

Herausforderungen des Klimawandels für die Landwirtschaft und Anpassung

Josef Eitzinger

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, Wien

E-mail: josef.eitzinger@boku.ac.at

<http://www.boku.ac.at/>

**Auswirkungen des Klimawandels
auf**

**Pflanzenproduktion
und Wasserhaushalt**

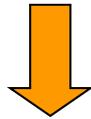
Die Entwicklung der Pflanzen (Phänologie)

Keimung - Aufgang - Wachsen - Blüte - Reife

Temperatur



**Geschwindigkeit der Entwicklung
(Phänologie, Alterung)**

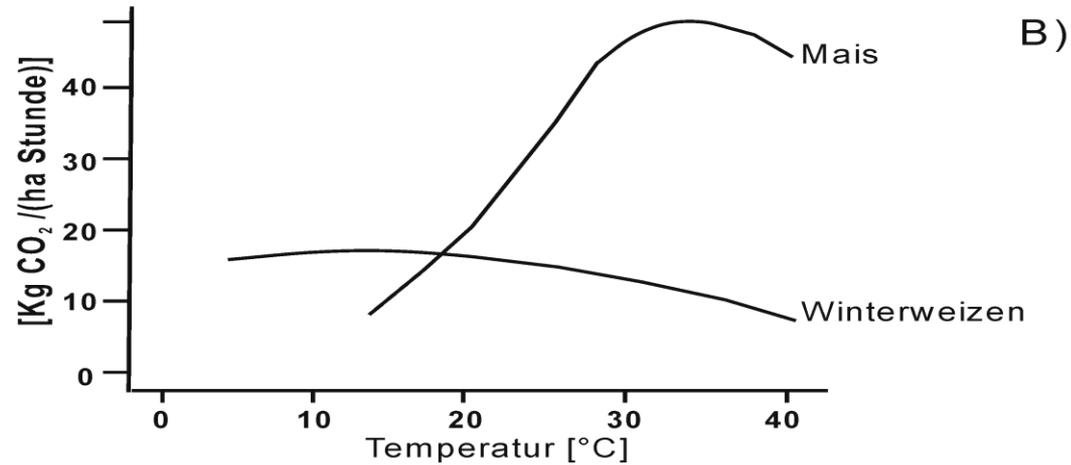
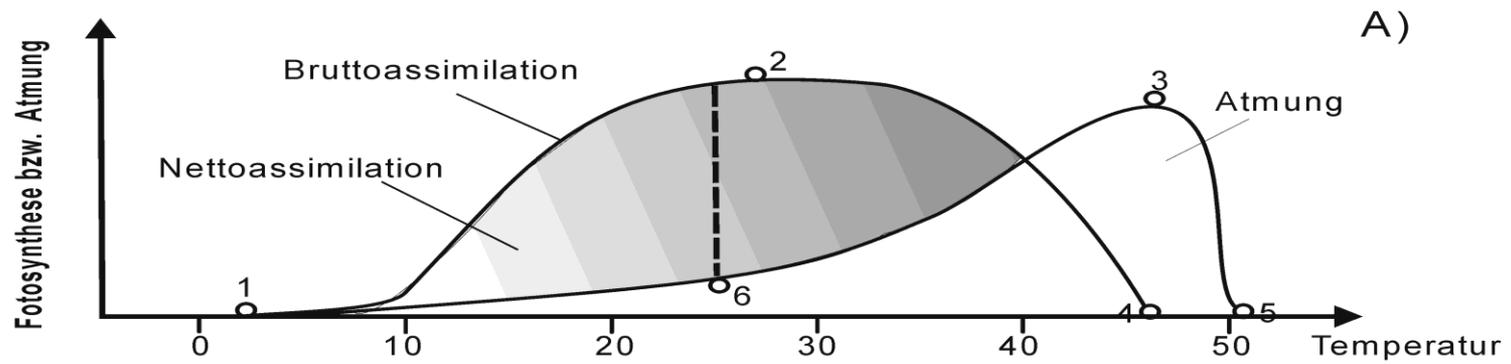


**Entwicklungsstadium
Blühzeitpunkt, Reifezeitpunkt**



**Biomasse-aufteilung
gesteuert durch Phänologie**





Temperaturabhängigkeit der Nettoassimilation (schematisch)

(nach Zelitch 1971, verändert)

Temperatureinfluß auf biogene Schadfaktoren: Schädlinge, Krankheiten, Unkräuter



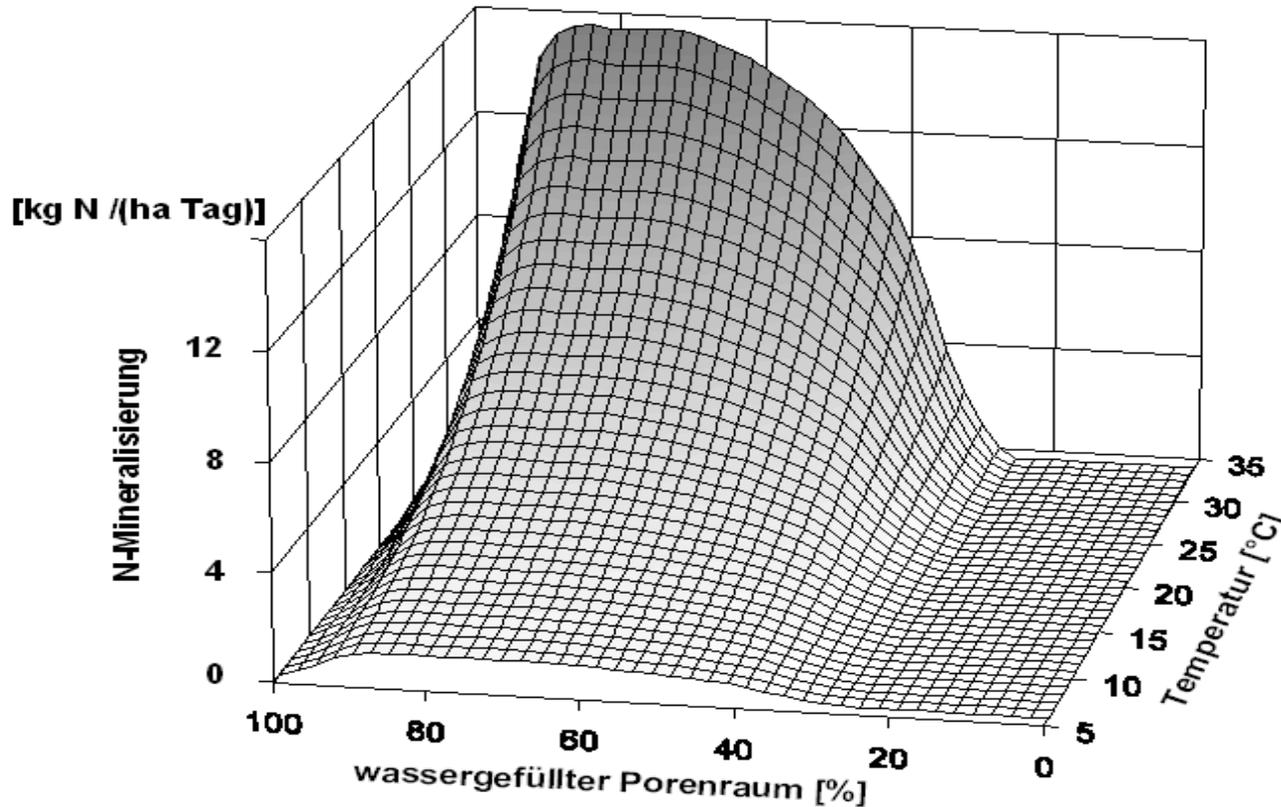
Die Raupe des Maiszünslers verursacht häufig ein Abbrechen der Maisfahnen
(Quelle: Glauninger, in: Eitzinger et al., 2009)



Dürrfleckenkrankheit (Alternaria) bei Kartoffel
(Quelle: Glauninger, in: Eitzinger et al., 2009)



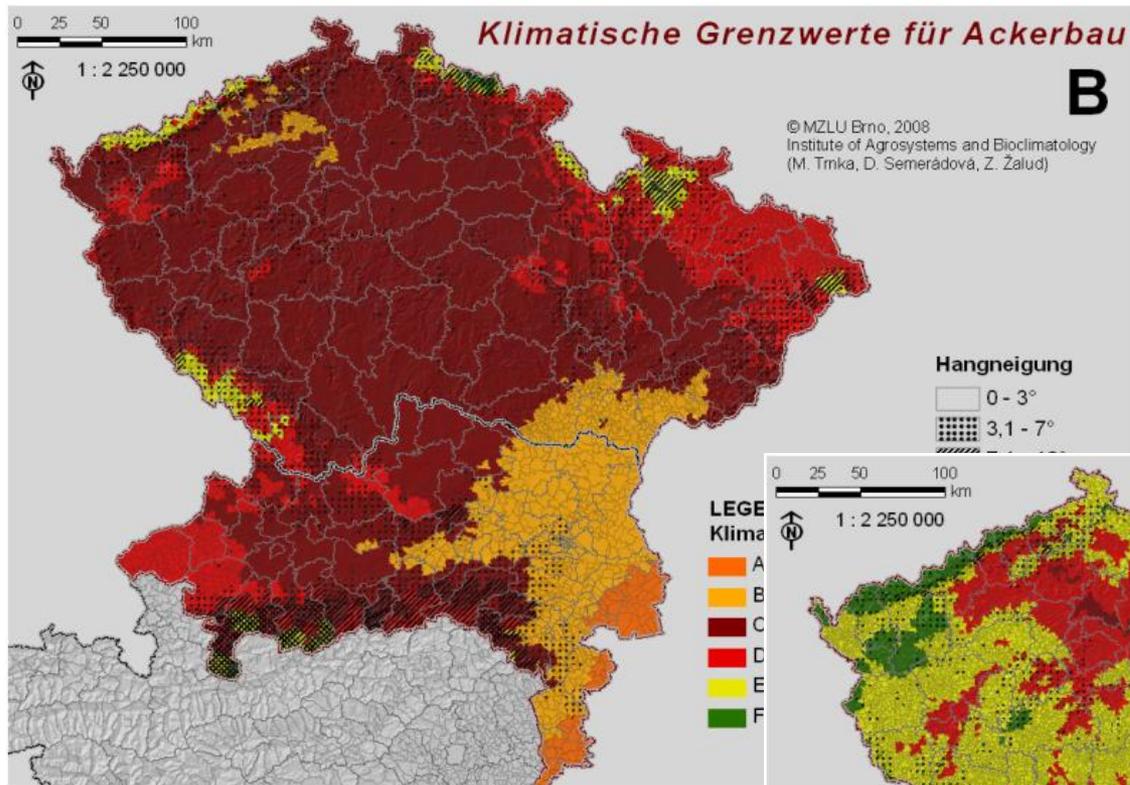
Verunkrautung mit Ambrosie in einem Maisfeld
(Quelle: Glauninger, in: Eitzinger et al., 2009)



Temperaturabhängigkeit von chem. Bodenprozessen

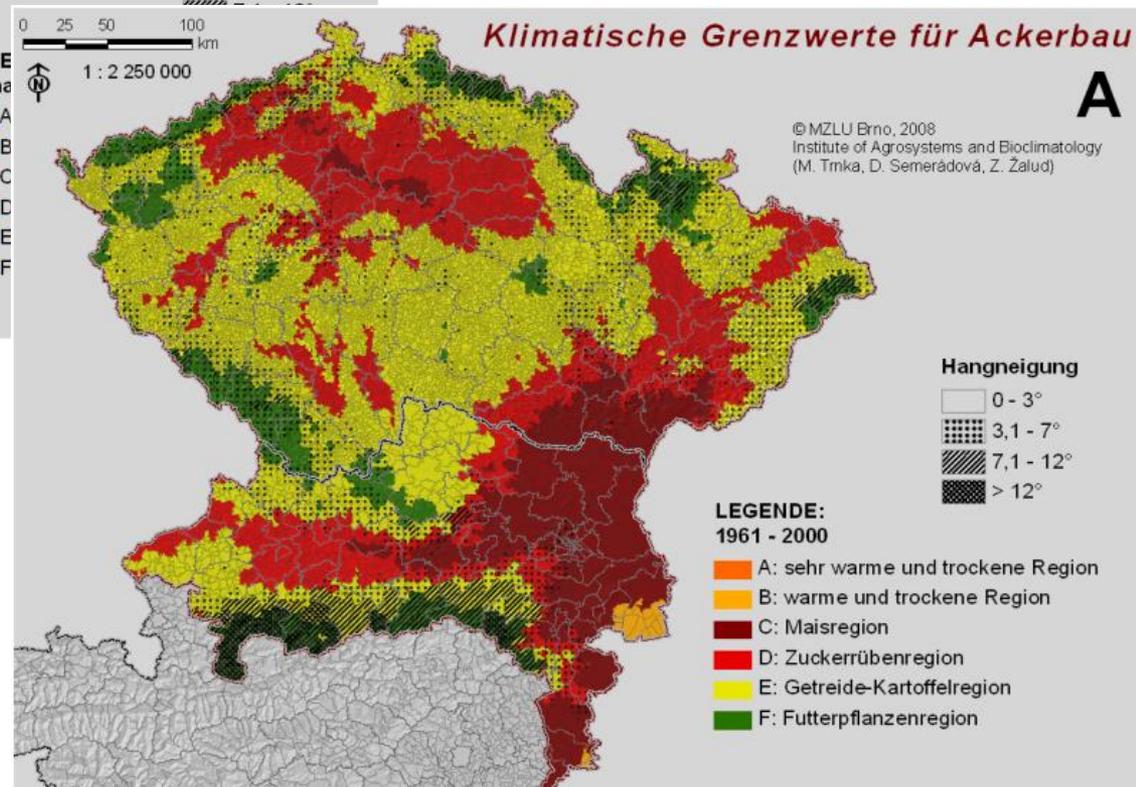
Mineralisation von Stickstoff aus organischer Substanz in Abhängigkeit von Temperatur und Bodenfeuchte (schematisch)

(Eitzinger et al., 2009)

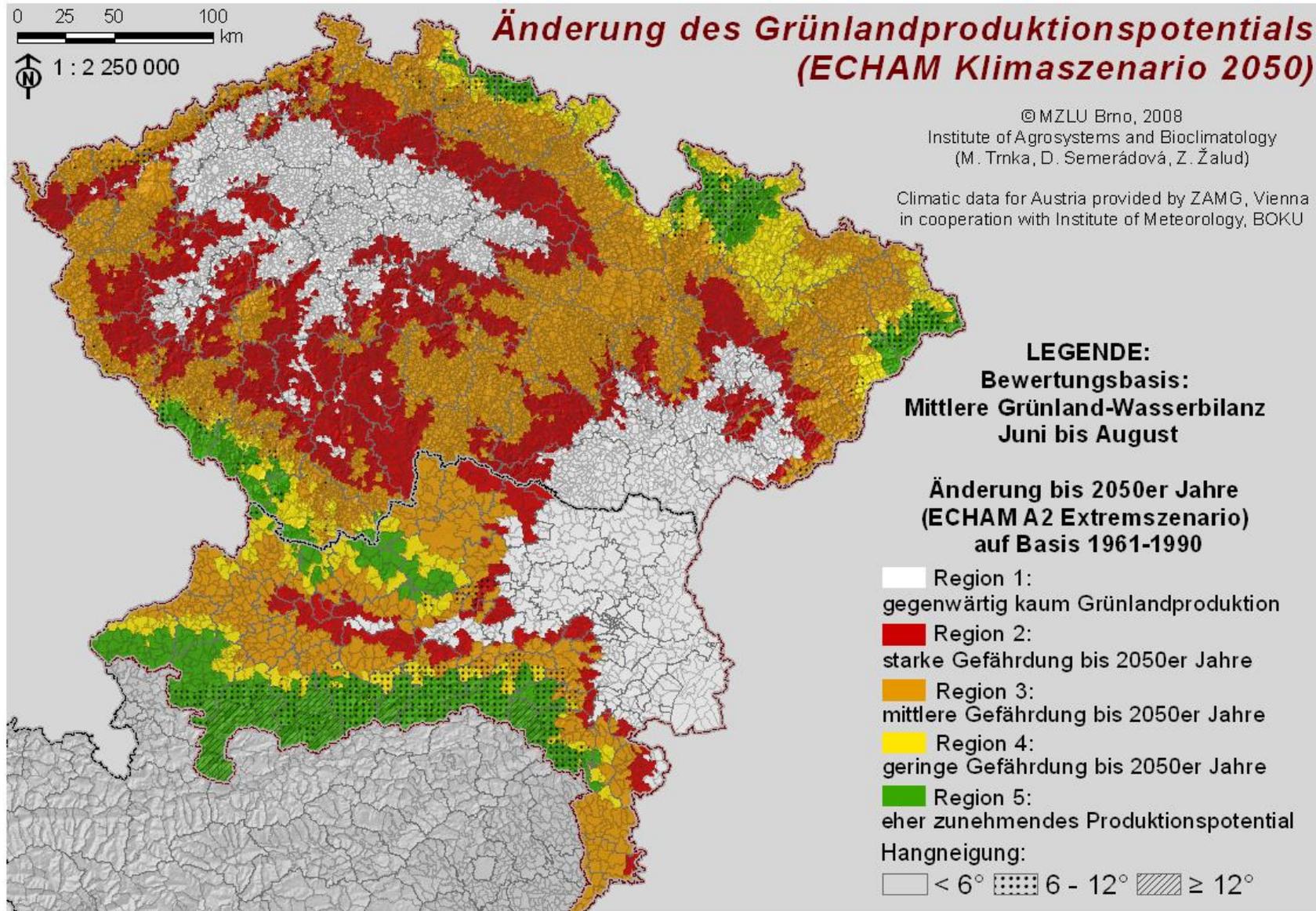


Verschiebung von agrarökologischen Anbauzonen für die 2050er

Jahre unter dem Klimaszenario ECHAM, SRES A2 (b) im Vergleich zur Periode 1961-2000 (a) in Tschechien und im Norden Österreichs (Modell AGRICLIM, Berechnung: Trnka)



(Quelle: Eitzinger et al., 2009)

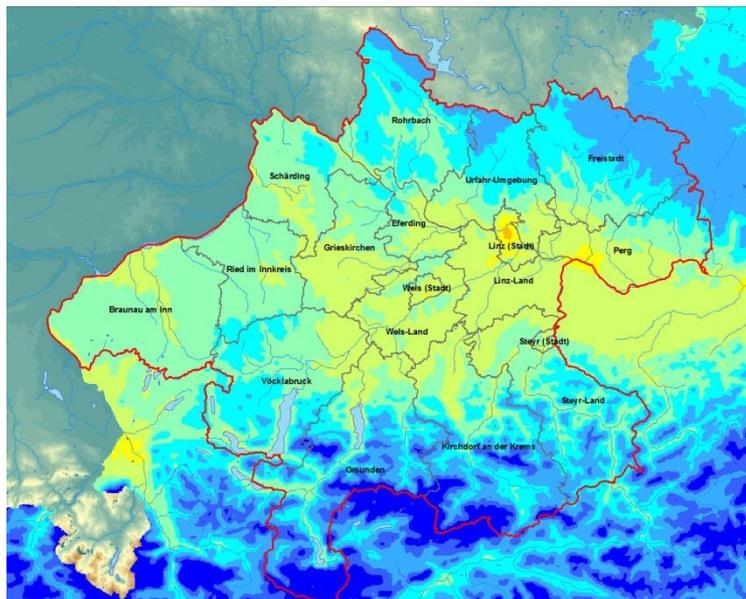


Veränderung der für die Grünlandproduktion kritischen Wasserbilanz (in der Hauptwachstumsperiode und unter Berücksichtigung der nur grobskaligen Bodenverhältnisse) in Regionen mit Grünlandproduktion in Tschechien und im Norden Österreichs. Die rot eingefärbten Regionen würden unter den heutigen Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Grünlandwirtschaft bis zu den Klimaszenarium der 2050er Jahre (ECHAM; SRES A2) einem deutlich höheren Ertragsrisiko unterliegen (Berechnung: Trnka)

(Quelle: Eitzinger et al., 2009)

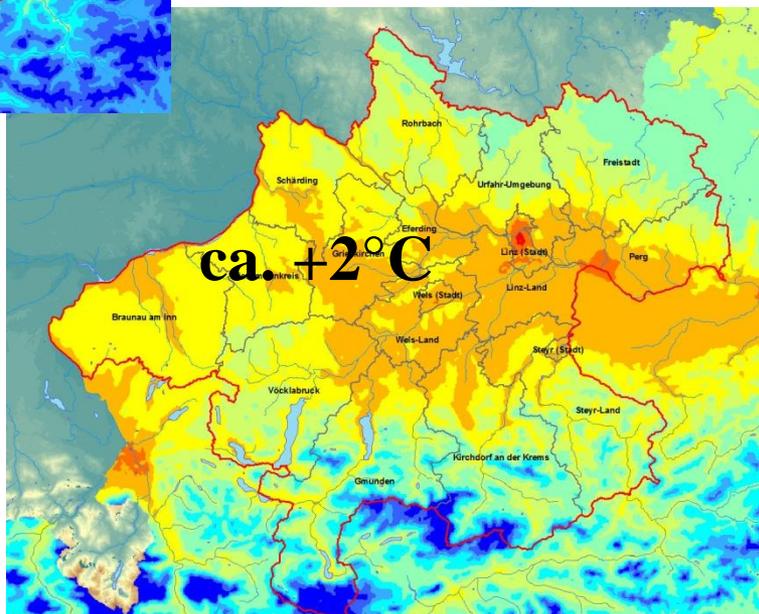
Oberösterreich

Änderung der mittleren Jahrestemperatur



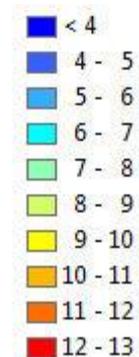
1961-1990

2050er Jahre



Legende:

Mittl. Jahrestemperatur
in °C

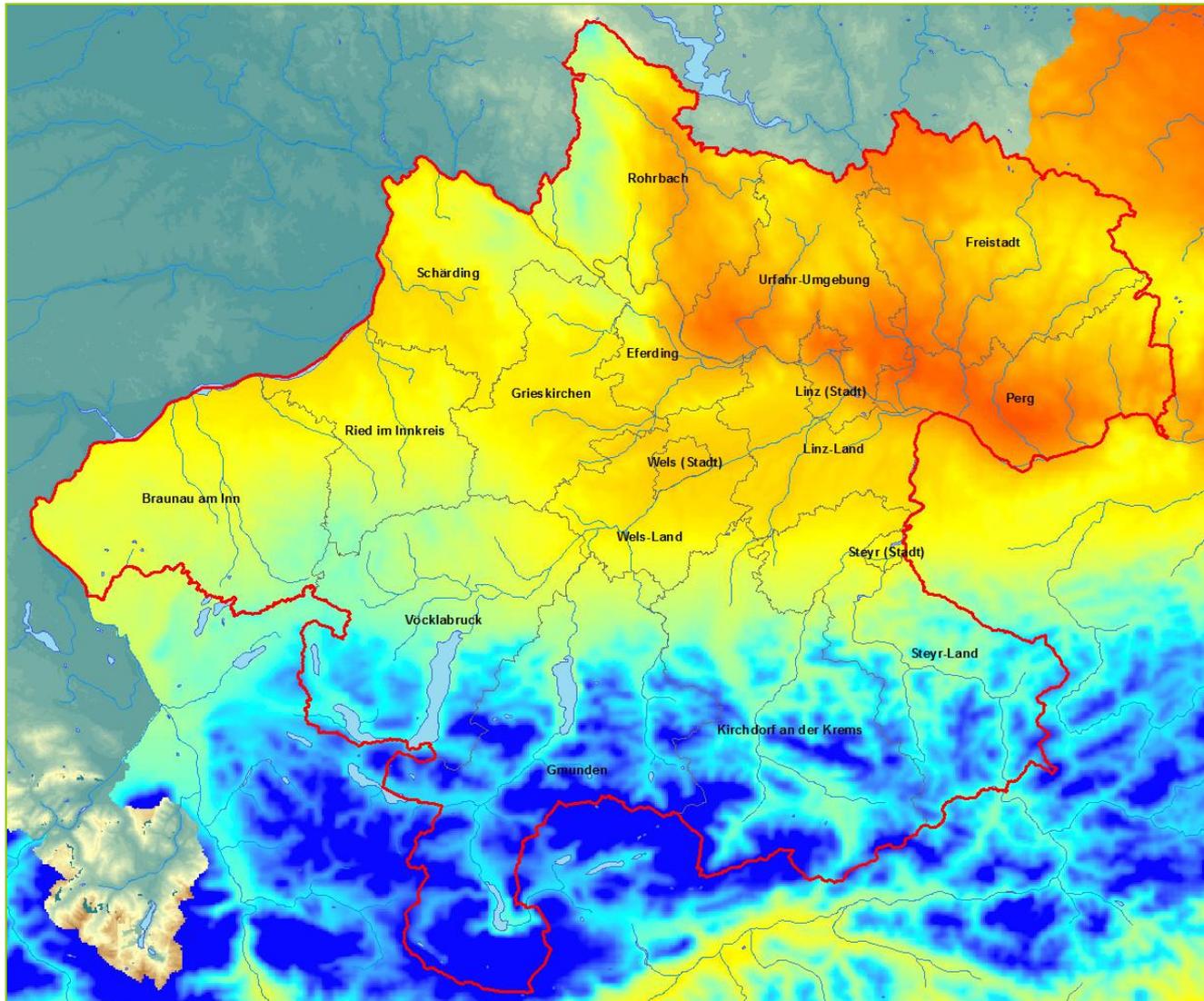


Klima Datenbasis: ZAMG

Bearbeiter: Eitzinger, Kubu (BOKU)

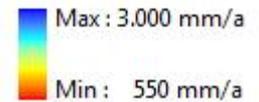


Mittlere Niederschlagsverteilung



Legende:

Jahresniederschlag



Klima Datenbasis: ZAMG

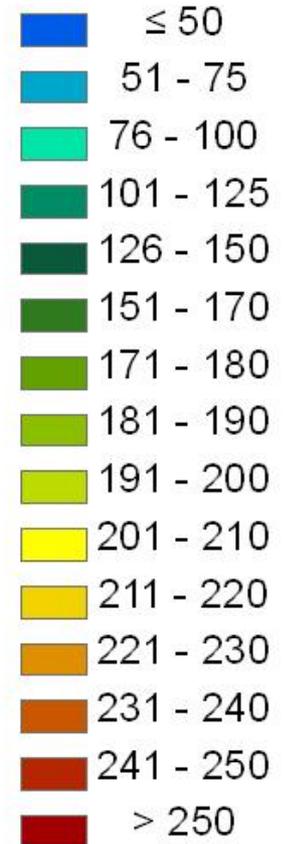
Bearbeiter: Eitzinger, Kubu (BOKU)



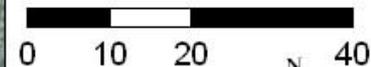
Dauer der Vegetationsperiode (> 5°C)

1961 - 1990

Legend [days]:



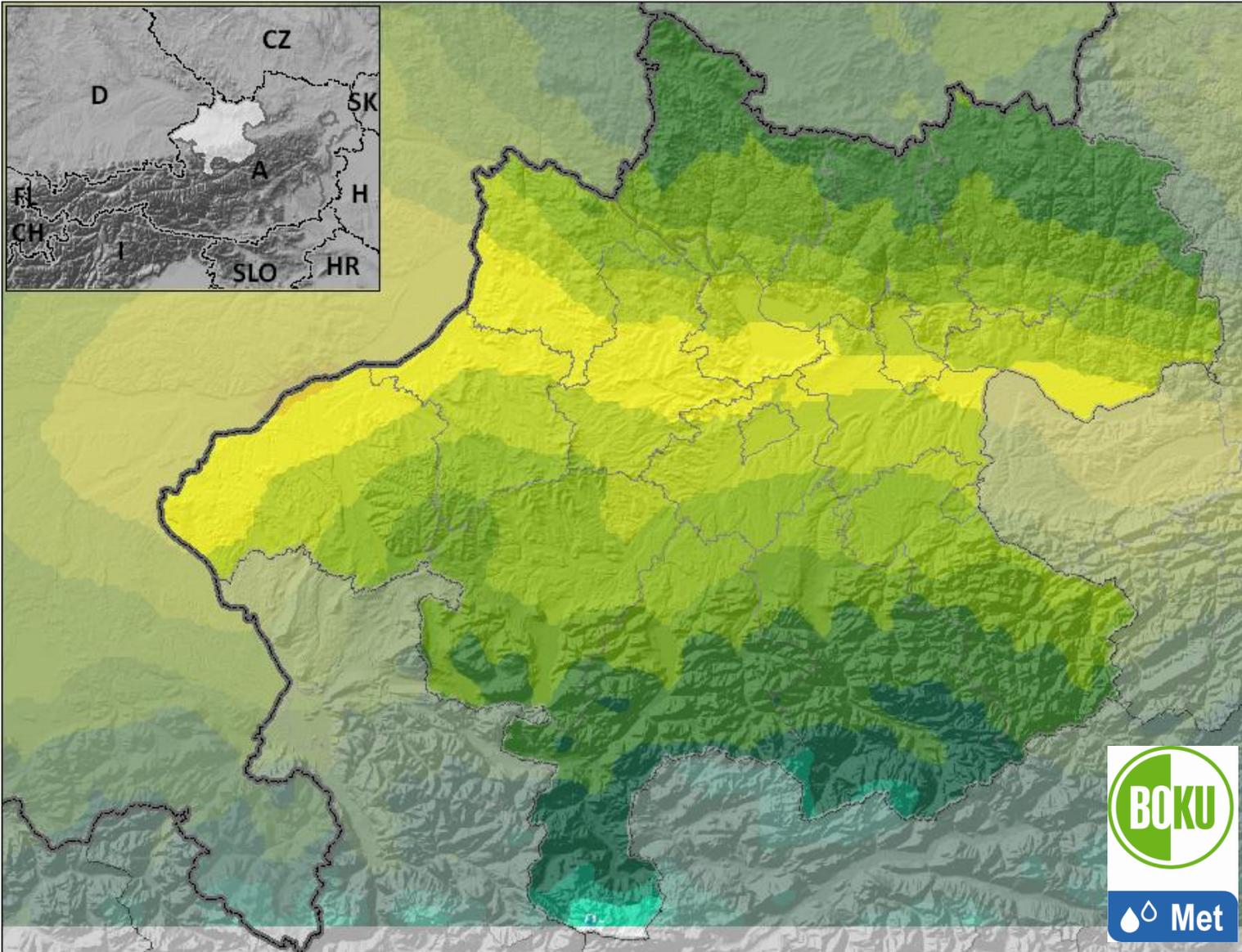
km



Mendel
University
of Agriculture
and Forestry
in Brno



CHMI

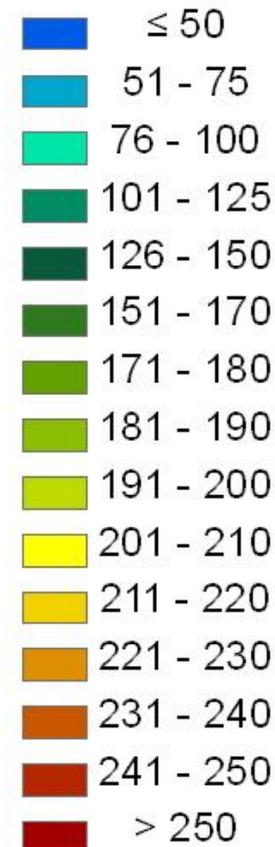


Met

Dauer der Vegetationsperiode (> 5°C)

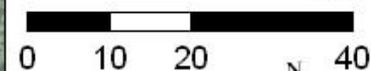
2021 - 2050

Legend [days]:



+ 20-30 Tage

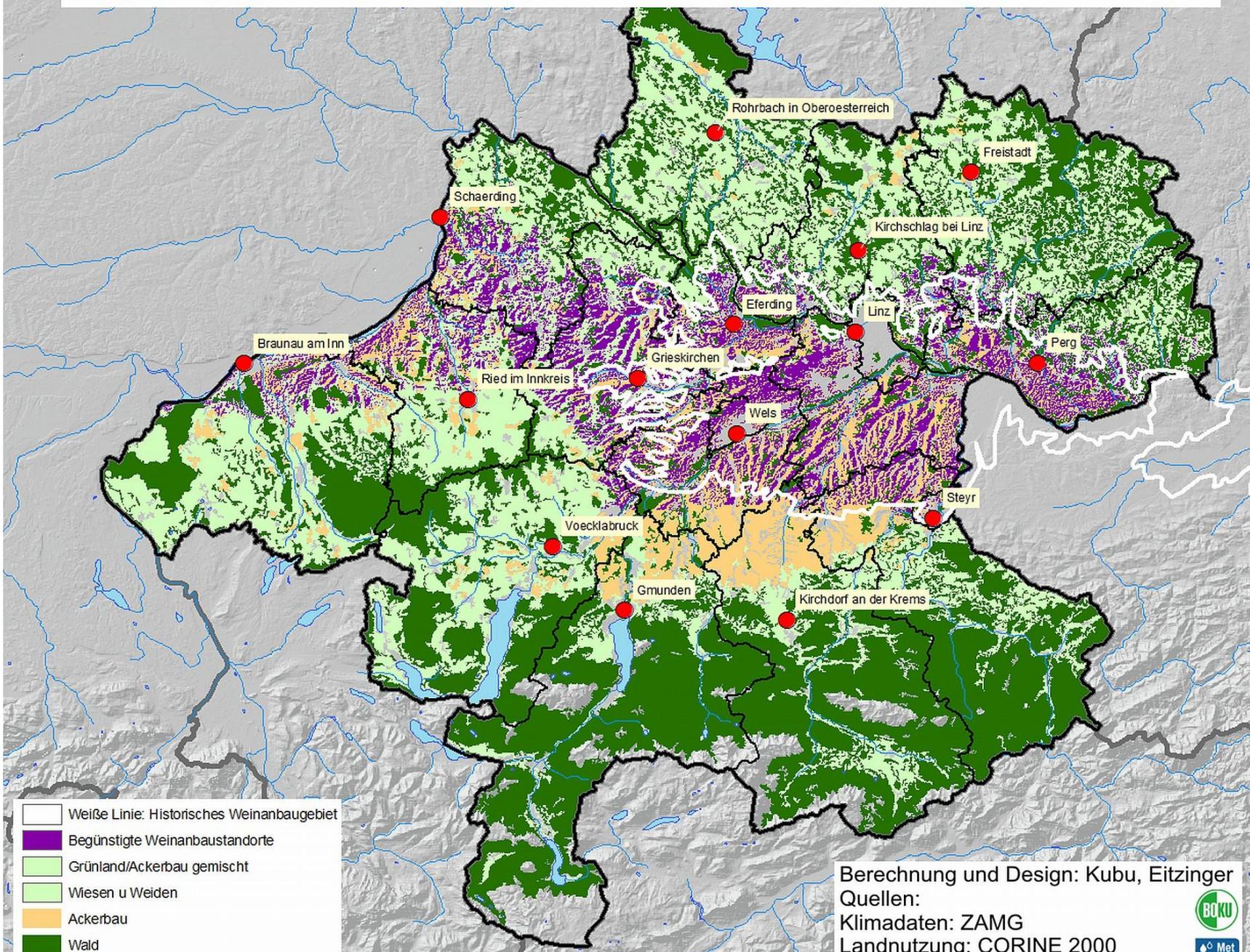
km



Mendel
University
of Agriculture
and Forestry
in Brno



Begünstigte Weinanbaustandorte in Oberösterreich bis zu den 2050er Jahren



- Weiße Linie: Historisches Weinanbaugebiet
- Begünstigte Weinanbaustandorte
- Grünland/Ackerbau gemischt
- Wiesen u Weiden
- Ackerbau
- Wald

Berechnung und Design: Kubu, Eitzinger

Quellen:

Klimadaten: ZAMG

Landnutzung: CORINE 2000



Wasserverbrauch von Nutzpflanzen

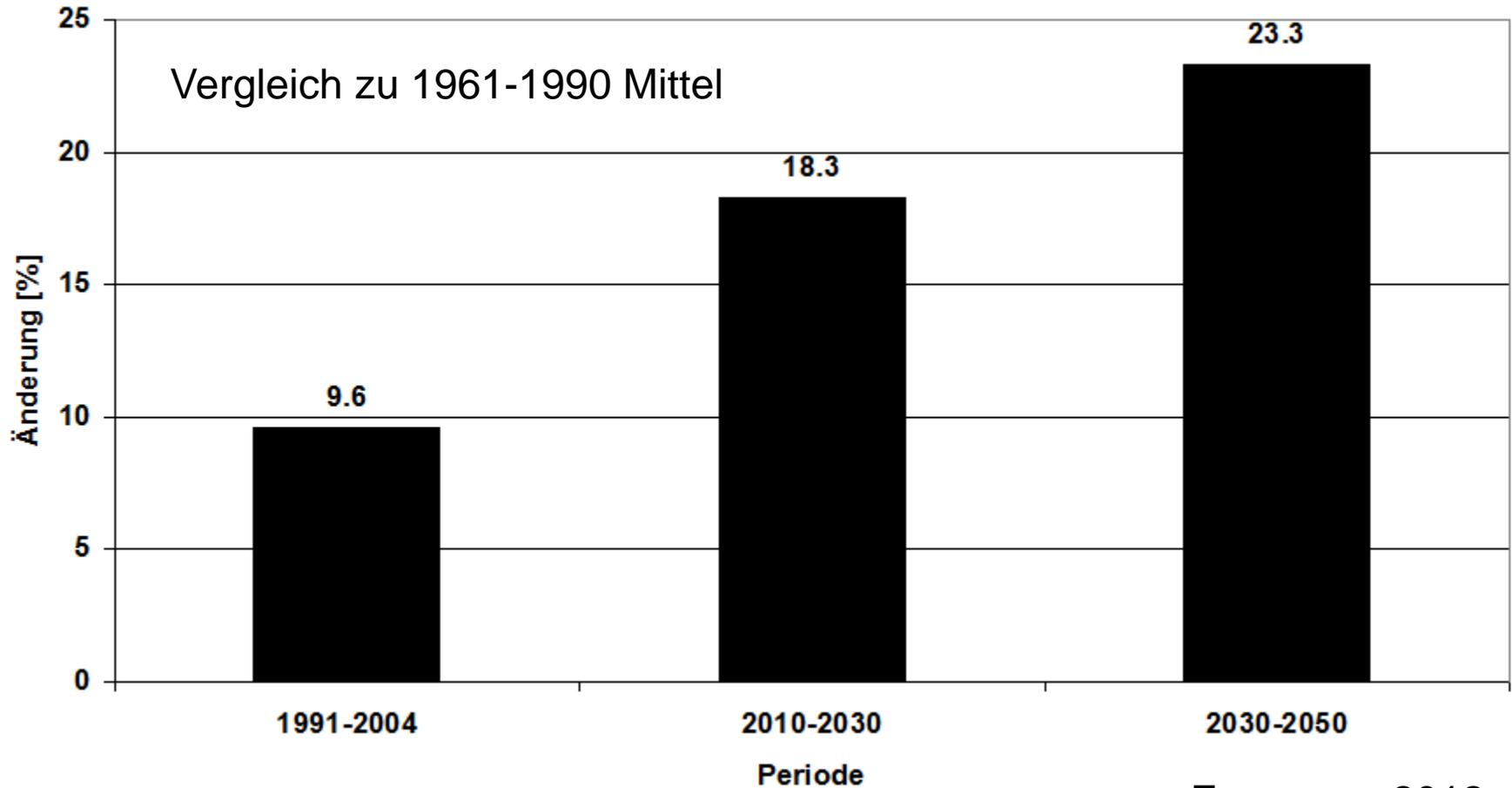
Wasserverbrauch ausgewählter Kulturpflanzen (abgeleitet aus mittlerem Ertragsniveau)

Kulturart	Transpirationskoeffizient [l Wasser / kg Trockenmasse]	Gesamtwasserverbrauch der Pflanzenbestände pro Wachstumsperiode (mm)
W. Weizen	308 – 690	460
W. Gerste	310-521	400
W. Roggen	400	350
S. Gerste	218-521	300
Mais	180-400	530
Energiemais	180-400	800
Kartoffel	182-636	450
Zuckerrübe	176-400	480
W. Raps	600-700	480
Luzerne	800	700
Buschbohne	206 - 400	250
Weißkohl	296 - 600	300
Gurke	220-430	290
Zwiebeln	350-600	350
Wein	370-430	400-700

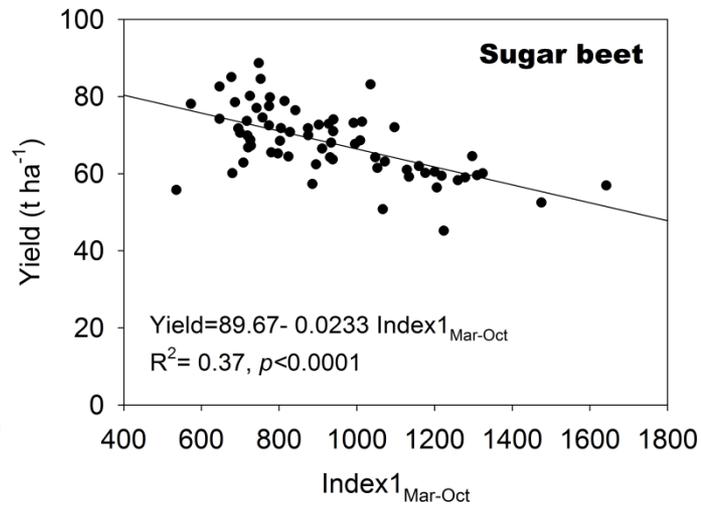
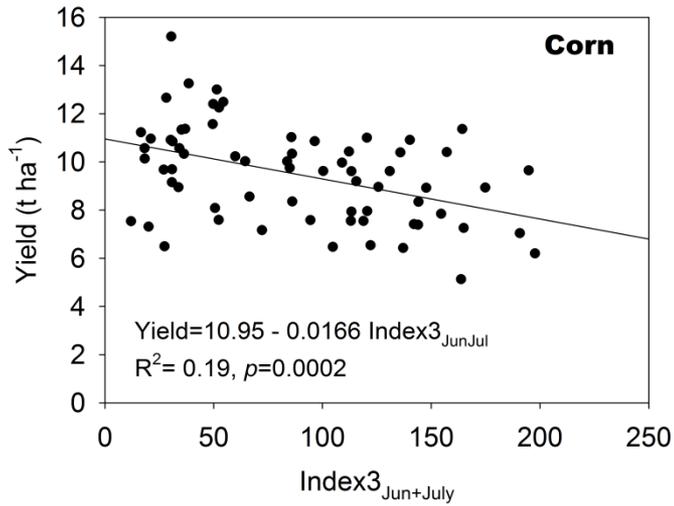
(Quelle: Eitzinger et al., 2009)

Zunahme der potenziellen Verdunstung

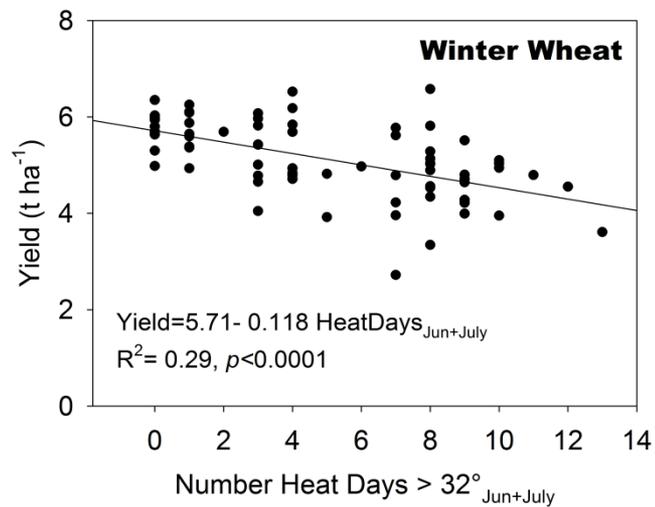
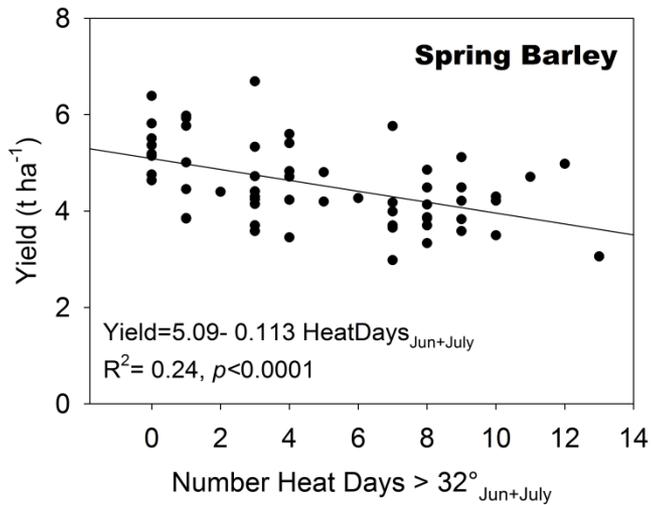
(Station Neusiedl/See, basierend auf Klimamodell ECHAM4/OPYC3, IS92a)



Formayer, 2012

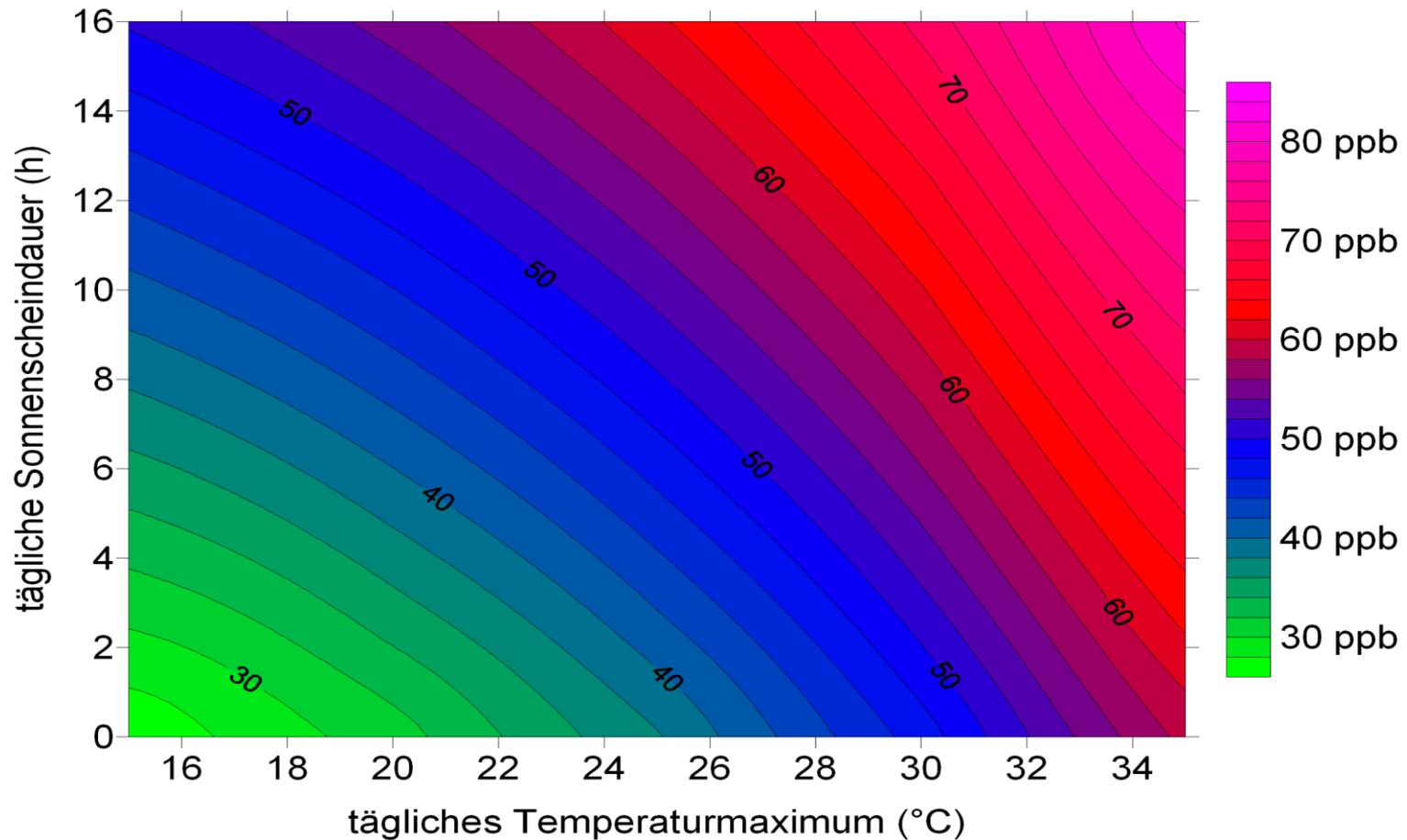


Drought + Heat effect



Only Heat effect

Bodner et al., 2015



Abhängigkeit der täglichen Ozonkonzentrationen

(Siebenstundenmittel 9-16 h in ppb) von meteorologischen Größen (tägliches Temperaturmaximum, Sonnenscheindauer) in Ostösterreich. (Quelle: Soja und Soja 1999)

Auswirkungen auf einjährige Nutzpflanzen

Sommerkulturen durch zunehmenden Wassermangel betroffen, besonders in den trockeneren Regionen und auf sandigen Böden

Verschiebung von agrarökologischen Anbauzonen (entsprechend der Temperaturansprüche der Kulturen)

In begünstigten Regionen langfristig zwei Hauptkulturen jährlich möglich, Ausweitung klimatisch anspruchsvoller Arten

Anbau ertragsreicherer (spätreifender) Sorten möglich

Ausbreitung neuer (oft wurzelbetonter) Unkrautarten (aus wärmeren Regionen)

Verschiebung termingebundener Feldarbeiten, mehr Feldarbeitstage, bessere Erntebedingungen, z.T. schlechtere Bedingungen bei früherer Saat oder Ernte (Grünlandschnitt)

Zunehmender Wasser- und Bewässerungsbedarf verschiedener Kulturen

Auswirkungen im Grünlandbereich

Verlängerung der Wachstumsperiode, mehr Schnitte als bisher

In Regionen mit über ca. 800mm Jahresniederschlag höheres Ertragspotential, darunter zunehmendes Ertragsrisiko durch Trockenschäden

Zunahme von Hitzestress und Hitzeschäden im Grünland

Zunahme durch Schäden wärmeliebender Schädlinge (Engerlinge)

Veränderung der Grünlandartenzusammensetzung, Auswirkung auf Futterqualität

Zunahme der Erosionsgefahr durch Starkniederschläge (insb. bei Beweidung)

Höhere Ansprüche an die Regulierung des Stallklimas (insbes. Kühlung im Sommer)

Höhere Lagerkapazitäten für Futter günstig (zunehmendes Ernterisiko)

Mehr Hitzestress - Leistungsabfall in der Tierhaltung

Auswirkungen bei Dauerkulturen



Früherer Entwicklungsbeginn und schnellere Phänologie, frühere Blüh- und Erntezeitpunkte

Zunehmendes Spätfrostschadensrisiko bei früherem Vegetationsbeginn (größere Schwankungsbreiten im Spätfrostaufreten) – aber regionspezifisch

Zunahme von Hitzeschäden

Stärkere Bodenerosionsgefahr in Reihenkulturen

Sortenverschiebungen, Änderung des Qualitätstypus

Möglicherweise regional zunehmende Hagelschlaggefahr (stärkere Gewitter)

Gefahr durch neue Krankheiten und Schädlinge (oder mehr Generationen)

Neue Anbauregionen können erschlossen werden

Zunehmend Bewässerung in trockenen Regionen nötig

Frühere Ernte = veränderte Erntebedingungen



**Klimaschutz
(=„Mitigation“ bzw. Vermeidung)**

und

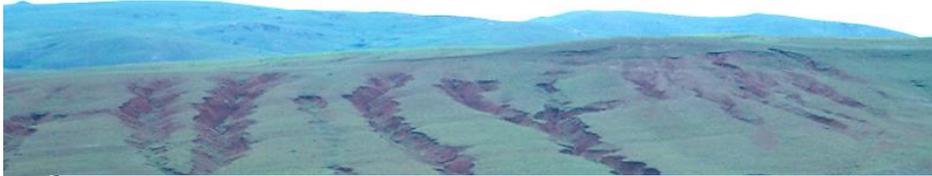
Anpassung (=Risikominderung)

durch effektivere Ressourcennutzung

Schutz und effiziente Nutzung der lokalen Ressourcen in der Landwirtschaft



Met



BODEN



WASSER



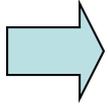
PFLANZEN



KLIMA

Landwirtschaft optimiert :

Infrastruktur, Poilitik, Versicherung, ...



Produktionstechnologien



Erträge,
Nahrungsmittel



Nahrungsmittelqualität



Einkommen



Landschaftspflege



Produktionsrisiko ...

.... durch effiziente Nutzung
der Produktionsmittel
(Energie, Dünger,
Maschinen, ...)

UND

der natürlichen lokalen
Ressourcen
(Boden, Wasser, Pflanze,
Klima)

Frage der
Nachhaltigkeit !

Motivationsfaktoren für Anpassungen

Positive Faktoren	Negative Faktoren
<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltiger, langfristiger Effekt • Höhere Erträge, bessere Ertragsstabilität • Bessere Qualität der produzierten Nahrungsmittel und anderer landwirtschaftlicher Produkte. • Geringeres Produktionsrisiko • Niedrige Investitionskosten • Steigender Nettogewinn oder Deckungsbeitrag • Effizientere Nutzung und Schonung natürlicher Ressourcen • Geringere oder akzeptable Arbeitsbelastung • Förderung der Artenvielfalt • Positive produktionstechnische Wechselwirkungen • Soziale Akzeptanz (Anerkennung) und persönliche Motivation (z. B. Landschaftsbild) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht nachhaltiger, nur kurzfristiger Effekt • Geringere Erträge, höhere Ertragsvariabilität • Schlechtere Qualität der produzierten Nahrungsmittel und anderer landwirtschaftlicher Produkte. • Höheres Produktionsrisiko • Hohe Investitionskosten • Sinkender Nettogewinn oder Deckungsbeitrag • Zusätzlicher Verbrauch und Belastung natürlicher Ressourcen • Höhere Arbeitsbelastung • Verringerung der Artenvielfalt • Negative produktionstechnische Wechselwirkungen • Geringe soziale Akzeptanz oder persönliche Motivation

Betriebswirtschaftliche Risikominderung

Risikominderungsstrategien landwirtschaftlicher Betriebe

Mengen- und Preisabsicherung

- **Schadensbezogene Versicherungen**
- **Indexbezogene Versicherungen**
- **Produktionstechnische Maßnahmen (z. B. Bewässerung)**
- **Warenterminbörse**
- **Lieferverträge**

Betriebsorganisation

- **Innerbetrieblicher Risikoausgleich:**
 - Diversifikation / Alternativen
 - Auswahl risikoarmer Prozesse
 - Überkapazitäten (Puffer)
- **Intertemporärer Risikoausgleich:**
 - Liquiditätsreserven
 - Lagerhaltung

Effizienzsteigerung

- **Monitoring von Betriebsabläufen**
 - **Managementpläne**
 - **Prozesssteuerung / Präzisionslandwirtschaft**

Anpassungsmaßnahme	THG-Minderung: Emissionssteigerung (-) oder -reduktion (+)	Andere Wirkungen auf die Umwelt und andere Bereiche
	Bewertung ¹	Bewertung ¹
Reduzierte Bodenbearbeitung, Minimalbodenbearbeitung, Pflugverzicht	(+) Kohlenstoffanreicherung im Boden, Humusaufbau, geringerer Kraftstoffverbrauch bei der Bodenbearbeitung	(+) Reduktion der Bodenevaporation, reduzierte Bodenerosion, stabilere Bodenstruktur und bessere Bodenbefahrbarkeit (-) ev. höherer Herbizideinsatz
Möglichst dauerhafte Mulchdecken im Ackerbau und bei Dauerkulturen	(+) Schutz der Bodenkohlenstoffreserven gegen Bodenerosion	(+) Bodenerosionsschutz, Reduktion der Bodenevaporation
Grünlandumbruch für Feldfutterbau	(-) Hoher Humusabbau	(-) Reduktion der Biodiversität, erhöhte Bodenerosion, erhöhte Nitratauswaschung, (+) höhere Flächenproduktivität
Früherer Anbau von Kulturen		(+) effizientere Wassernutzung, höheres Ertragspotenzial, (-) Gefahr von Bodenverdichtung wegen schlechterer Bodenbefahrbarkeit durch Nässe
Züchtung und Anbau besser angepasster Sorten	(+) bessere Ausnutzung des Boden-N, verringerte N-Verluste (in Luft und Wasser)	(+) effizientere Wassernutzung, höheres Ertragspotenzial
Angepasste Methoden der N-Düngung (z. B. Precision Farming)	(+) geringere Lachgasemissionen	(+) geringere N-Auswaschung ins Grundwasser
Biomasseproduktion für energetische Nutzung	(+) Potenzial als alternative Energiequelle, aber abhängig von der eingesetzten Technologie, je nach Produktionsmethode mögliche positive oder negative Effekte für den Bodenumaufbau und für Bodenschutz.	(-) Je nach aktueller Marktlage mögliche Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln (und anderer Produkte). Diese kann z. B. durch Zwischenfrucht-Nutzung, integrierte Fruchtfolgesysteme und Nutzung von Koppelprodukten gemindert werden. Derzeit in Österreich keine signifikante Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion (Gessler, 2013).
Umstellung eines konventionellen Betriebes auf Biolandbau	(+) geringere Emissionen an THG je Hektar und Jahr	(+) größeres Potenzial für mehr Biodiversität, Erhalt und Verbesserung der Bodenfunktionen etc. (-) mögliche Ertragseinbußen gegenüber konventioneller Bewirtschaftung, dadurch eventuell auch je Menge Produkt höhere THG-Emissionen
Wiedervernässung drainagierter Flächen, keine weiteren Drainagierungen von Feuchtfeldern	(+) Stopp des Kohlenstoffabbaus in stark humosen Böden (insbes. Moorböden); Beginn einer neuen Sequestrierung	(+) Steigerung der Biodiversität, Schutz und Rückhalt lokaler Wasserressourcen, ausgeglicheneres lokales Temperaturregime
Wiederaufforstung von landwirtschaftlichen Flächen	(+) starker Aufbau des Bodenkohlenstoffpools und des im Holz gebundenen Kohlenstoffes	(-) eventuell Rückgang der Biodiversität (Aufforstung von Dauergrünland), Verlust von Flächen für Nahrungsmittelproduktion, Verlust von lokaltypischer Kulturlandschaft, eventuell negative Auswirkungen auf Tourismus und lokale Wertschöpfungsketten.
Kühlung von Ställen	(-) erhöhter Strombedarf, ev. neutral (0) wenn Strom aus alternativen Energiequellen (z. B. Photovoltaik) oder durch angepasste Stallarchitektur bzw. energiesparende Kühlmethoden (z. B. Sprengler)	(+) bessere Tiergesundheit, Tierleistung und Futtermittelverwertung

Maßnahmen Bewertungskriterien

(APCC, 2014)

¹ Legende: (+) überwiegend positiv, (0) überwiegend neutral, (-) überwiegend negativ

Potentiell notwendige Anpassungsmassnahmen (Überblick)

Sicherstellung der Wasserversorgung für Bewässerung bei Trockenperioden (zunehmender Wasserbedarf der Kulturen)

Alternativen : Begrenztes Potential für Biomasseproduktion in den niederschlagsarmen Regionen - hohes Potential in den niederschlagsreicheren Regionen (>ca. 800mm)

Verdunstungsschutzmassnahmen fördern (Mulchdecken, Hecken, Bodenbearbeitung)

Zunahme des Ertragsrisikos durch Extreme – Monitoring, Versicherung, Notfallstöpfe

Ackerbau : Umstellung von Fruchtfolgen (Mehr Winterungen in Trockenregionen), Umstieg auf wärmeliebende Sorten/Arten.

Anpassungen bei Feldarbeiten und im Nutzpflanzenmanagement (Düngungsregime, Pflanzenschutz)

Vorverlegung von Anbauterminen, Stressresistentere Sorten

Weinbau : Sorten- und Qualitätsverschiebungen - Umstellung Marketing

**Grünland : Grenzregionen bzgl. Wasserversorgung :
Flächenausdehnung, Bewässerung, Alternativer Futterbau, Produktionsumstellung**