



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,  
Bildung und Forschung WBF

**Agroscope**

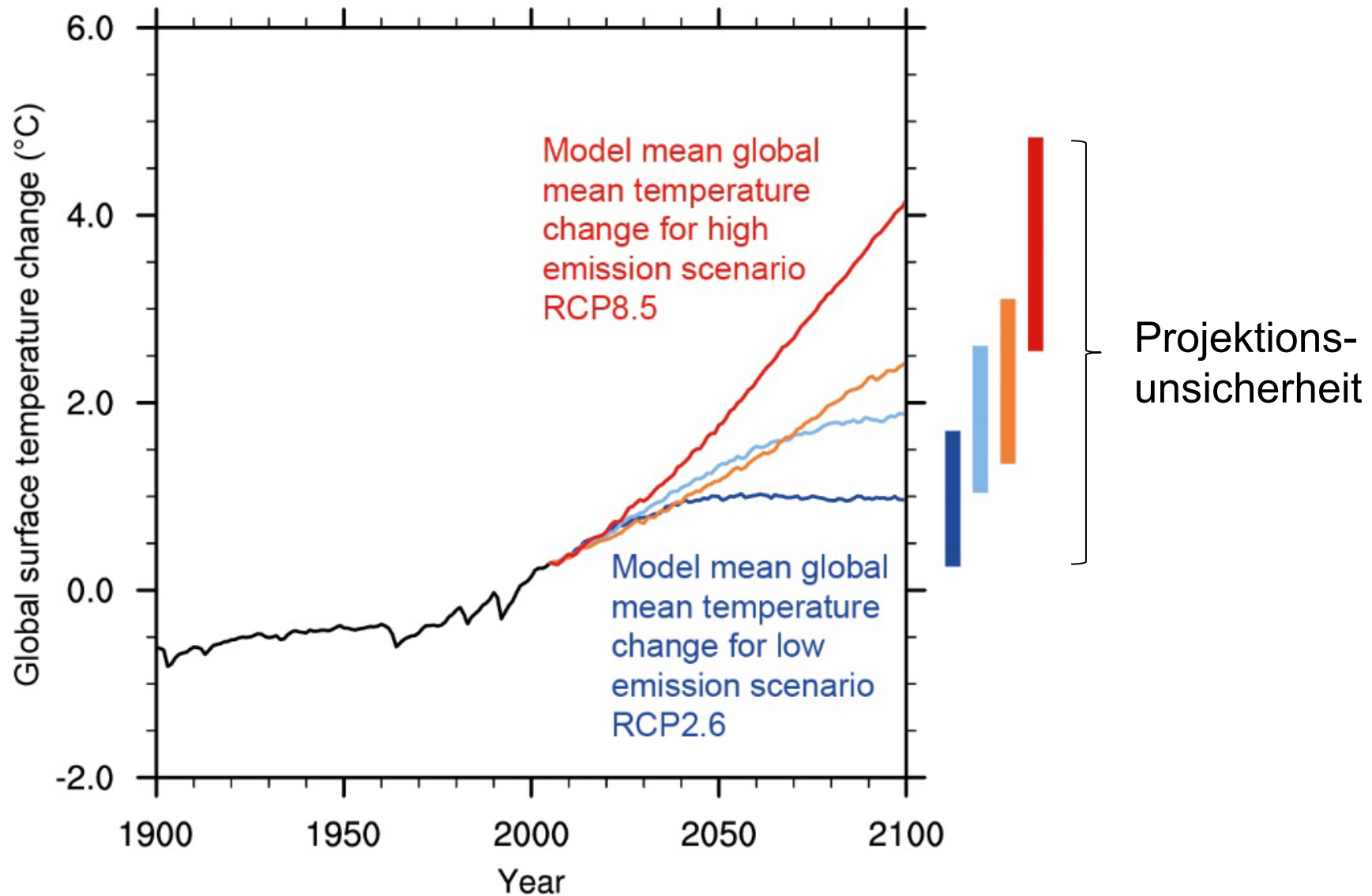
# Klimawandel, Landwirtschaft und Wasser

**Annelie Holzkämper**

CH-Gnet Webinar am 4. Dezember 2023



# Globaler Klimawandel – Projektionen

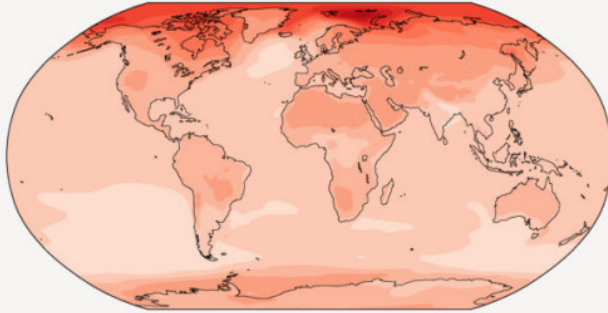




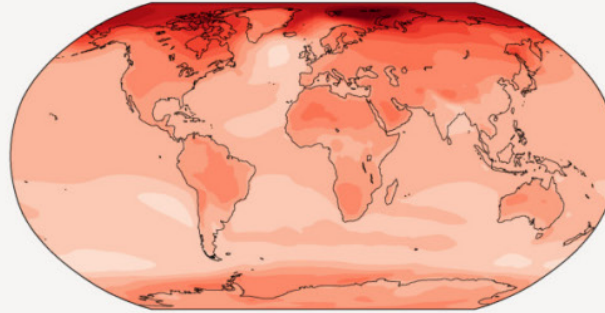
# Globaler Klimawandel – Projektionen

Temperatur

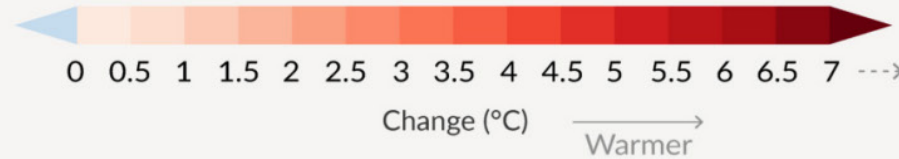
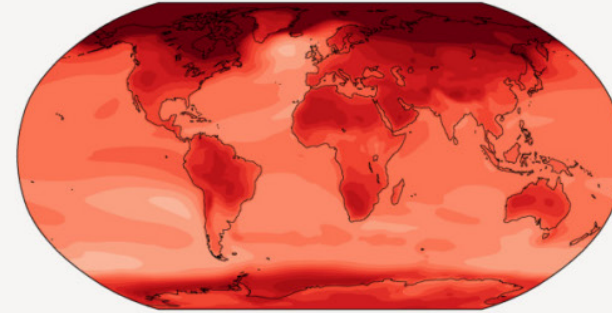
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming

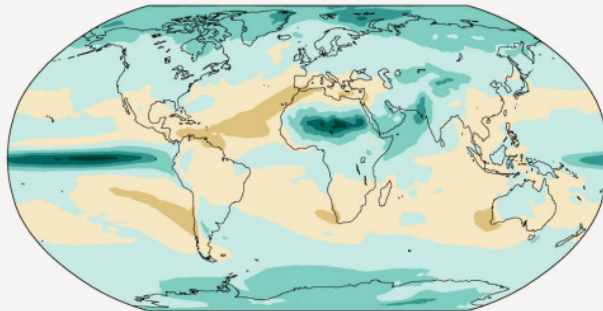


Simulated change at 4 °C global warming

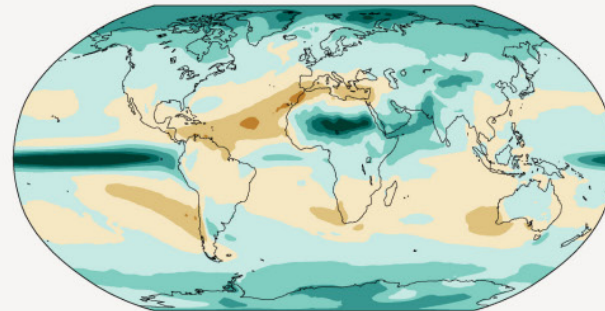


Niederschlag

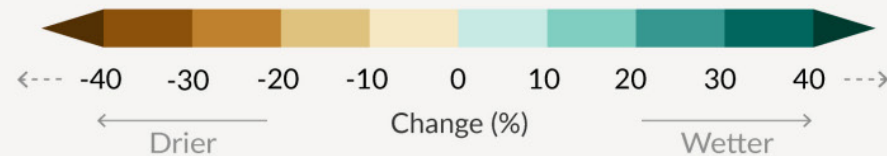
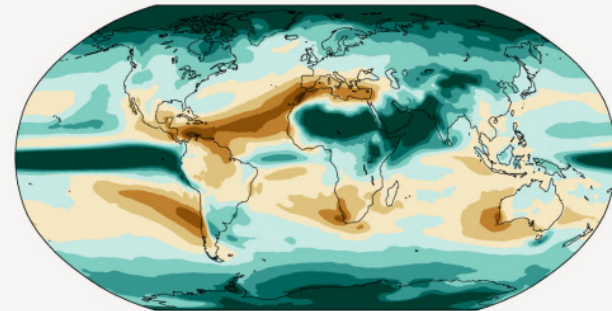
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming



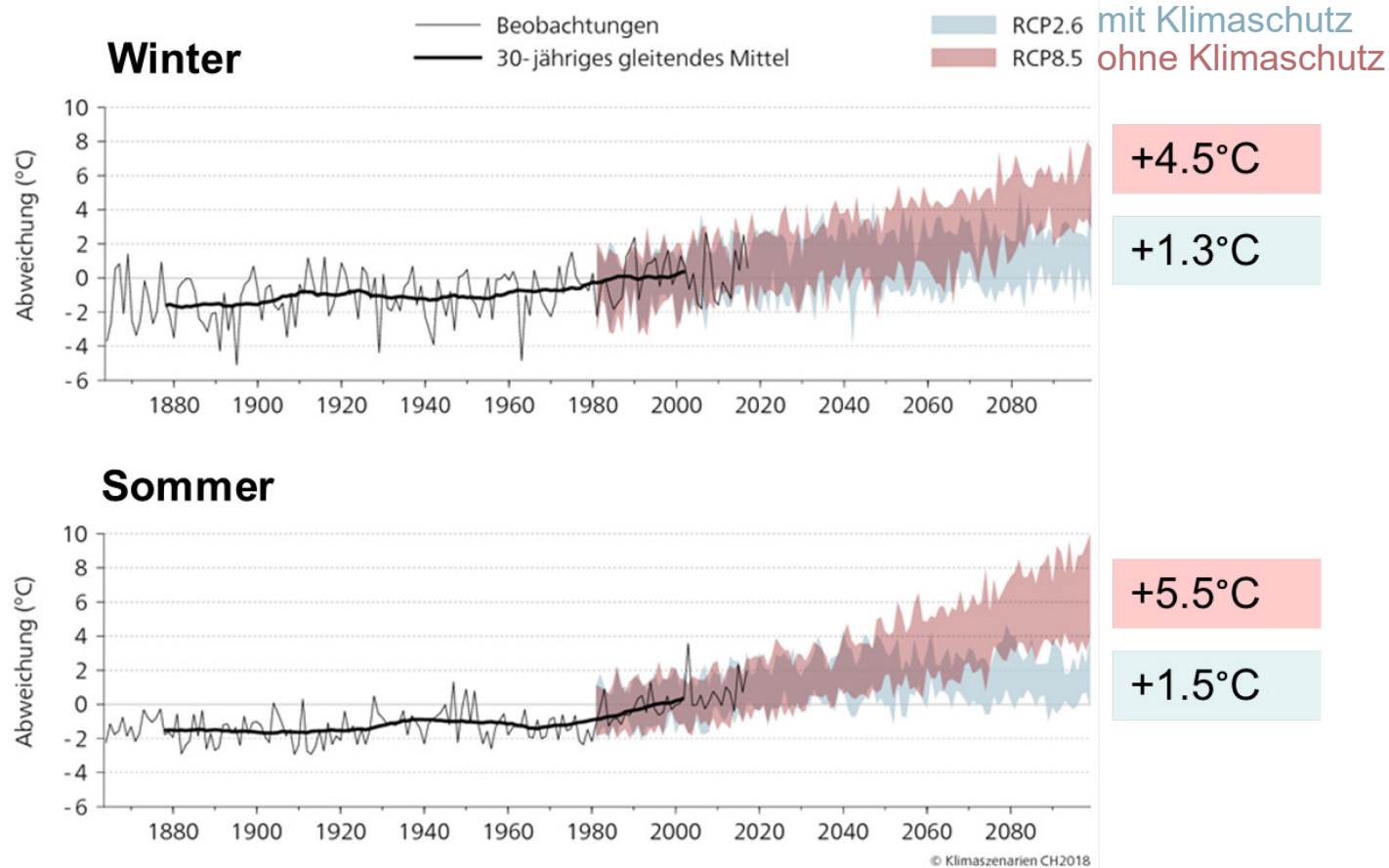
Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



# Klimawandel in der Schweiz

## Temperatur

Abweichung von der Normperiode 1981-2010



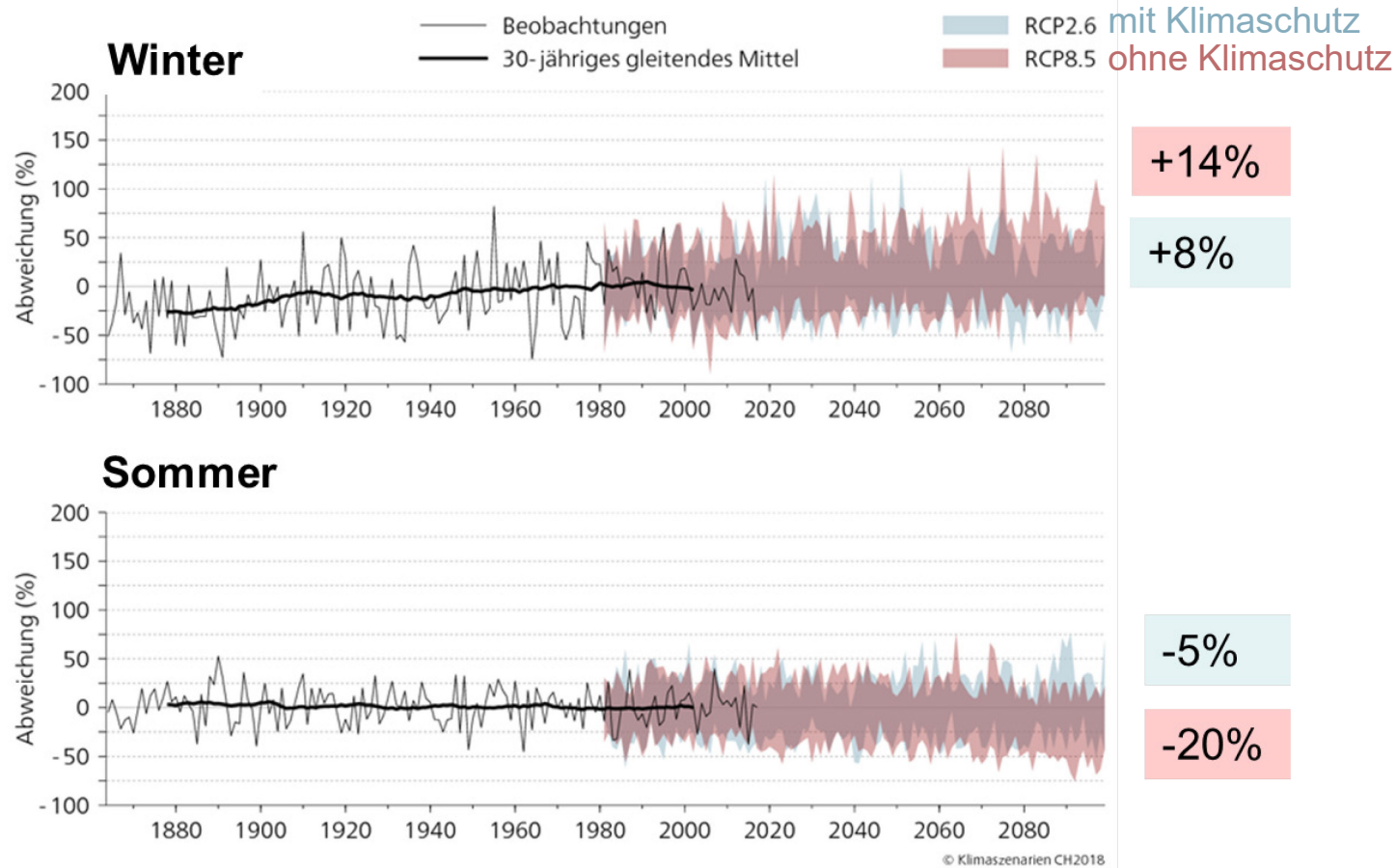
Temperaturen nehmen ohne Klimaschutz bis zum Ende des Jahrhunderts um etwa 5 °C zu



# Klimawandel in der Schweiz

## Niederschlag

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

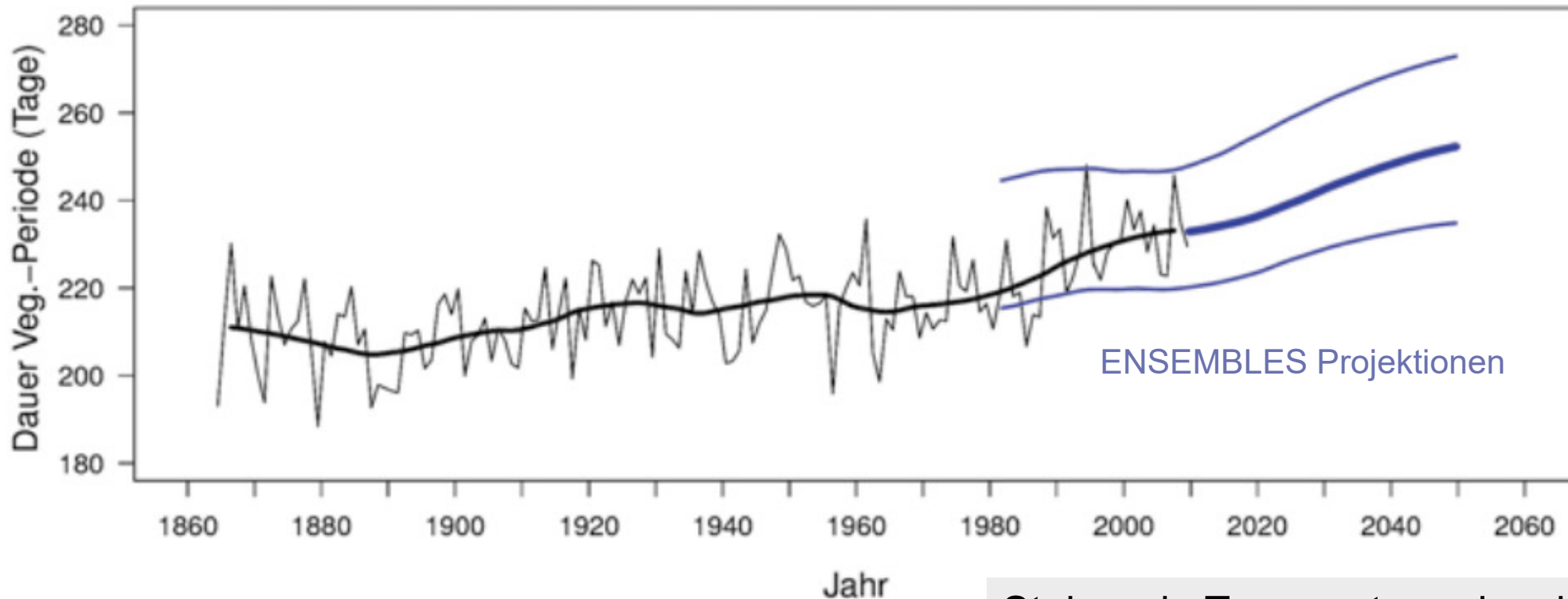


Niederschläge nehmen im Winter zu und im Sommer ab



# Temperaturanstieg und Vegetationsperiode

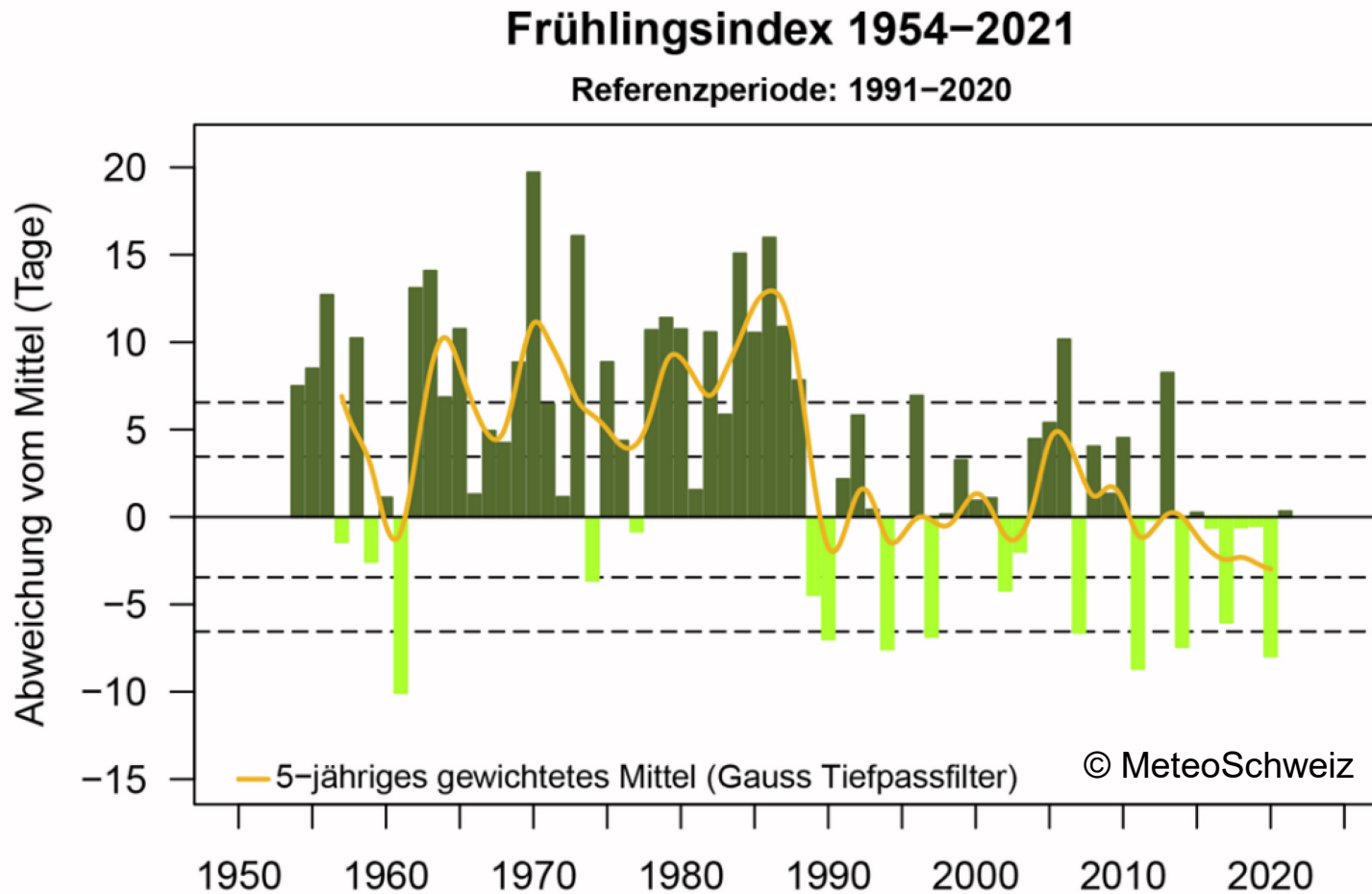
Modellierte Dauer der Vegetationsperiode bei Wiesen und Weiden am Standort Bern



Steigende Temperaturen bewirken eine Verlängerung der Vegetationsperiode  
→ wachsendes Ertragspotential



# Steigende Temperaturen beschleunigen Phänologie



sehr spät  
spät  
normal  
früh  
sehr früh

Je wärmer es wird, desto früher beginnt der phänologische Frühling

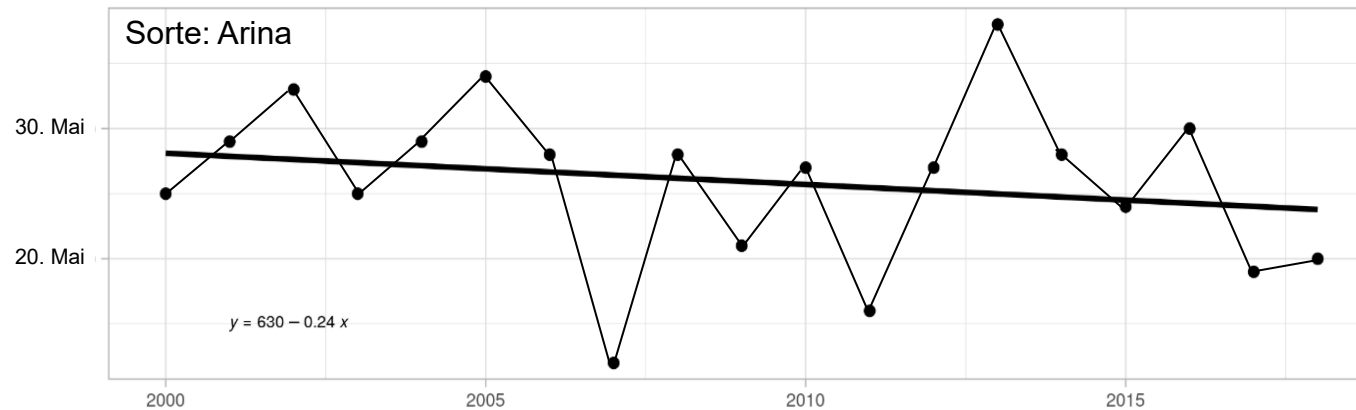
Der Frühlingsindex wird anhand der ersten zehn phänologischen Frühlingsphasen im Jahr ermittelt. Darin fließen die Beobachtungen ein, die im betreffenden Jahr an rund 80 Stationen des phänologischen Messnetzes mit genügend langen Datenreihen erfasst werden.



# Steigende Temperaturen beschleunigen Phänologie

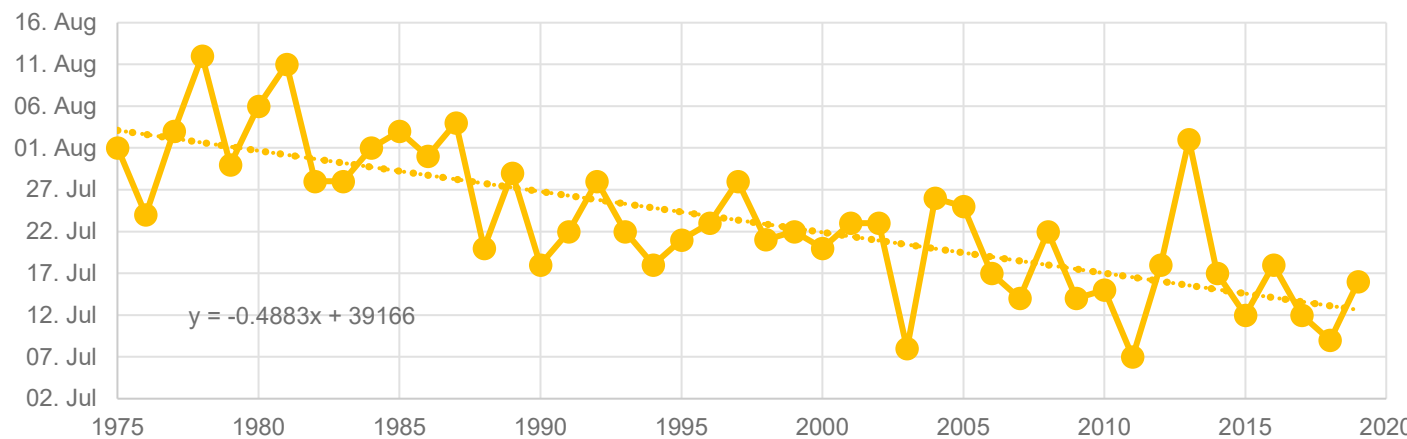


Winterweizen am Standort Nyon (Südwestschweiz)



Ährenschieben Winterweizen

Verfrühung der Blüte  
→ Vermeidung von Hitze- und Trockenstress



Ernte Winterweizen

Verfrühung des Erntetermins  
um ~5 Tage pro Dekade  
→ sinkendes Ertragspotential

Daten: Dario Fossati (Agroscope)

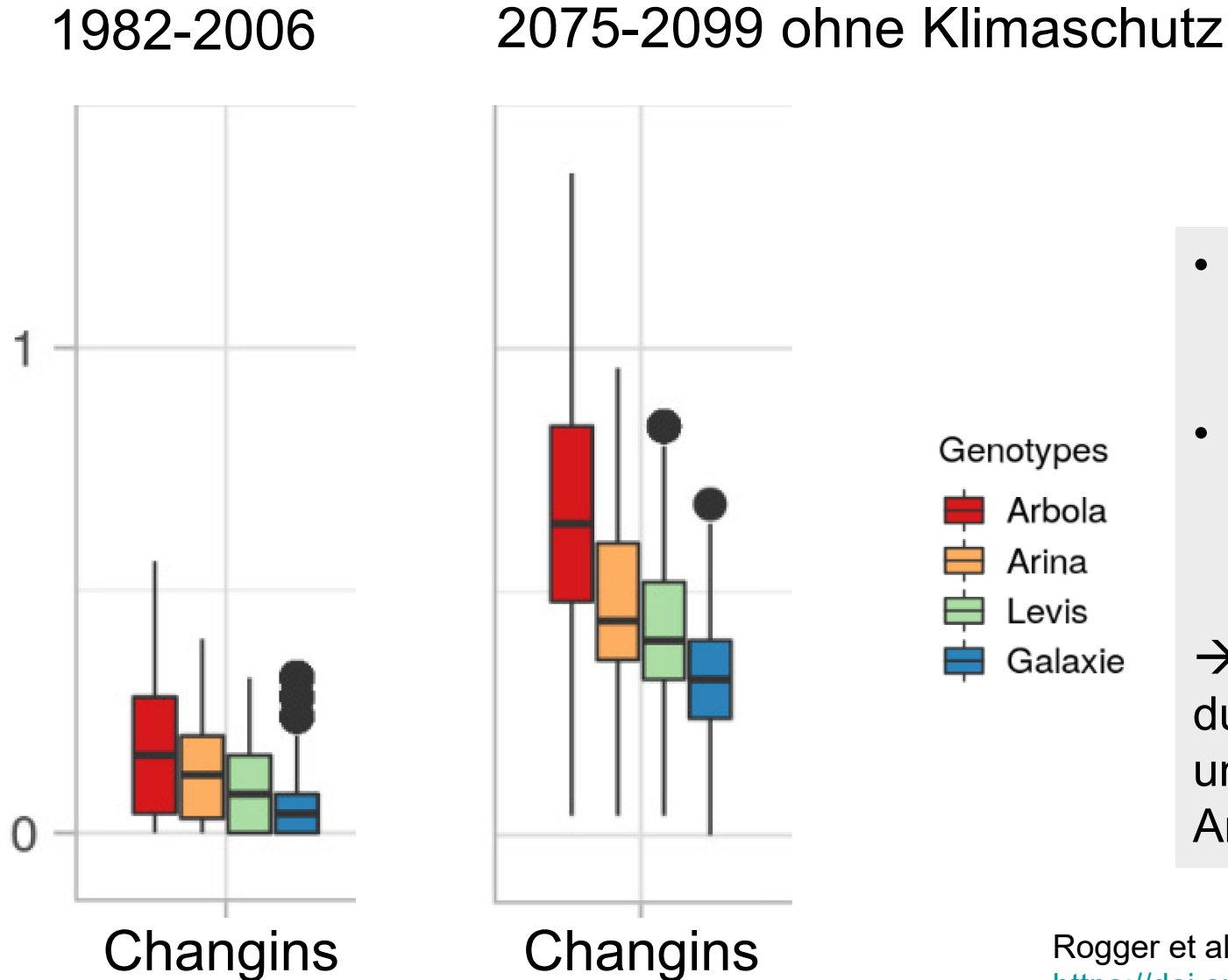




# Steigende Temperaturen, mehr Hitzestress



Mittl. Anzahl Hitzetage zur Zeit  
der Blüte von Winterweizen

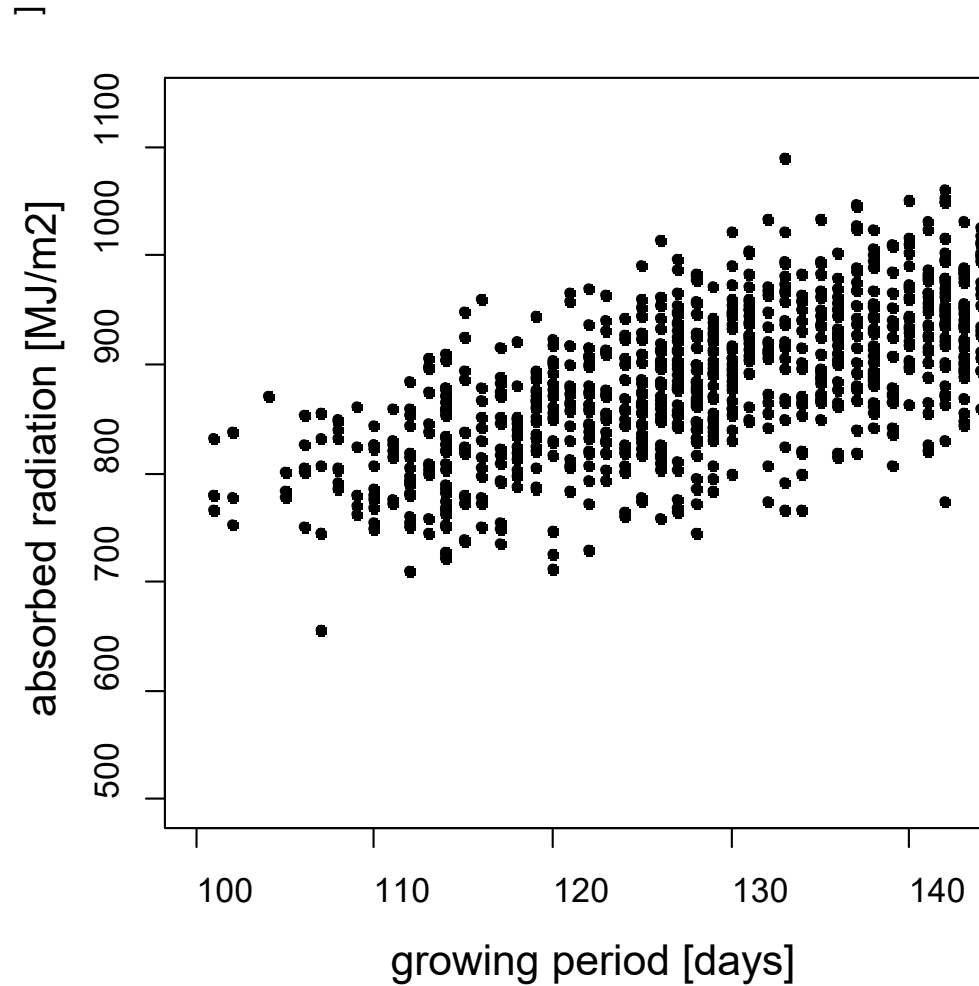


- Hitzestress während der Blüte von Winterweizen nimmt zu
- Hitzestress-Exposition unterscheidet sich aber nach Sorte (und Standort)

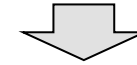
→ Spielraum für Anpassung durch Sortenwahl/Züchtung und Verlagerung der Anbauregionen



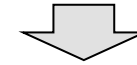
# Phänologie und Ertragsbildung



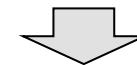
Kürzere Wachstumszeit



Geringe Absorption von Strahlung



Reduzierte Biomasseproduktion

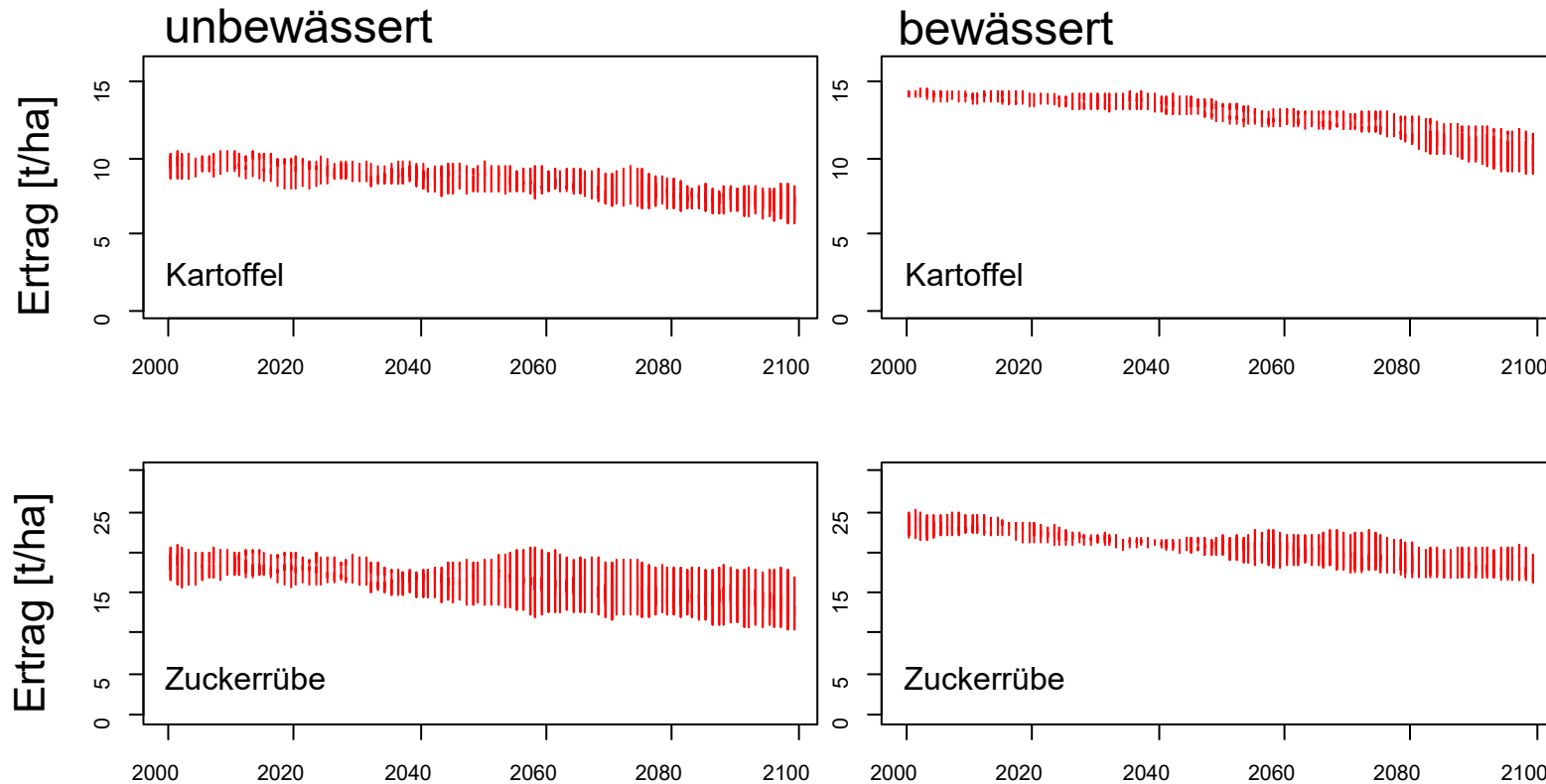


Geringere Erträge



# Ertragsänderungen mit Klimawandel

Ertragssimulationen für Ackerkulturen am Standort Payerne bis zum Ende des Jahrhunderts



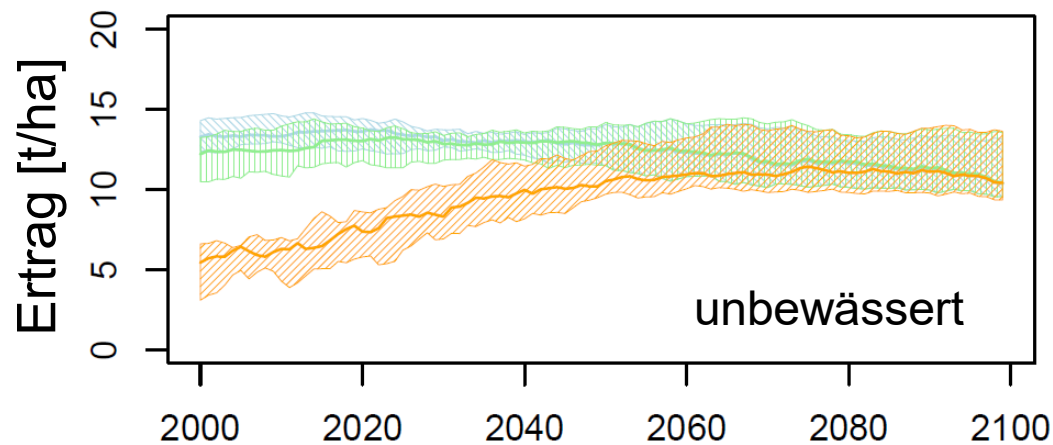
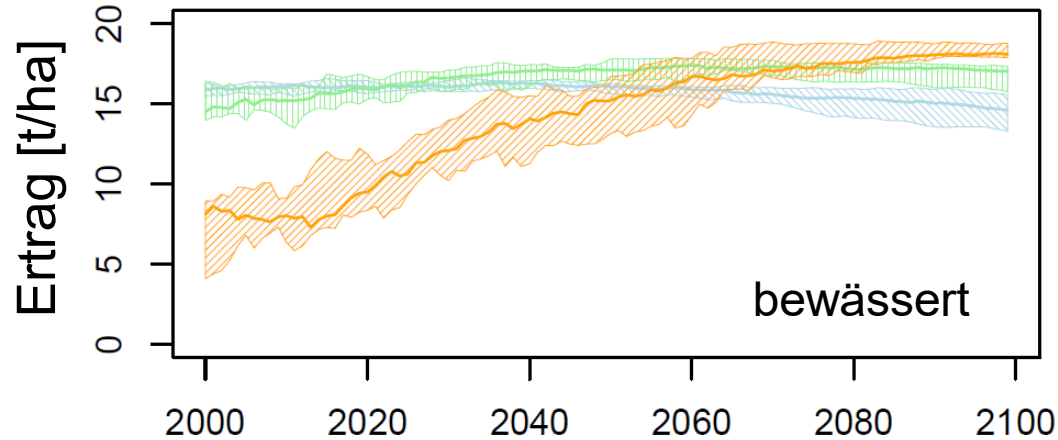
Spanne der 20-jährige  
gleitende Mittel mit 6  
RCP8.5-Projektionen (ohne  
Klimaschutz) am Standort  
Payerne

Ohne Sortenanpassungen  
nehmen Erträge vieler  
Kulturen ab  
← beschleunigte  
phänologische Entwicklung  
reduziert das  
Ertragspotential



# Anpassungen durch Sortenwahl

Ertragssimulationen für drei Körnermais-Sorten am Standort Payerne



Körnermais-Sorten:

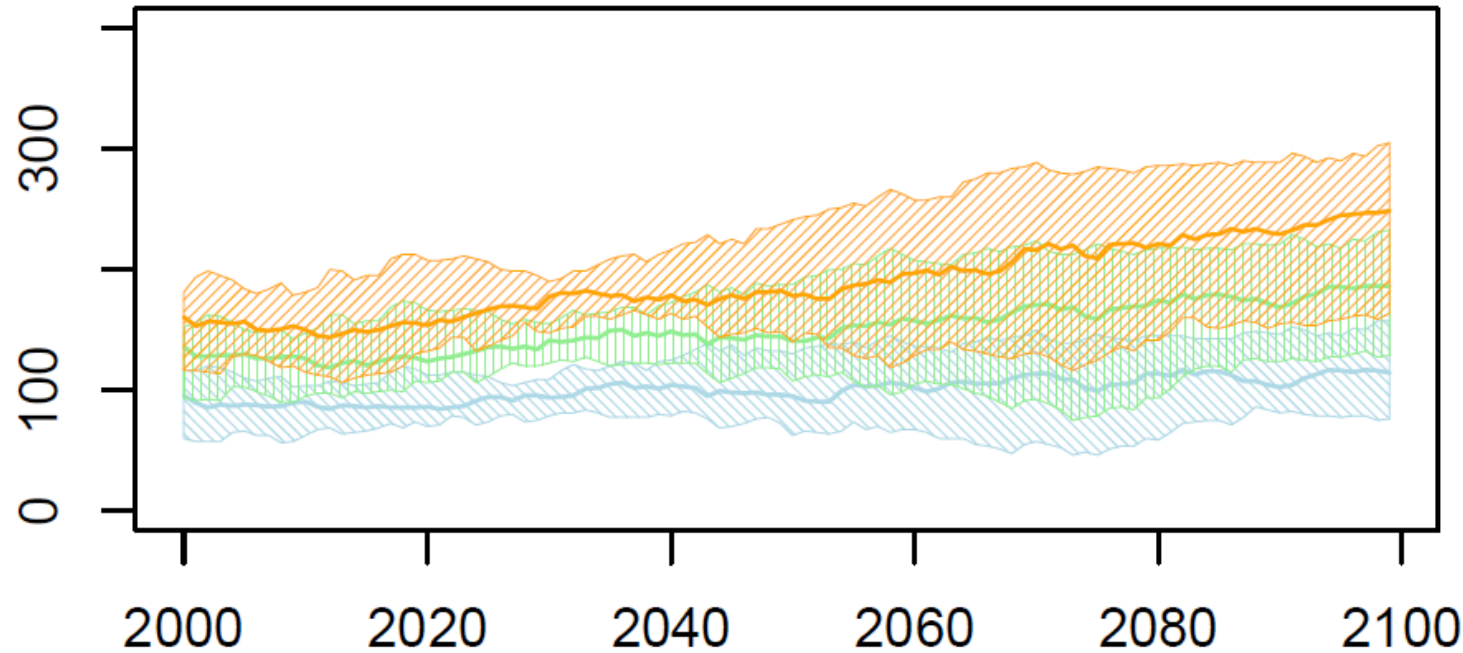
- frühreif
- mittel-spät
- sehr spät

- bei steigenden Temperaturen können später reifende Sorten Ertragsverluste durch beschleunigte phänologische Entwicklung ausgleichen
- ABER: je länger der Wachstumszyklus, desto höher der Wasserbedarf!



# Sortenwahl und Wasserbedarf

Bewässerungsbedarf [mm]



3 Maissorten

- früh
- mittelspät
- sehr spät

Mit Klimawandel und sehr späten Sorten könnte der Bewässerungsbedarf um bis zu 80% ansteigen (im Vgl. 40% ohne Sortenanpassung)



# Landwirtschaftliche Bewässerung aktuell

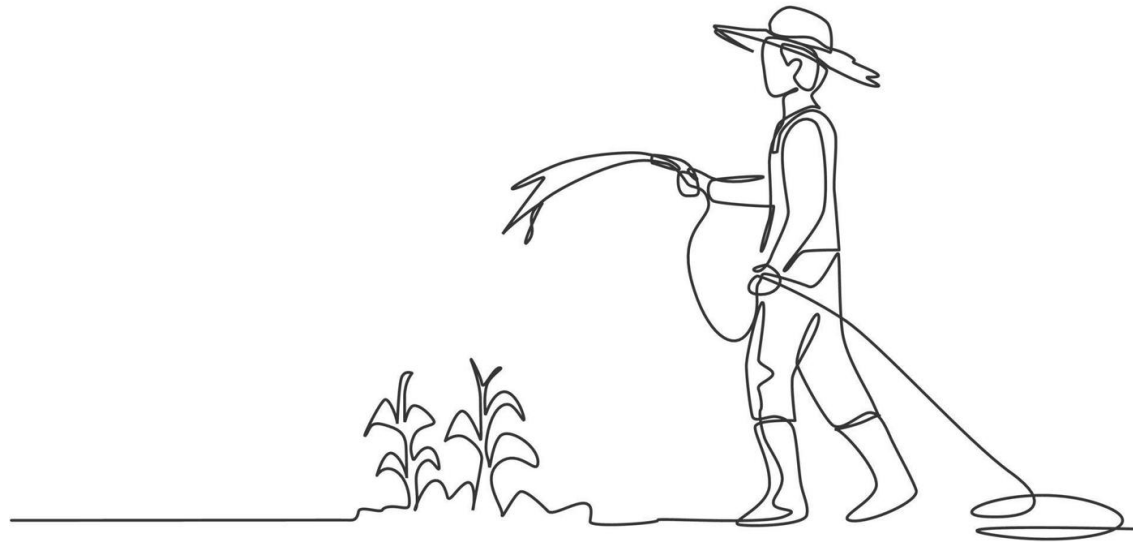
- ca. 400.000 ha Ackerland (~4% bewässert)
  - 127.500 ha Getreide (~1-2% bewässert)
  - 11.000 ha Kartoffel (~33 % bewässert)
  - 7.000 ha Freilandgemüse (~77% bewässert)
- ca. 500.000 ha Grünland (~2-3% bewässert)
- ca. 50.000 ha Obst & Beeren (~14% bewässert)

→ Im Mittel ~144 Mio m<sup>3</sup> Wasserverbrauch durch landwirtschaftliche Bewässerung pro Jahr (~ 30% des Trinkwasserbedarfs Schweizer Haushalte)

Quellen: BFS 2016 (Arealstatistik) & Landwirtschaftliche Betriebszählung 2010; Weber und Schild 2007: Stand der Bewässerung in der Schweiz, BLW; Freiburghaus M. 2009: Wasserbedarf der Schweizer Wirtschaft. Gas-Wasser-Abwasser, gwa 12/09, 1001-1009.



# Wie viel mehr Wasser brauchen Schweizer Kulturen in Zukunft?





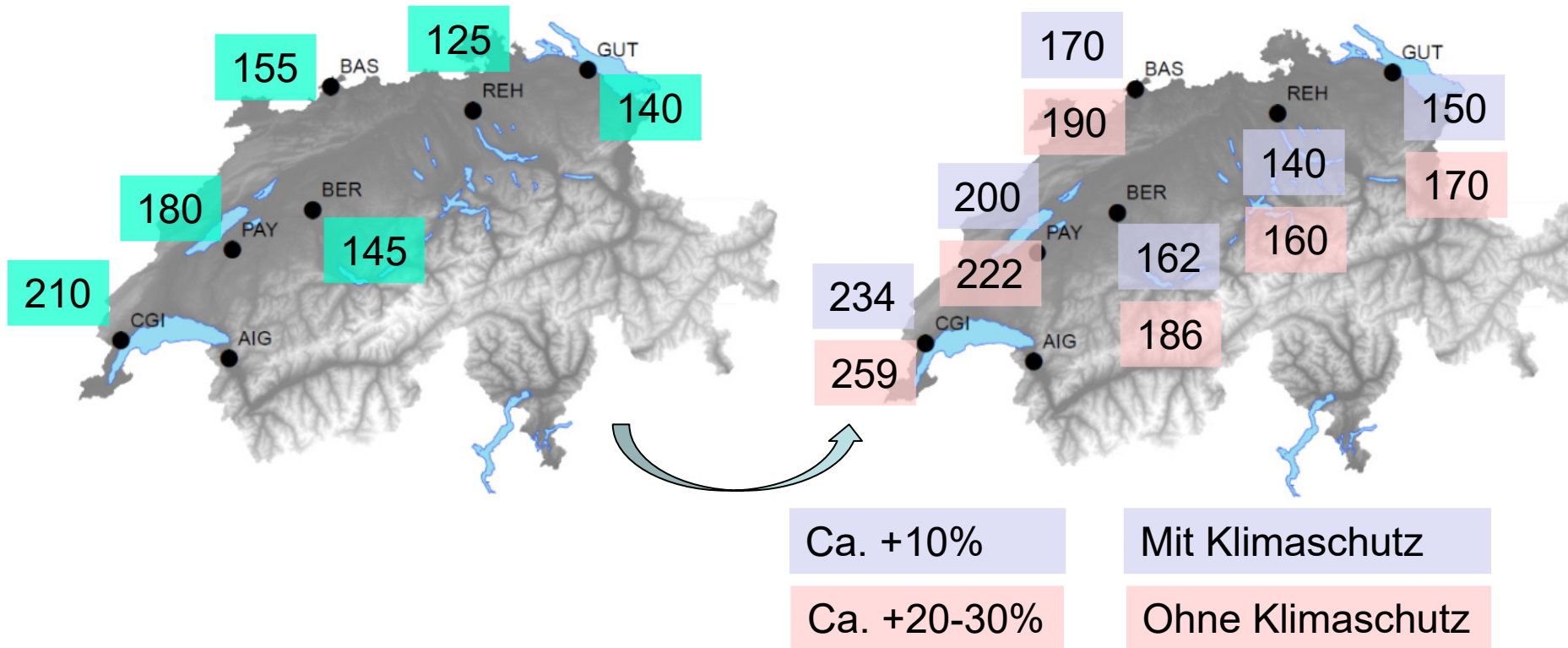
# Projektionen des Wasserbedarfs

Geschätzte jährlichen Bewässerungsmengen [mm] für Kartoffeln



Heute

2060



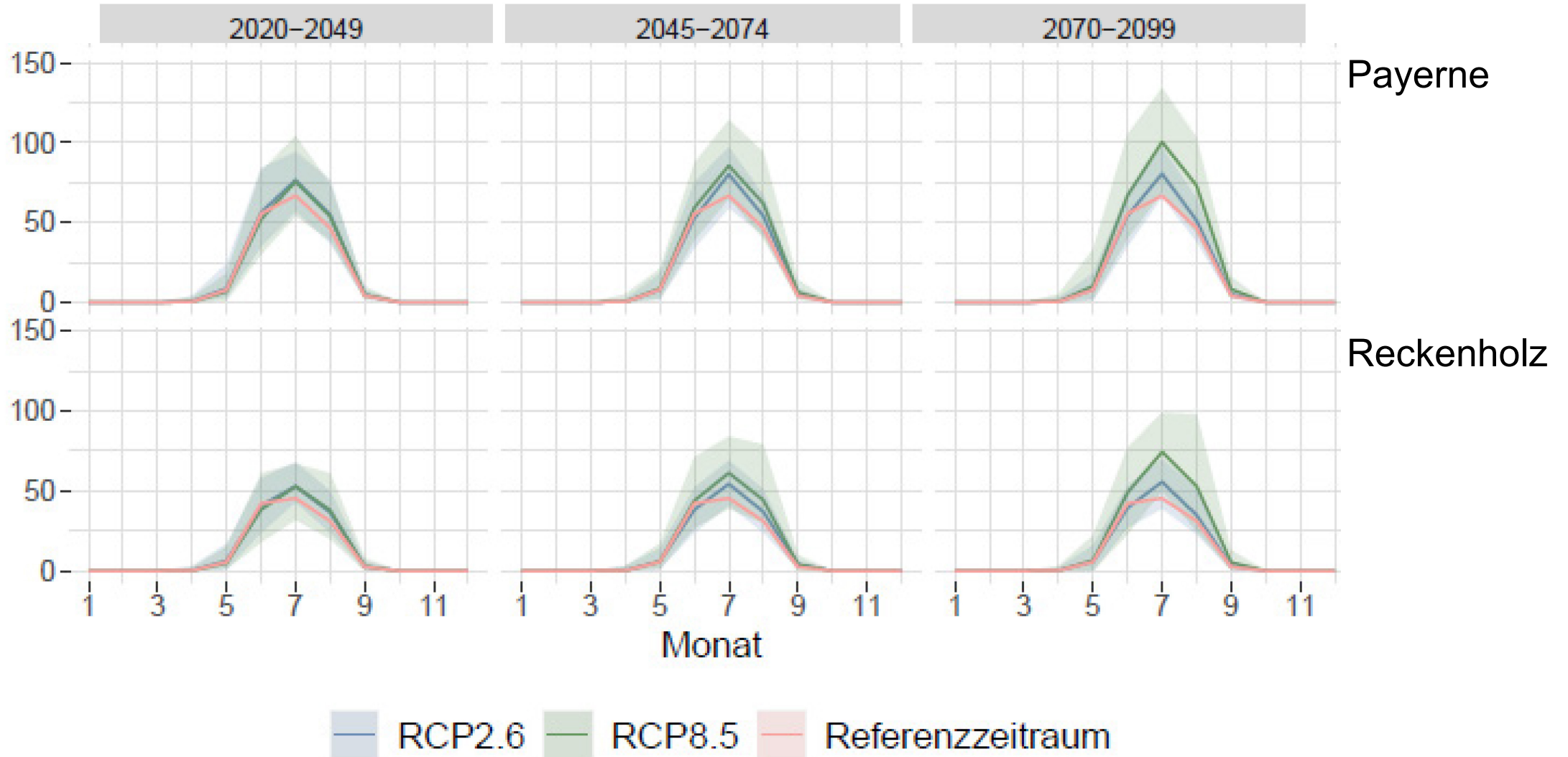
Bei gleichbleibenden Wachstumsperioden steigt der Wasserbedarf für Bewässerung





# Projektionen des Wasserbedarfs

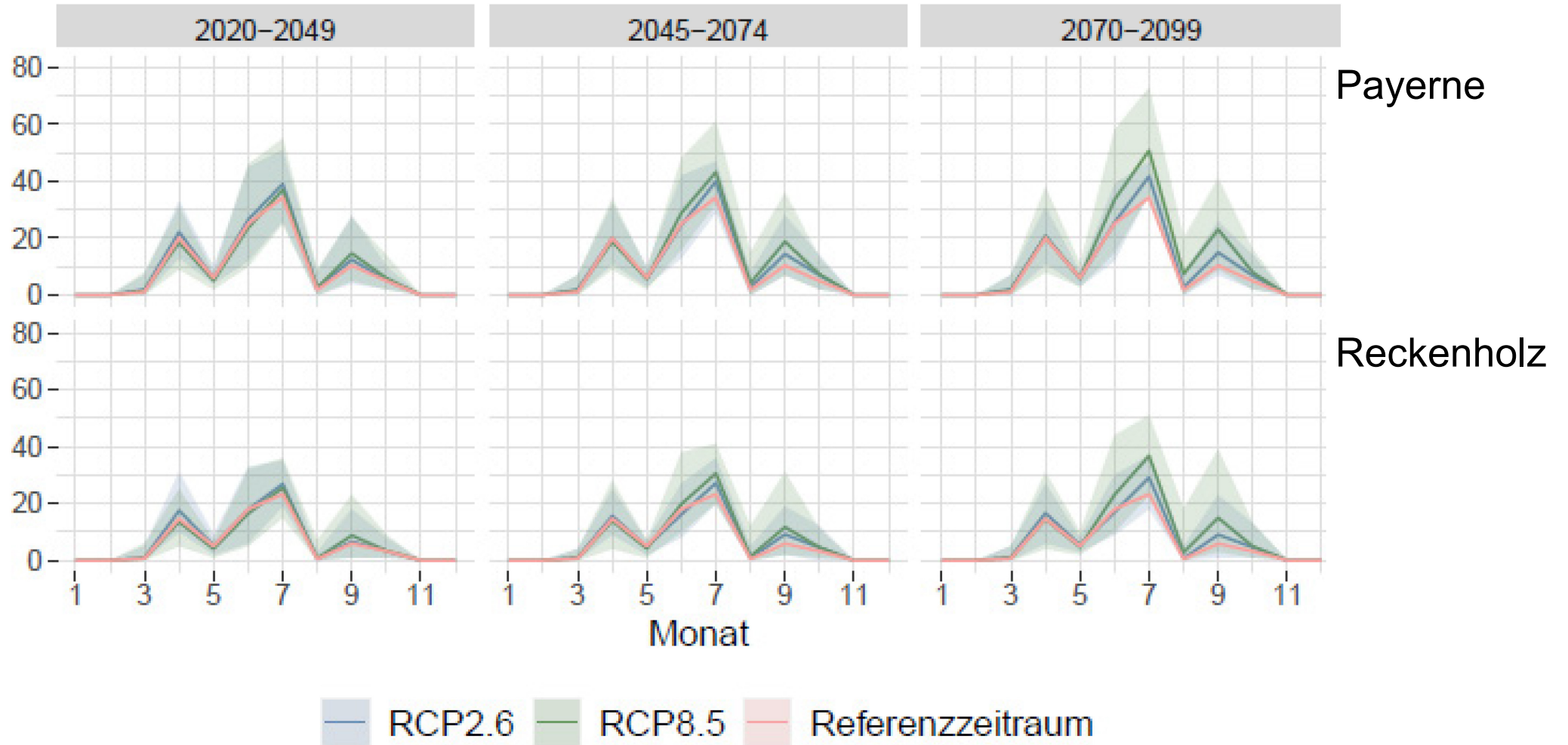
Geschätzte monatliche Bewässerungsmengen [mm] für Kartoffeln





# Projektionen des Wasserbedarfs

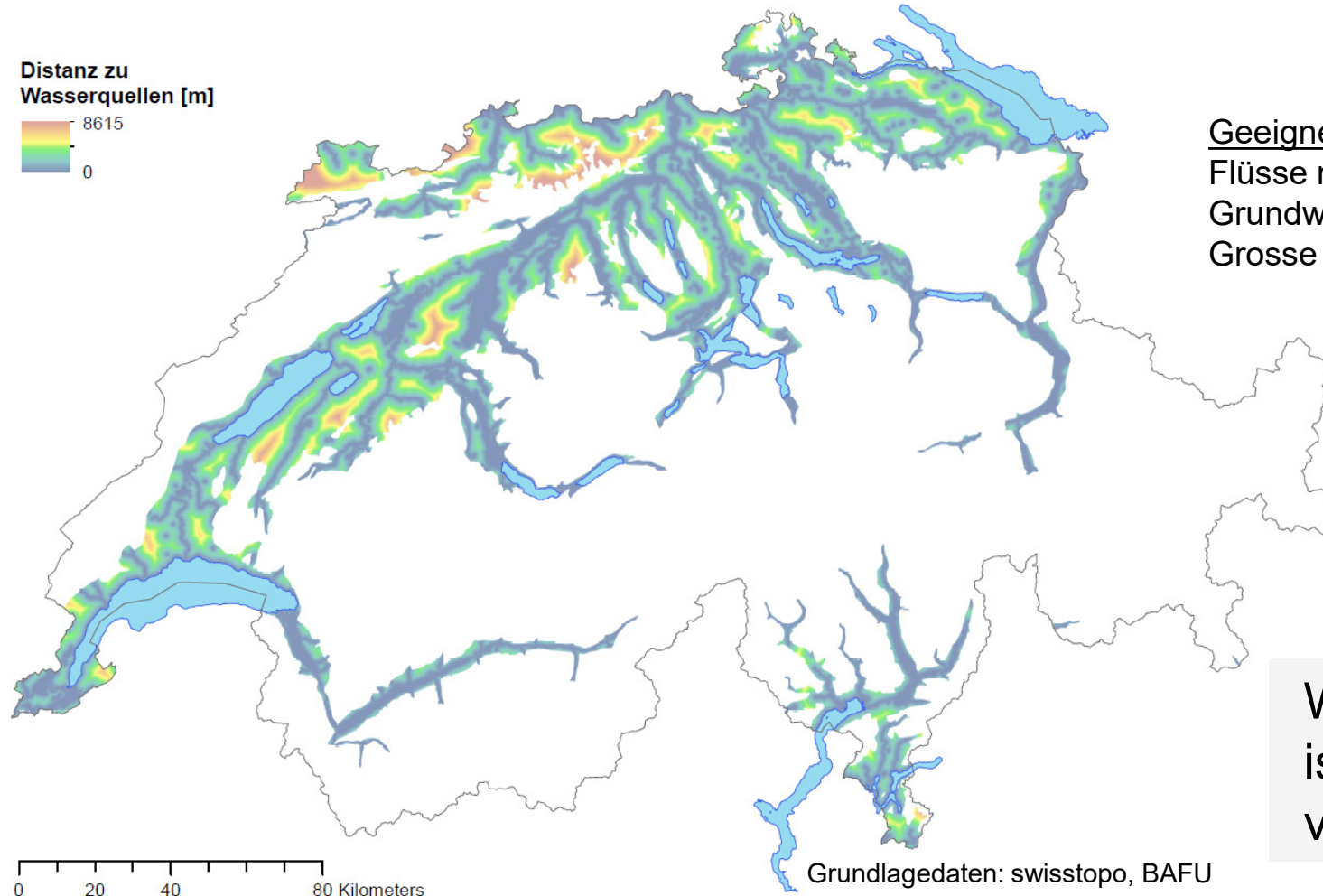
Geschätzte monatliche Bewässerungsmengen [mm] für Eisbergsalat





# Verfügbarkeit von Bewässerungswasser

Distanzen landwirtschaftlicher Nutzflächen zu potentiellen Quellen von Bewässerungswasser (Grund- und Oberflächengewässer)



Geeignete Quellen:  
Flüsse mit  $Q_{\text{August}} > 1 \text{ m}^3/\text{s}$   
Grundwasser mit Mächtigkeit  $> 10 \text{ m}$   
Grosse Seen

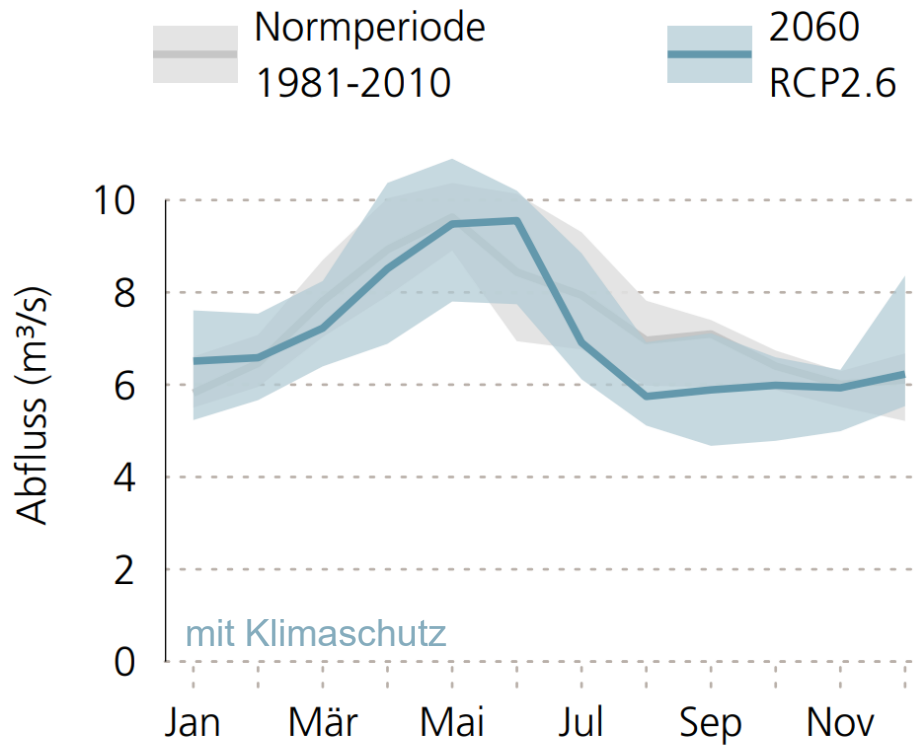
Wasser für Bewässerung ist nicht überall gleich gut verfügbar



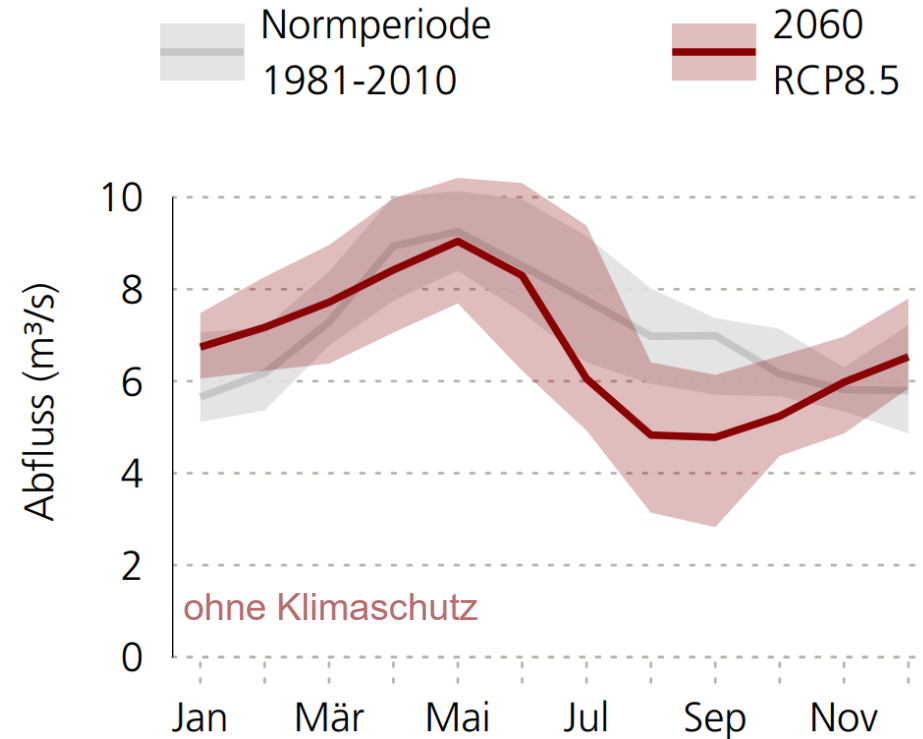
# Klimawandeleinflüsse auf den Abfluss

## Hydrologische Szenarien

Sihl-Zürich, Sihlhölzli



Sihl-Zürich, Sihlhölzli



© Hydro-CH2018

Durchflussmengen im Sommer und Herbst nehmen im Mittelland ab



# Änderungen der Wasserverfügbarkeit

Änderung der Abflussmenge des Niedrigwasserindikators Q347 ohne Klimaschutz bis 2070-2099 gegenüber 1981-2010 bis zum Ende des Jahrhunderts [%]

## Legend

- 70.66 % to - 50 %
- 49.99 % to - 30 %
- 29.99 % to - 10 %
- 9.99 % to + 10 %
- + 10.01 % to + 30 %
- + 30.01 % to + 50 %
- + 50.01 % to + 100 %
- + 100.01 % to + 145.84 %

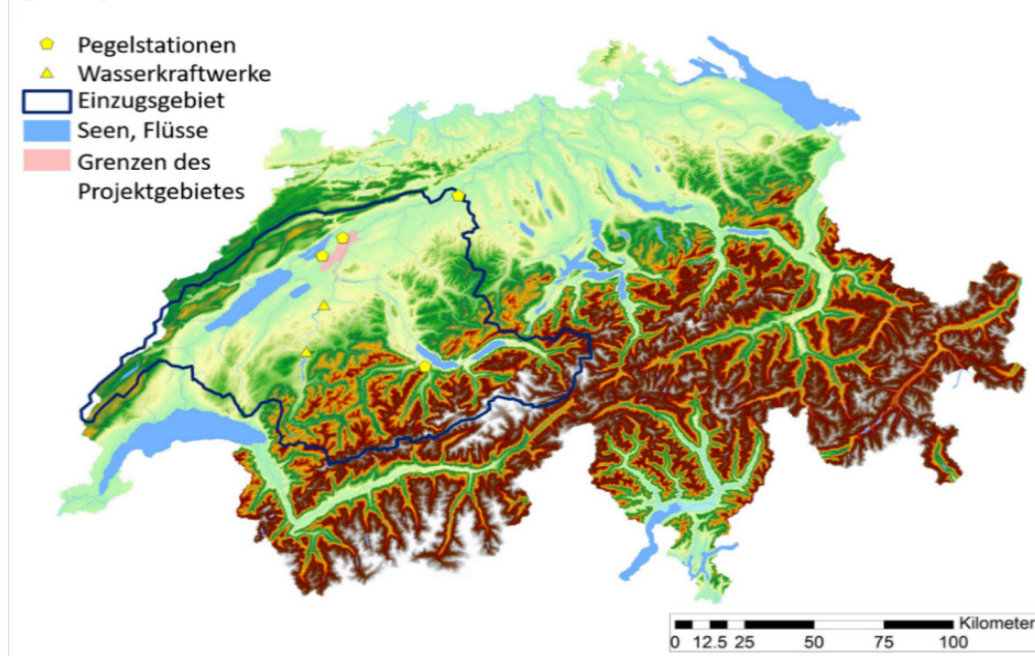


In den Voralpengebieten des Mittellands sind kritische Abnahmen der Niedrigwassermengen zu erwarten



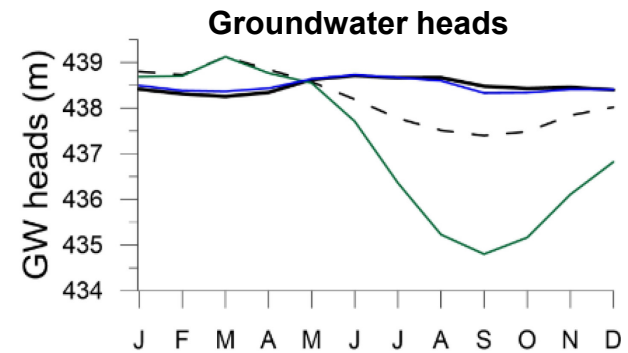
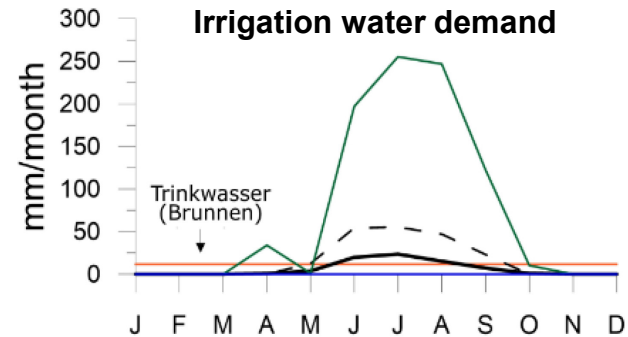
# Druck auf die Grundwasserressourcen steigt

## Bernese Seeland Aquifer



F. Cochand (Uni Neuchâtel, AgriAdapt)

## Emission scenario RCP8.5 Extreme drought year



— reference  
 - - current management  
 — 2085 extreme intensification  
 — 2085 extreme extensification



<https://doi.org/10.34776/nccs21aa>

Saisonale Abnahme der Grundwasserstände mit unbekanntem Konsequenzen für Ökologie und Wasserqualität



# Erhöhung der Bewässerungseffizienz

- Beregnung nachts statt tagsüber
- Tröpfchen-Bewässerung anstelle von Beregnung mit Sprinkleranlagen
- Bewässerungssteuerung über Bodenfeuchtesensoren





# Angepasste Bewirtschaftung

um Verdunstungsverluste zu reduzieren:

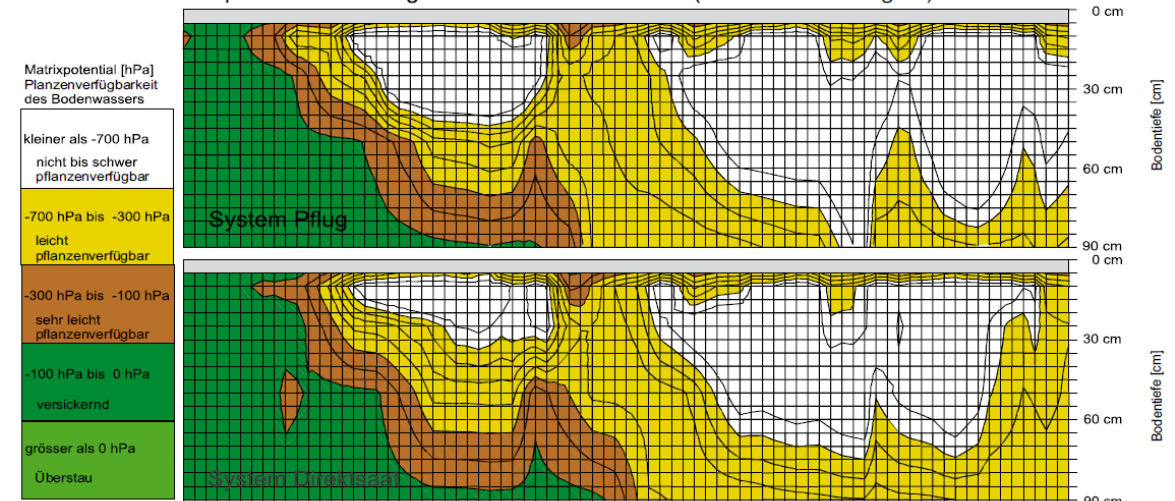
- Mulchen
- Bodenbedeckende Untersaat
- Zwischenfruchtbau



um Wasserretention zu erhöhen:

- Reduzierte Bodenbearbeitung
- Zwischenfruchtbau
- Humusaufbau

Durchschnitt Matrixpotential von Pflug- und Direktsaatverfahren (3. Juni bis 20. August)



Chervet et al. 2006 AGRARForschung 13 (4): 162-169



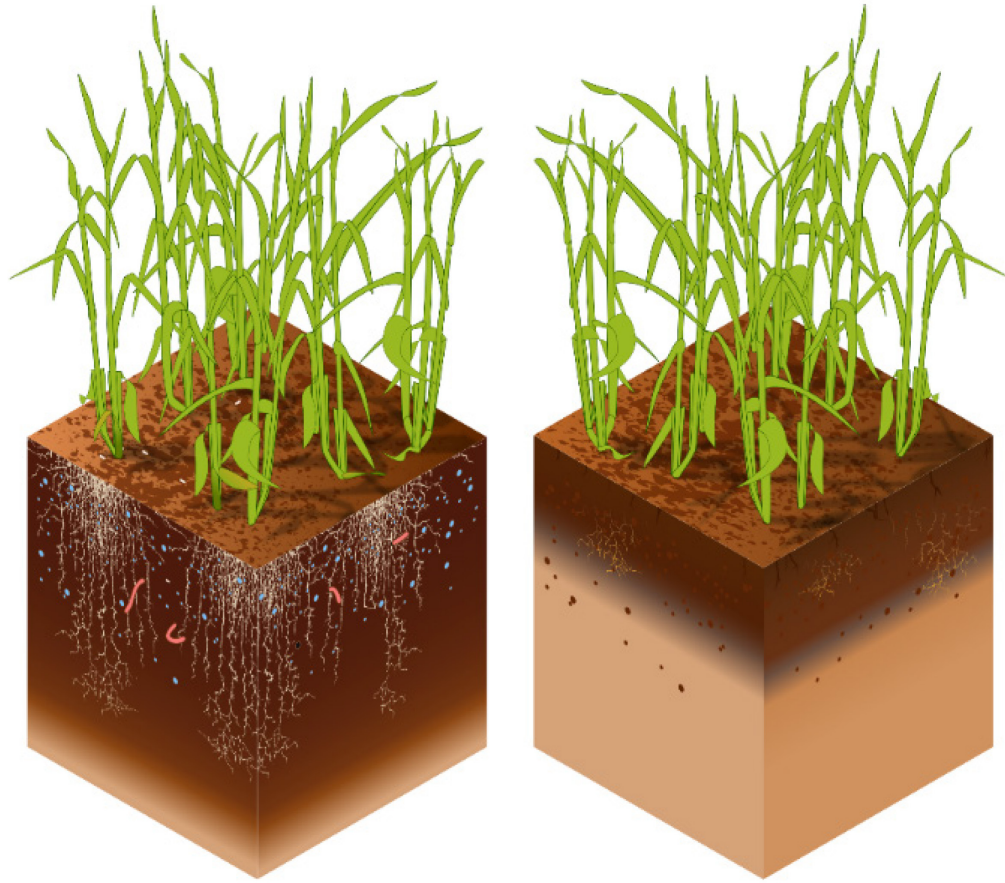
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/klima-lufthygiene/landwirtschaft-im-klimawandel/optain.html>



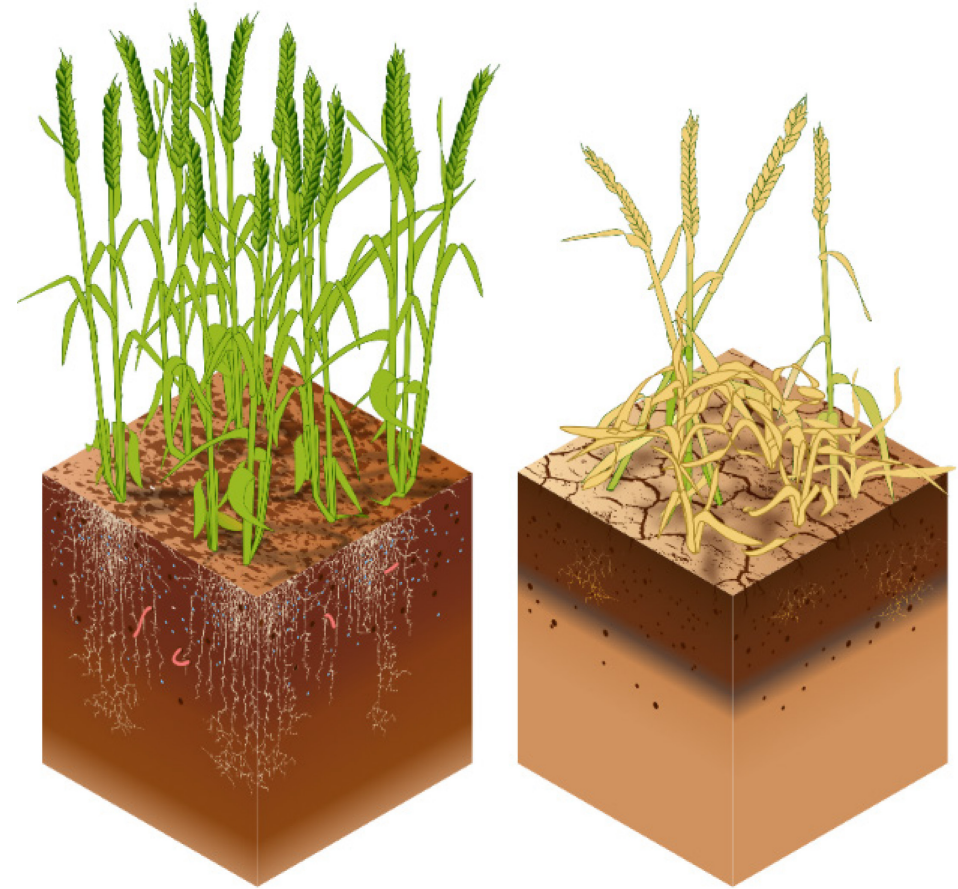




# Humusaufbau und Wasserhaushalt



Normal climate conditions



Drought event



<https://ejpsoil.eu/soil-research/eom4soil/into-dialogue/soilx>

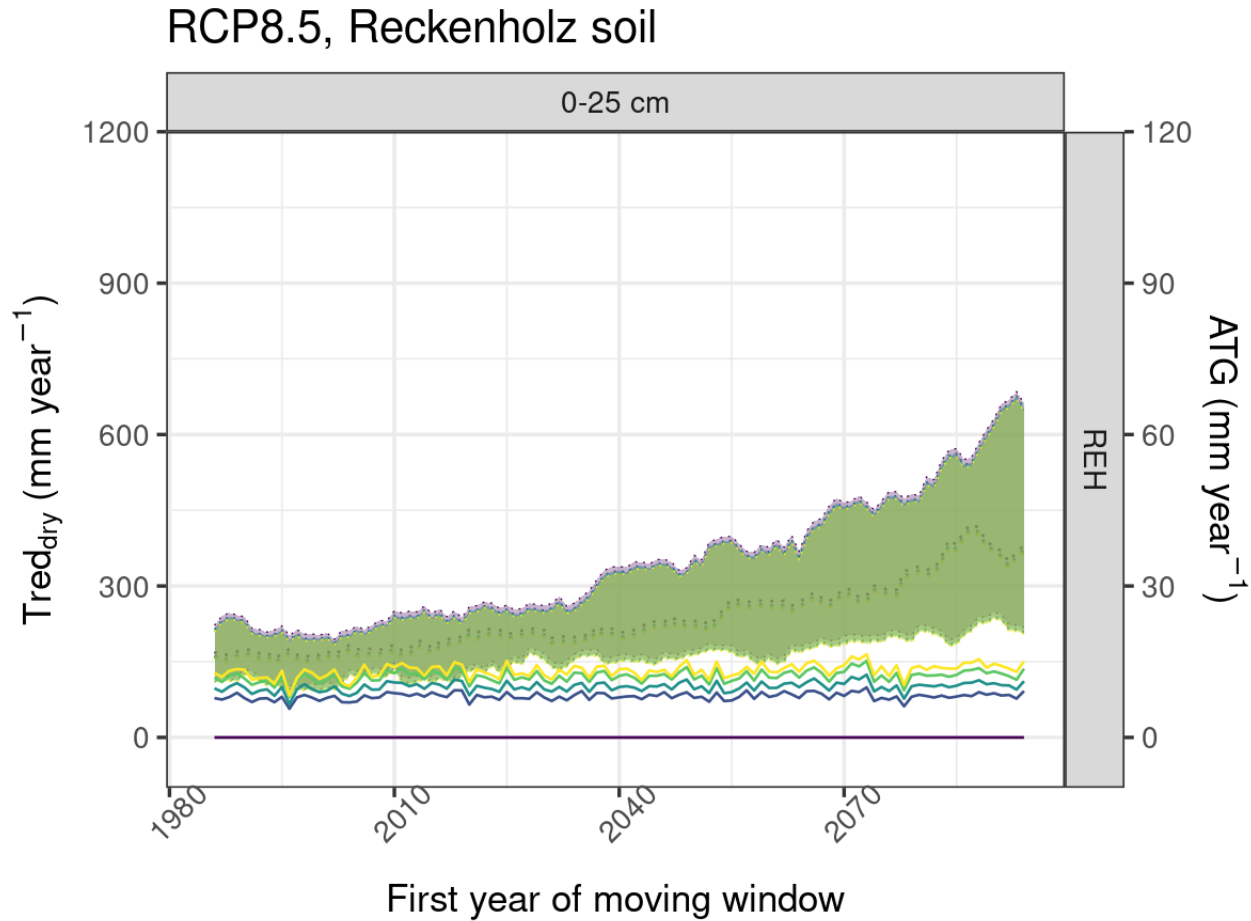
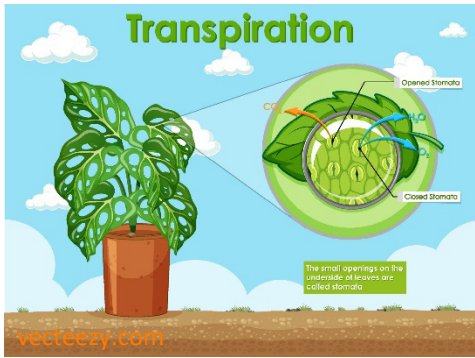


**OPTAIN**



# Humusaufbau und Wasserhaushalt

Tred<sub>dry</sub>:  
Trockenstress  
der Pflanze



ATG: average  
transpiration gain



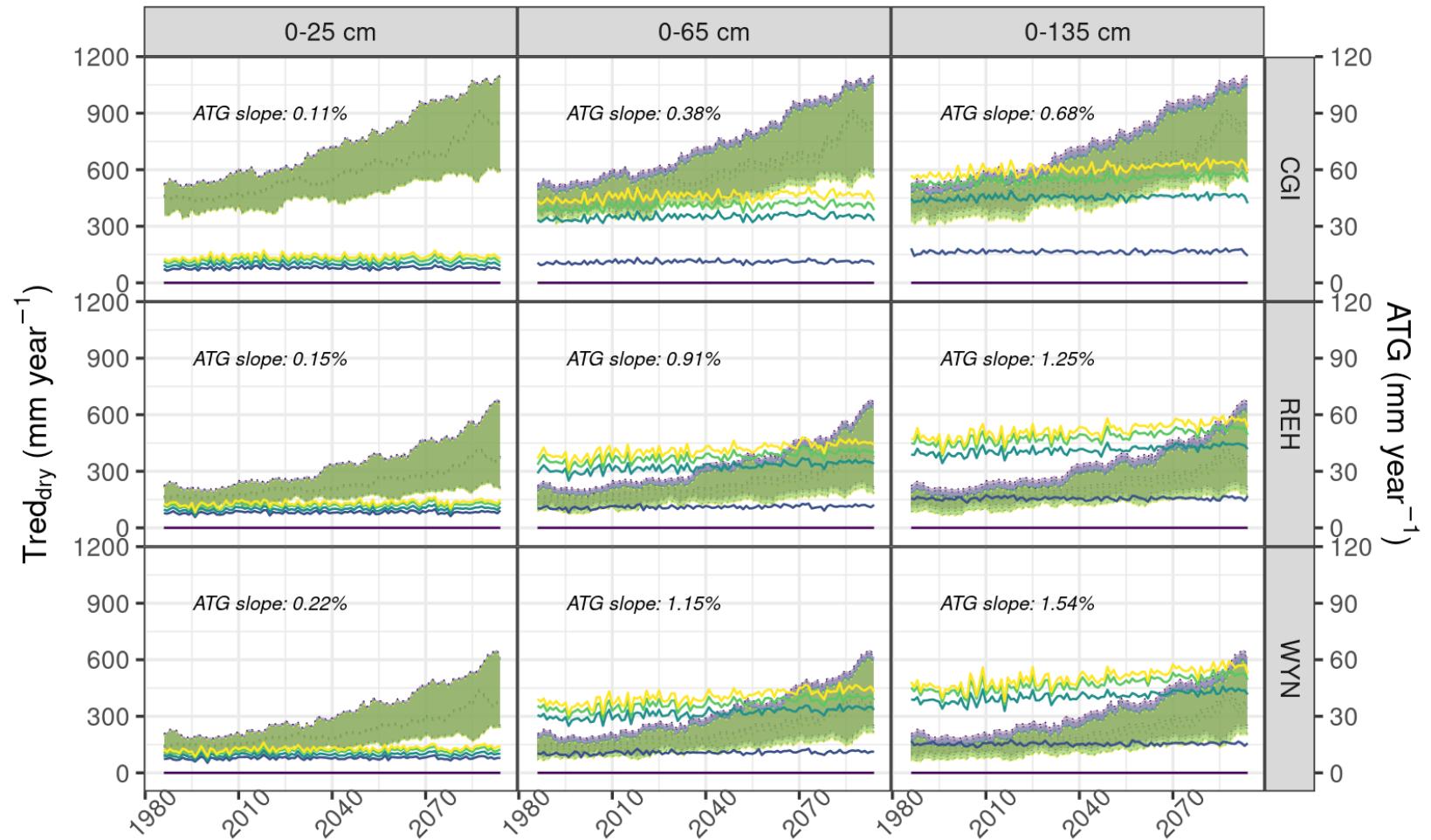
Shades represent climate  
model uncertainty

% SOC added 0 1 2 3 4



# Humusaufbau und Wasserhaushalt

Turek, M. E., Nemes, A., and Holzkämper, A.: Sequestering carbon in the subsoil benefits crop transpiration at the onset of drought, EGUsphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1077>, 2023.



Eine Erhöhung des SOC um 2 % bis in 65 cm Tiefe bewirkt einen Transpirationsgewinn von ca. 40 mm



# Anpassung durch Wahl «alternativer» Kulturen

Welche Kulturen können ohne Zusatzbewässerung von projizierten Klimaänderungen in der Schweiz profitieren und gleichzeitig einen Beitrag zur inländischen Nahrungsmittelproduktion leisten?

Quinoa



White lupine



Lentil





# «Alternative» Kulturen zur Stärkung von Klimaresilienz und Nachhaltigkeit

- Erhöhung funktioneller und struktureller Diversität (z.B. Agroforstsysteme)
- Blühpflanzen stärken Ressourcen für bestäubende Insekten
- Reduktion des Einsatzes von Düngemitteln
- Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln

→ Einbeziehung von «alternativen» Kulturen in Strategien der Diversifizierung im Ackerbau hat Potential, aber ist nicht trivial

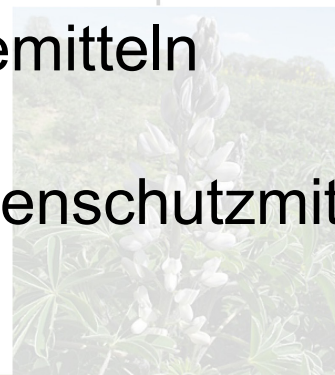
Quinoa



Borage



White lupine



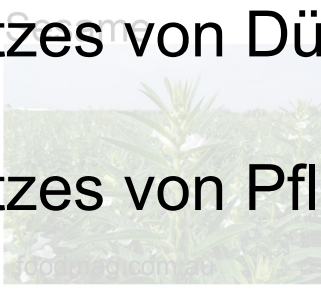
Yellow lupine



Almond



Lentil





# Zusammenfassung

## Auswirkungen steigender Temperaturen und abnehmender Sommerniederschläge

- Phänologische Verfrühung
- Verlängerung der Vegetationsperiode
- Zunahme an Hitzestress (Bsp. Weizen)
- Abnehmende Erträge mit beschleunigter phänologischer Entwicklung
- Zunahme an Trockenheitslimitierungen mit abnehmenden Sommerniederschlägen

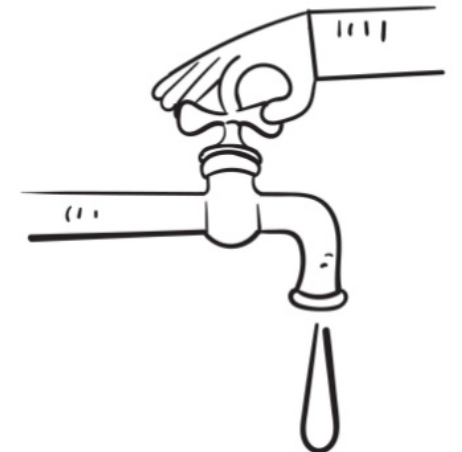


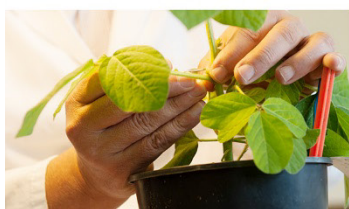
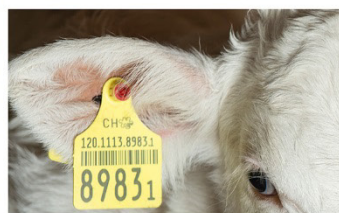
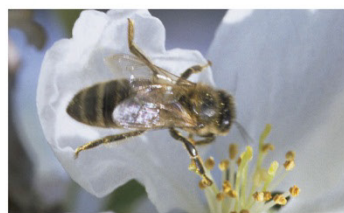
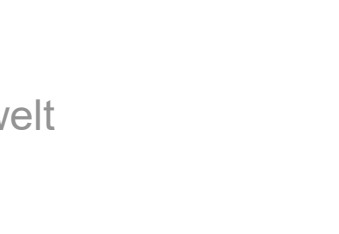
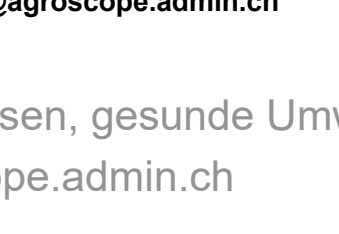
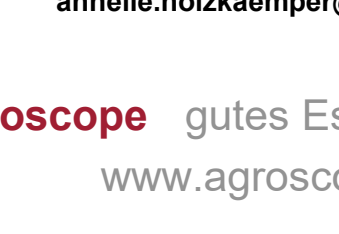
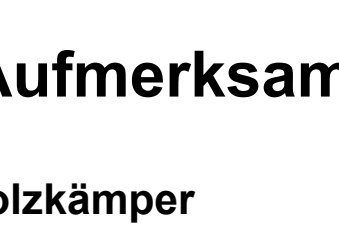
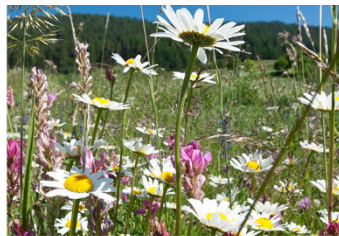
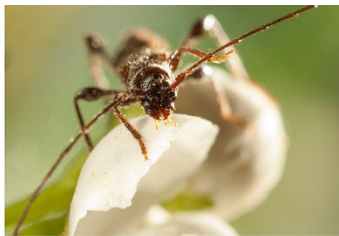


# Zusammenfassung

## Anpassungsoptionen

- Mit Bewässerung
  - kann zunehmender Trockenstress reduziert werden
  - eröffnet sich ein Spielraum für zunehmende Intensivierung der Produktion, wenn sich die Dauer der Vegetationsperiode mit steigenden Temperaturen verlängert
    - Gefahr von Wassernutzungskonflikten!
- Änderungen der Sortenwahl (z.B. hinsichtlich Frühreife, Toleranzen, thermischer Ansprüche, Resistenzen)
- Angepasste Bewirtschaftung (z.B. Mulchen, reduz. Bodenbearbeitung, Humusaufbau)
- Änderungen der Kulturwahl (z.B. Linsen, Quinoa, Lupine)
- Diversifizierung von Sorten und Kulturen im Anbau





**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**Annelie Holzkämper**  
annelie.holzkaemper@agroscope.admin.ch

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt  
www.agroscope.admin.ch