingedämmt und die Methanbindung gefördert.
- **Energieeffizienz:** Die Energieeffizienz wird verbessert. Durch den effizienten Einsatz von effizienten Maschinen und Geräten wird Energie eingespart. Gebäude werden energetisch optimiert. Anfallende Wärme wird genutzt.
- **Energieproduktion:** Der Einsatz und die Produktion erneuerbarer Energien werden gesteigert. Die Landwirtschaft wird zur Netto-Energieproduzentin, das heisst sie produziert insgesamt mehr erneuerbare Energie als sie direkt und indirekt verbraucht. Bezüglich Energie aus Biomasse sind die Vorgaben der Biomassestrategie (keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion) einzuhalten.“

Wichtig dabei ist, dass das Potential der Konsumveränderung explizit benannt und in die Ziele einbezogen wird – muss doch ein die Hälfte des angestrebten Ziels an Emissionsreduktionen (2/3 bis 2050 im Vergleich zu 1990!) durch Konsumänderungen kommen, also ein Drittel der Emissionen der Landwirtschaft sollen aufgrund veränderten Konsums reduziert werden.

Eine Übersicht der dann betrachteten Handlungsfelder in der Klimastrategie ist in gegeben:



Abbildung 14: Handlungsfelder der Klimastrategie Landwirtschaft (BLW 2011).

Nachfolgend gehe ich kurz auf die wichtigsten Aspekte ein.

#### 5.1 Lachgasemissionen

Einer der grössten Hebel zur Minderung der THG-Emissionen der Landwirtschaft liegt bei der Stickstoffdüngung. Eine Reduktion der ausgebrachten Stickstoffmengen würde direkt die Lachgasemissionen reduzieren. In intensiven Produktionsgebieten ist eine gewisse Reduktion ohne nennenswerte oder zumindest mit stark unterproportionalen (im Vergleich zur reduzierten N-Menge) Ertragseinbussen möglich – zum Beispiel in der Schweiz, wenn die N-Überschüsse fast 90 kg N/ha betragen. Strategien, um die N-Mengen ohne Ertragseinbussen zu reduzieren kommen auch aus der Präzisionslandwirtschaft, zum Beispiel wenn man vermehrt den „4R“ der präzisen Düngung zu folgen versucht („right source – right rate – right time – right place“), was natürlich mit Mineraldüngern einfacher geht als mit organischen Düngern, welche teils eine heterogene Struktur haben und eine viel komplexere und ohne zusätzliche Messungen unbekannte Nährstoffzusammensetzung aufweisen. Die richtige Wahl der Fruchtfolgen und ein Fokus auf gute Bodenstruktur schliesslich kann auch dazu beitragen, die N-Verluste, die am Ende teils als Lachgas emittiert werden zu reduzieren.

Ein anderer Ansatz besteht darin, direkt auf die biologischen Prozesse einzuwirken, die zu den Lachgasemissionen führen. Dies wird mit sogenannten Nitrifikationshemmern erreicht, die zum Beispiel den Düngern beigemischt werden können. Dabei ist jedoch unklar, wie sich dies längerfristig auf die Bodenbiologie auswirken wird.

Wenn man das ganze systemisch betrachtet (vgl. die Lektion zu „Kann Bio die Welt ernähren?“), dann hat die Reduktion der Düngermengen ein grosses Potential wenn sich der Konsum entsprechend anpasst und die Gesamtproduktion eben kleiner sein kann – zum Beispiel, weil weniger Kraftfutter angebaut werden muss respektive weniger Nahrungsmittelabfälle anfallen – beides Strategien, die dazu führen, dass die Gesamtproduktion kleiner werden kann, was mit einer entsprechenden Reduktion der Düngermengen einherginge.

### 5.2 *Wiederkäuer und enterische Fermentation*

Bei den Wiederkäuern lassen sich die Methanemissionen teils durch Futtermittelzusätze reduzieren. Gerade kürzlich ging auch die Meldung durch die Medien, dass gewisse Algen eine grosse Reduktion dieser Emissionen bewirken würden. Dabei ist es jedoch noch nicht klar, wie dies längerfristig die Tiergesundheit tangiert.

Über die Fütterung lassen sich diese Emissionen auch reduzieren, aber nur dadurch, dass weniger schwerer verdauliches Raufutter und mehr leichter verdauliches Kraftfutter verfüttert wird, eine Strategie, die aus vielen anderen Nachhaltigkeitsüberlegungen nicht vorteilhaft ist.

Ein weiterer Ansatz besteht in der Erhöhung der THG-Effizienz der Wiederkäuer. So sind die Emissionen pro Kilogramm Produkt bei intensiver Produktion mit höherer Tagesleistung oft tiefer als bei extensiverer Produktion. Dies hängt auch eng mit der Fütterung zusammen, sind die hohen Tagesleistungen doch nur mit hohen Kraftfuttermengen zu erreichen. Bei diesem Ansatz muss aber beachtet werden, dass bei der Milchproduktion immer auch Emissionen der unproduktiven Wachstumsphase anfallen und dass diese relativ weniger werden je mehr Laktationen eine Kuh hat. Dies kann dann am besten über die Emissionen pro Lebenstageleistung erfasst werden. Dazu liegen jedoch noch nicht sehr viele Daten vor, zum Beispiel darüber, welche Rassenwahl, welches Fütterungs- und Haltungssystem in Kombination die tiefsten Emissionen pro Lebenstageleistung erlauben.

Die einfachste Methode der Reduktion wäre schliesslich über die Reduktion der Tierzahlen. Dies geht aber natürlich mit einer entsprechenden Reduktion der Produktion einher und kann somit nur als Minderungsstrategie gelten, wenn der Konsum sich auch entsprechend reduzieren würde – man vergleiche dazu die systemischen Diskussionen der Lektion zu „Kann Bio die Welt ernähren?“.

### 5.3 *Bodenkohlenstoff*

Ein wichtiger Aspekt bei der Minderung des Klimawandels in der Landwirtschaft ist die Speicherung von Bodenkohlenstoff. Durch geeignete Bewirtschaftungsmethoden kann man die Bodenkohlenstoffniveaus anheben und dadurch CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre binden, was einen Minderungseffekt hat. Dies ist keine Emissionsminderung, sondern eher eine Kompensation, da die Emissionen, die anderswo angefallen sind, durch die Speicherung des CO<sub>2</sub> quasi „ungeschehen“ gemacht werden. Die erhöhte Bodenkohlenstoffspeicherung hat viele positiven Nebeneffekte, da die Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit zunehmen und somit die Pflanzen besser gedeihen und in der Tendenz robuster sind. Die Speicherung von Kohlenstoff im Boden folgt aber einer Sättigungsdynamik und kommt bei einem Gleichgewicht wieder zum Halten. So kann man auf gängigen landwirtschaftlichen Böden oft ein eher tiefes Niveau feststellen, das durch geeignete Massnahmen erhöht werden kann – aber nicht beliebig (Abbildung 15).

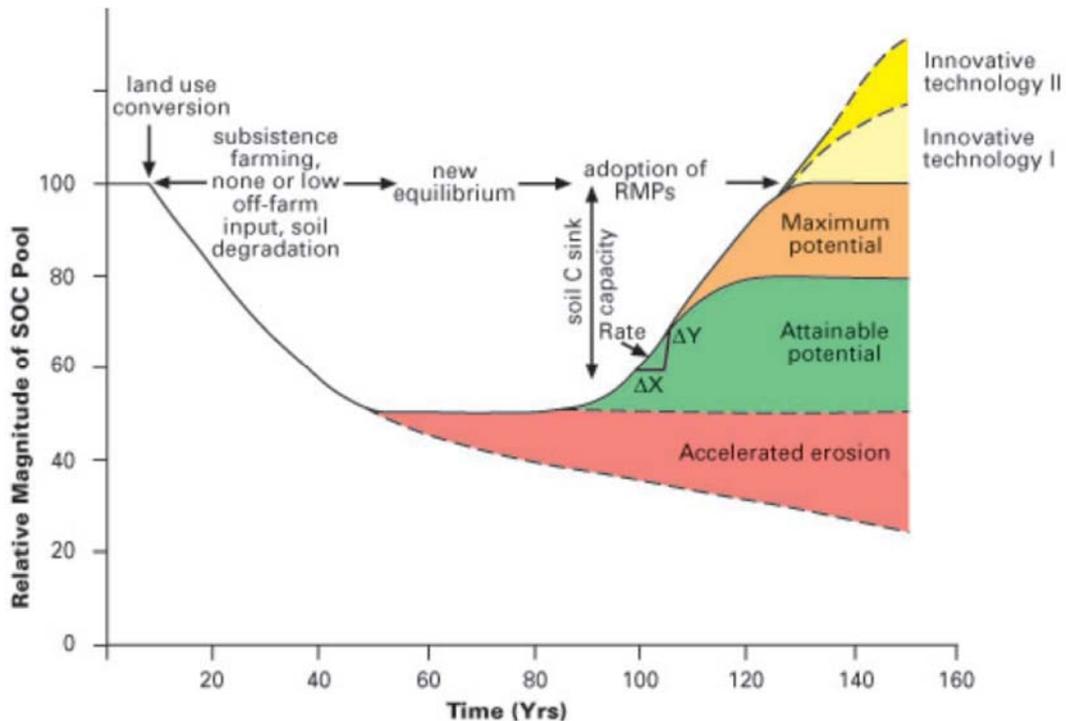


Abbildung 15: Sättigungsdynamik der Bodenkohlenstoffsequestrierung (Quelle?)

Oft ist es aber auch so, dass landwirtschaftliche Böden, die vor dem Umbruch zum Beispiel Grasland oder Wald waren über die Jahre Kohlenstoff verlieren – und eine verbesserte Bewirtschaftung dann gegenüber der hergebrachten nur zu einer Verlangsamung dieses Verlustes führt – und schliesslich zu einem Gleichgewicht auf höherem Niveau, aber immer noch tiefer als in der Ausgangslage. Dieser andauernde Verlust und die tieferen Verlustraten beim biodynamischen System gegenüber dem mineralisch gedüngten (vgl. Abschnitt 5.6. unten) kann zum Beispiel auch beim DOK-Versuch festgestellt werden (Fließbach et al. 2007).

Zur Zeit ist wieder eine lebhafte Diskussion zum globalen Minderungspotential der Bodenkohlenstoffsequestrierung im Gange, die vor allem durch die 4p1000-Initiative (<https://www.4p1000.org/>), welche an der COP 23 in Paris lanciert wurde wieder an Dynamik gewann. Diese Initiative verspricht ein sehr optimistisches Sequestrierungspotential, was bezüglich des Klimaschutzes kritisch zu betrachten ist, da es allenfalls Anstrengungen in anderen Bereichen vermindern könnte (z.B. bei der Reduktion fossiler Energien). Andererseits bekommt dadurch der Boden eine starke Stimme in der Klimadiskussion und ein Fokus auf fruchtbare Böden, deren Erhalt und Verbesserung hat eine Reihe umfassender Nachhaltigkeitsbenefits neben dem Beitrag zur Minderung des Klimawandels, nicht zuletzt betreffend der Anpassung an den Klimawandel.

Bei der Bodenkohlenstoffsequestrierung ist insbesondere auch Grasland zu erwähnen, für welches zum Teil bei optimalen Management ein riesiges Potential vorhergesagt wird. Dies ist aber auch mit Vorsicht zu geniessen, die Unsicherheiten sind riesig, und das Potential sollte eher nicht überschätzt werden (Garnett et al. 2017). Wichtig ist aber, dass die Graslandflächen schon heute riesige Mengen an Kohlenstoff binden und dass bei einem Umbruch dieser Flächen in Ackerland oder bei schlechter Bewirtschaftung ein Grossteil dieser Mengen emittiert werden könnte. Es geht also vor allem auch darum, den schon heute in Graslandflächen gebundenen Kohlenstoff dort zu erhalten und zu vermeiden, dass er emittiert wird, vielmehr vielleicht, als zu versuchen neuen Kohlenstoff in Graslandflächen zu speichern.

#### 5.4 Hofdüngerlagerung und weiteres

Wie eingangs erwähnt gibt es noch weitere Minderungsmöglichkeiten, die generell weniger Hebelwirkung haben aber teils auch sehr relevant sind (z.B. Hofdüngerlagerung) oder in der Summe wichtig werden können. Massnahmen in diesem Bereich sind zum Beispiel die Optimierung der Hofdüngerlagerung, um Emissionen zu reduzieren. Ein häufiger Ansatz im Süden ist dabei die Nutzung von bislang offenen anaeroben Gülle- und Abwasserlagunen der Schweinemast, etc. für die Bioenergiegewinnung. Dabei entweicht das entstehende Methan nicht einfach in die Atmosphäre, sondern wird eingefangen und energetisch genutzt. Andere Ansätze sind die Optimierung des Reifendrucks der landwirtschaftlichen Maschinen, um Treibstoff zu sparen oder die optimale Ausbringung von Gülle und Mist (z.B. mit Schleppschlauch statt Prallteller), um die Emissionen zu reduzieren (wirkt vor allem auch gegen Ammoniak, aber in Folge dann auch gegen Lachgas). Zu nennen sind schliesslich auch Massnahmen im Gebäudebereich (Isolation), bei der Lagerung (effiziente Milchkühlung) und die Möglichkeiten die oft grossen Dachflächen auf Landwirtschaftlichen Betrieben z.B. in der Schweiz für die Produktion von Solarenergie zu nutzen (was natürlich keine direkte Minderungsmassnahme in der Landwirtschaft ist).

#### 5.5 Systemische Ansätze

Es ist wichtig, nochmals die systemischen Ansätze zu betonen, die am Ende die grösste Hebelwirkung haben, vgl. auch die Lektion zu „Kann Bio die Welt ernähren?“.

Die Reduktion der Nahrungsmittelabfälle und die Reduktion der Kraftfuttergaben mit entsprechender Reduktion der Tierzahlen (dabei aber mit Fokus auf graslandbasierte Fütterung und Verwertung von Neben- und Abfallprodukten als Futtermittel) und entsprechender Reduktion der Anteile tierischer Produkte in der Ernährung sind sehr vielversprechend. Damit einhergehend der verminderte Zwang hohe Erträge zu realisieren, da das ganze Ernährungssystem „kleiner“ wird und somit Raum gibt für weniger intensive Produktion – also eine Produktion mit weniger Stickstoffeinsatz und entsprechend tieferen Emissionen aus der Stickstoffdüngung.

#### 5.6 Bio als Klimaschutzmassnahme?

Dies leitet noch über zur Frage ob denn eigentlich Bio eine Klimaschutzstrategie darstellt, wie oft auch behauptet wird. Biolandbau nutzt eine Reihe von Kernpraktiken, die im Rahmen des Klimaschutzes zunehmend auch für die konventionelle Landwirtschaft empfohlen werden. Ein Beispiel ist die Nutzung organischer Dünger und ein vermehrter Fokus auf Bodenfruchtbarkeit und optimierte Fruchtfolgen, um organischen Bodenkohlenstoff und somit CO<sub>2</sub> zu binden. Eine Umstellung auf Bio ohne Konsumseitige Massnahmen dürfte aber nicht zum Klimaschutz beitragen – zusammen mit konsumseitigen Massnahmen stellt Bio aber eine umfassend nachhaltige Lösungsstrategie dar (vgl. Muller et al 2017 und die Lektion „Kann Bio die Welt ernähren?“).

Bezüglich Bodenkohlenstoffsequestrierung lässt sich sagen, dass der Biolandbau höhere Raten als die konventionelle Landwirtschaft aufweist (Gattinger et al. 2012). Die Datenlage wird jedoch dünn, wenn man auf geschlossene Systeme fokussiert (also solche ohne externen Biomasseinput – aber nur solche sind natürlich grossflächig nachhaltig) und die Unterschiede bleiben dann zwar positiv, sind aber nicht mehr signifikant.

Ein wenig genauer wurde dies in Muller et al. (2016) für die EU abgeschätzt (Abbildung 16). Darin wird aufgezeigt, wie viele Emissionen eingespart und wieviel zusätzliche Bodenkohlenstoffspeicherung realisiert werden könnten, wenn in der EU bis 2030 50 Prozent der Produktion biologische wären. Das kumulative Einsparpotential beträgt 12-14%, was vor allem auch auf der heutigen hohen Nutzung von Mineräldüngern in der EU – und deren Verzicht in der biologischen Produktion - basiert. Es muss aber wieder betont

werden, dass Verlagerungseffekte nur vermieden werden, wenn der Konsum sich auch an die tieferen Erträge anpassen würde.

Table 5: Summary of the potential CC mitigation effects of organic agriculture, based on a scenario of linear increase towards 50% organic agriculture in the EU-28 plus Iceland by 2030. Percentages are in relation to the EU-28 plus Iceland future agricultural BAU emissions till 2030 as projected in van Doorn et al. (2012) or, similarly, in relation to the somewhat lower emissions in the baseline 2005 (Danila et al., 2016); Differences in percentages reduction potential if related to one or the other of these two base values is negligible given the uncertainties of these numbers, at less than 0.7%.

Scenario: Linear increase to 50% organic agriculture from 2016 to 2030	Cumulative emission reductions up to 2030, in % (equivalent to average reductions per year in this period, %)	Emission reductions in 2030 after having reached the conversion to 50% organic agriculture	Annual emission reductions beyond 2030, assuming a constant 50% share of organic agriculture
Emission sources/sinks			
Increased soil organic carbon	5.5%	18% (assuming that each area converted to organic agriculture loses 1/15 of half the sequestration potential each year until 2030 - i.e. an area converted in 2016 reaches 50% of the sequestration a potential in 2030)	18% in 2030 to 0% in 2060, assuming that the sequestration rate drops to 0 over 30 years (areas converted in 2016 reach 0% in 2045 already)
Reduced production of mineral N fertilizers	4-5%	9%	9%
Reduced application of mineral N fertilizers (assuming some compensation by increased legume shares)	2-3%	5% (assuming that about half the reduction from reduced mineral N fertilizer application is compensated by legumes)	5% (assuming that about half the reduction from reduced mineral N fertilizer application is compensated by legumes)
<b>Total</b>	<b>12-14%</b>	<b>32%</b>	<b>32% (2030) 14% (2060)</b>

Abbildung 16: THG-Einsparungen bei einer Umstellung auf 50% biologische Produktion in der EU bis 2030 (Muller et al. 2016).

## 6 Klimapolitik, Landwirtschaft und Ernährung

Ich bitte um Entschuldigung, dass dieser Abschnitt nur rudimentär ausgearbeitet ist.

### 6.1 Minderung des Klimawandels

CO<sub>2</sub>-Zertifikate sind in der Klimadiskussion und der konkreten Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen wichtig, aber sie passen nicht gut zu den Gegebenheiten der Landwirtschaft, da die grossen Unsicherheiten und Herausforderungen, Emissionen verlässlich zu quantifizieren bei Kompensationsmechanismen problematisch sind, bei denen damit sehr verlässlich quantifizierte Emissionen z.B. aus dem Energiebereich kompensiert werden sollen (Muller 2012). Zusätzlich benötigt man auch oft sehr grosse Flächen, um signifikante Mengen an Zertifikaten zu generieren, was die Messung und das Monitoring weiter verkompliziert.

Vielversprechende Ansätze wären meiner Meinung nach eine Steuer auf Stickstoffdünger bei den Produzenten derselben, und auf Futtermittelimporten, bei den Importeuren. Dies würde die externen N-Inputs in die Landwirtschaft reduzieren und würde dabei aber nicht organische Dünger und Wiederkäuer benachteiligen. Zusätzlich würde es neben einer positiven Klimawirkung auch auf all die anderen negativen Effekte der hohen N-Überschüsse mindernd wirken. In Kombination mit einer CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossilen Energien wäre dies ein guter Ansatz, um grobsteuernd in Richtung mehr Klimaschutz zu wirken – in der Landwirtschaft und in den anderen Sektoren. Dadurch würde auch vermieden werden, dass Wiederkäuer auf Gras besonders belastet würden – das wäre bei einer generellen Steuer auf Treibhausgasen anders, weshalb ich eine solche als weniger zielführend für eine nachhaltige klimafreundliche Landwirtschaft und ein ebensolches Ernährungssystem ansehe. Auch eine Steuer auf Fleisch würde ich da eher negativ beurteilen.

Ein weiteres Politikinstrument sind Subventionen guter Praktiken – dies kann gute Innovationsanreize setzen, und die Erfahrung mit neuen Praktiken fördern. Eine Bioförderung fällt da natürlich auch drunter und macht bis zu einem gewissen Grade grossen Sinn, beziehungsweise ist nötig (wenn auch die Internalisierung der externen Kosten in der konventionellen Landwirtschaft meiner Meinung nach langfristig eine gute Alternative wäre – siehe N-, CO<sub>2</sub>-Steuern oben, etc.).

Konsumseitige Steuern oder Regulierungen stehe ich persönlich eher skeptisch gegenüber – wie zum Beispiel die Auflage, in öffentlichen Kantinen nur Bio anzubieten oder nur vegetarisches Essen anzubieten, etc. – aber man könnte noch einen Gutteil in diese Richtung gehen, auch um zu zeigen, was machbar ist, wieviel es kostet, etc.

## 6.2 Anpassung an den Klimawandels

Zentral für eine gute Anpassungspolitik ist eine gute Koordination zwischen den betroffenen Sektoren.- Die Landwirtschaft alleine kann nicht mit Wasserknappheit umgehen und entsprechende Politik und Regulierungen und Massnahmen entwickeln, ohne den Energiesektor, die Trinkwasserversorgung, Fischerei, etc. in der Diskussion dabei zu haben.

## 7 Fazit

Als kurzes Fazit seien die folgenden Punkte wiederholt:

Klimawandel findet statt – Anpassung ist nötig und zentral in der Landwirtschaft; meines Erachtens auch wichtiger als Minderung. Zur Minderung des Klimawandels beizutragen kann ein Nachhaltigkeitsaspekt der Landwirtschaft sein – aber es ist nur einer unter vielen und nicht unbedingt der wichtigste. Es ist aber zentral, dass die Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft und in Ernährungssystemen gelingt.

Anpassung an den Klimawandel muss breit gedacht werden – von Arbeiten zur Ertragssicherung einzelner Kulturen unter ganz spezifischen lokalen Gegebenheiten bis zur gesellschaftlichen Transformation zur Nutzung neuer Lebensgrundlagen und zu gänzlich neuen Strategien ausserhalb der Landwirtschaft.

Bei der Anpassung sind insbesondere die Politikaspekte zu beachten und immer wieder kritisch zu hinterfragen, gerade in der Entwicklungszusammenarbeit; welche Rolle habe ich als Projektarbeiter, NGO, etc. – in Kontexten, in denen es eigentlich um zentrale Regierungsaufgaben ginge?

Bei der Minderung ist die erste Schlussfolgerung der Fokus auf Stickstoff und Tierzahlen: Das sind die grossen Hebel, aber immer in einem systemischen Kontext gedacht. Somit ist die Reduktion der Tierzahlen von der Kraftfutterreduktion her zu denken, in Kombination mit einer Reduktion tierischer Produkte in der Ernährung. Auch die Stickstoffreduktion muss mit Veränderungen auf Konsumseite einhergehen wenn zum Beispiel über Umstellung auf Biolandbau mit entsprechend tieferen Erträgen umgesetzt – Abfallreduktion ist dabei ein wichtiger komplementärer Aspekt (vgl. die Lektion zu „Kann Bio die Welt ernähren?“).

Ein besonderer Aspekt dabei sind Zielkonflikte. Solche sind unvermeidbar und müssen immer berücksichtigt und bewusst angegangen werden – im Kontext von Klimaschutz und Landwirtschaft ist es zum Beispiel der Konflikt zwischen Emissionen graslandbasierter Wiederkäuerproduktion und der Rolle der Wiederkäuer in einem nachhaltigen Ernährungssystem, die Ressource Gras für die Nahrungsmittelbereitstellung nutzbar zu machen.

## 8 Literatur

Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2016, Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Swiss Academies Reports 11 (5)

BAFU 2018, Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel, Bundesamt für Umwelt, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/anpassung-an-den-klimawandel/pilotprogramm-anpassung-an-den-klimawandel.html>

BAFU (Hrsg.) 2017: Impulse für eine klimaangepasste Schweiz. Erkenntnisse aus 31 Pilotprojekten zur Anpassung an den Klimawandel. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Info Nr. 1703: 96 S.

BAFU 2017, Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2015

Bellarby et al., 2007, Cool Farming – Climate impacts of agriculture and mitigation potential, <https://www.greenpeace.org/archive-international/en/publications/reports/cool-farming-full-report/>

BLW 2011, Klimastrategie Landwirtschaft - Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft, Bundesamt für Landwirtschaft BLW

FAO 2018, FAO-Adapt, <http://www.fao.org/climate-change/resources/publications/en/>; FAO-Publikationen zur Anpassung: <http://www.fao.org/climate-change/resources/publications/en/>

Fliessbach A, Oberholzer H-R, Gunst L, Mäder P. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems & Environment 2007;118:273-84.

Garnett, T., Godde, C., Muller, A., Röös, E., Smith, P., de Boer, I., zu Ermgassen, E., Herrero, M., van Middelaar, C., Schader, C., van Zanten, H., 2017, Grazed and Confused? Ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions. FCRN, University of Oxford

Gattinger, A., Muller, A., Häni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., El-Hage Scialabba, N., Niggli, U., 2012, Enhanced top soil carbon stocks under organic farming, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS, 109 (44) 18226-18231

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome., <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e00.htm>

GRAIN 2014, How much of world's greenhouse gas emissions come from agriculture <https://www.grain.org/article/entries/5272-how-much-of-world-s-greenhouse-gas-emissions-come-from-agriculture>

Helvetas 2016, Zur Kritik an der Helvetas-Kampagne „Echte Veränderung“, <https://www.helvetas.ch/de/news/news/?2122/zur-kritik-an-der-helvetas-kampagne-echte-veraenderung;> <https://helvetas-swissintercooperation.squarespace.com/de/home>

IPCC 2014a, Fünfter Sachstandsbericht der IPCC, Working Group II: Impacts, Adaptation, Vulnerability, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

IPCC 2014b, “Summary for Policymakers” and “Top Level Findings from the Working Group II AR5 Summary for Policymakers”, both available at <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the

- Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jungbluth N., Steiner R., Frischknecht R., 2007. Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990–2004. Erweiterte und aktualisierte Bilanz. Umwelt-Wissen Nr. UW–0711. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Nesbitt, A., 2016, A climate for sustainable wine production: Modelling the effects of weather variability and climate change on viticulture in England and Wales, PhD Thesis, University of East Anglia.
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, K., Leiber, F., Stolze, M., Niggli, U., 2017, Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture, *Nature Communications* 8:1290 | DOI: 10.1038/s41467-017-01410-w
- Muller, A., Bautze, L., Meier, M., Gattinger, A., Gall, E., Chatzinikolaou, E., Stephen, M., Tonci, U., Ullmann, L., 2016, Organic Farming, Climate Change Mitigation and Beyond, report commissioned by the IFOAM-EU Group
- Muller, A., Gattinger, A., Meier, M., 2015, Adaptation to climate change - there is much more to it, *Rural21* June 2015
- Muller, A., Osman-Elasha, B., Andreasen, L., 2013, The potential of organic agriculture for contributing to climate change adaptation, in: Halberg, N. and Muller (Eds), *Organic Agriculture for Sustainable Livelihoods*, Earthscan Publishers
- Muller, A., 2012, Agricultural land management, carbon reductions and climate policy for agriculture, *Carbon Management* 3(6): 641-654
- Porter, J.R., L. Xie, A.J. Challinor, K. Cochrane, S.M. Howden, M.M. Iqbal, D.B. Lobell, and M.I. Travasso, 2014: Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- Rogelj, J., et al., 2016, Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C, *Nature* volume 534, pages 631–639
- Smith et al. 2008, Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture, *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363, 789–813
- Smithers, R., 2017, French champagne house Taittinger plants first vines in English soil, *The Guardian*, May 7, 2017.
- Tubiello et al. , 2013, The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture, *Environ. Res. Lett.* 8 015009