• NACHHALTIGE ANPASSUNG DER EUROPÄISCHEN LANDWIRTSCHAFT AN DEN KLIMAWANDEL •

A1: Grundlagenbericht für die 4 Klimarisiko-Regionen in der EU

LIFE15 CCA/DE/000072

März 2017

Bodensee Stiftung
Lake Constance Foundation

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

Solagro

0.Inhaltsverzeichnis

0.Inhaltsverzeichnis. 2

1 Kontext 4

1.1 DEFINITIONEN 4

1.2 WELTWEITER KONTEXT 6

1.3 EUROPÄISCHER KONTEXT 7

1.3.1 Beobachteter Klimawandel 7

1.3.2 Projizierter Klimawandel und klimatische Extreme 10

1.3.3 Beobachtete und zukünftige Auswirkungen auf die Landwirtschaft 13

1.3.4 Allgemeinheiten: Charakteristiken des Klimas, Pflanzenentwicklung und -wachstum 13

1.3.4.1 ACKERFRÜCHTE 16

1.3.4.2 DAUERKULTUREN 19

1.3.4.3 TIERHALTUNG 19

1.3.5 Wasserressourcen und Landwirtschaft 20

1.4 ZUSAMMENFASSUNG EUROPÄISCHER KONTEXT 22

1.4.1 Hauptbeobachtungen und projizierte Auswirkungen auf die Landwirtschaft 22

1.4.2 Anbausysteme in Europa in den jeweiligen Klimaregionen 22

1.5 LITERATURVERZEICHNIS 23

2 Kontinentale Klimazone (Deutschland) ... 25

2.1 ÜBERBLICK 25

2.2 DEUTSCHER FOKUS 25

2.2.1 Klimatrends & Nationale Anpassungsstrategie 25

2.2.2 Klima-Tools 27

2.2.3 Nationale und regionale Projekte mit dem Thema Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel 27

2.2.4 Agro-climatic grids 28

(Kenndaten für Klimaanfälligkeiten der landwirtschaftlichen Produktgruppen im Hinblick auf den Klimawandel) 28

2.2.4.1 ACKERFRÜCHTE 28

2.2.4.2 DAUERKULTUREN 30

2.2.4.3 TIERHALTUNG 32

2.2.5 Literaturverzeichnis 35

3 Atlantische Klimazone / Frankreich 36
3.1 ÜBERBLICK 36
3.2 LANDWIRTSCHAFT UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL 36
3.2.1 Ackerfrüchte 36
3.2.2 Dauerkulturen 36
3.2.3 Viehhaltung 37
4 Südliche Klimazone / Spanien 38
4.1 ÜBERBLICK 38
4.2 LANDWIRTSCHAFT UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL 38
4.2.1 Ackerfrüchte 38
4.2.2 Dauerkulturen 38
4.2.3 Tierhaltung 39
5 Nördliche Klimazone / Estland 40
5.1 ÜBERBLICK 40
5.2 LANDWIRTSCHAFT UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL 40
5.2.1 Ackerfrüchte 40
5.2.2 Dauerkulturen 40
5.2.3 Tierhaltung 40

1 Kontext

1.1 DEFINITIONEN

Bevor die beobachteten und prognostizierten Klimaveränderungen in Europa und deren Auswirkungen auf den landwirtschaftlichen Sektor dargestellt werden, werden im Folgenden einige Begriffe definiert, die für die Verständlichkeit in diesem Bericht wichtig sind.

Klima

Im engsten Sinne wird Klima als das **durchschnittliche Wetter** beschrieben. Konkreter noch ist das Klima eine **statistische Beschreibung** (Mittelwert und Variabilität) relevanter Variablen über einen bestimmten Zeitraum, welcher Monate, Jahrtausende oder Jahrmillionen lang sein kann. Laut der Weltorganisation für Meteorologie wird der Mittelwert meistens über einen Zeitraum von **30 Jahren** verwendet. Die relevanten Variablen sind meistens Temperatur, Niederschlag und/oder Wind. Im weitesten Sinne ist Klima der Zustand und die statistische Beschreibung des Klimasystems (IPCC, 2014).

Klimawandel

Der Klimawandel ist eine **Änderung im Zustand des Klimas, die über einen längeren Zeitraum vorhält**, oft über Jahrzehnte oder länger. Diese Veränderung kann durch statistische Tests, durch Änderungen im Mittelwert und/oder der Variabilität ihrer Eigenschaften festgestellt werden. Der Klimawandel kann durch natürliche interne Prozesse oder durch äußerliche Einflüsse entstehen wie z.B. Änderungen des Sonnenzyklus, Vulkaneruptionen, Landnutzung und anthropogene Einflüsse auf die Atmosphäre. In Artikel 1 der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) wird der Klimawandel als eine Änderung im Klima beschrieben, die direkt oder indirekt menschlichen Aktivitäten zugewiesen werden kann, die die Zusammensetzung der Atmosphäre ändert und die zusätzlich zu der normalen Variabilität des Klimas über einen vergleichbaren Zeitraum besteht. Die UNFCCC unterscheidet daher zwischen menschengemachtem Klimawandel und natürlichem Klimawandel (IPCC, 2014).

Variabilität des Klimas

Die Variabilität des Klimas bezieht sich auf die **Variationen des durchschnittlichen Zustands** und anderen statistischen Maßen (Standardabweichung, Extremereignisse etc.) des Klimas auf allen räumlichen und zeitlichen Dimensionen. Die Variabilität kann durch natürliche interne Prozesse verursacht sein (interne Variabilität) oder durch die Variabilität externer natürlicher oder anthropogener Einflüsse (externe Variabilität) (IPCC, 2014).

Extremwetterereignis

Ein Extremwetterereignis ist ein Ereignis, welches zu einem bestimmten Zeitpunkt und einer bestimmten Jahreszeit selten ist. Ein Extremwetterereignis ist so selten wie das 10. und 90. Perzentil einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, die aus Beobachtungen geschätzt worden ist. Die Eigenschaften eines Extremwetterereignisses sind von einem Ort zum anderen unterschiedlich. Wenn Extremwettereignisse einige Zeit andauern, z.B. eine Saison lang, kann es als extremes Klimaereignis klassifiziert werden (IPCC, 2014).

Hitzewelle

Ein Zeitraum von ungewöhnlich und unangenehm heißem Wetter (IPCC, 2014).

Projektion

Eine Projektion ist eine potenzielle **zukünftige Evolution** einer Menge, die oft mit Hilfe eines Modells berechnet ist. Anders als eine Vorhersage sind Projektionen bedingt durch Annahmen z.B. zur sozioökonomischen Zukunft oder zu technischen Fortschritten, die in der Zukunft nicht unbedingt durchgeführt werden.

Resilienz

Resilienz ist die Fähigkeit eines Systems, sei es ein soziales, ökonomisches oder ökologisches, mit einem **schädlichen Ereignis oder einer schädlichen Entwicklung zurechtzukommen** ohne die Struktur und Identität des Systems zu ändern und dabei die Kapazität der Anpassung, des Lernens und der Umwandlung aufrechtzuerhalten (IPCC, 2014).

Risiko

Das Potenzial, **Folgen** mit unsicherem Ausgang zu haben. Risiko wird oft beschrieben als die **Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ereignisses/Trends multipliziert mit der Auswirkung des Ereignisses**. Das Risiko ergibt sich aus der Interaktion der Vulnerabilität, der Aussetzung und der Gefahr (IPCC, 2014).

Vulnerabilität

Die Tendenz oder Anfälligkeit **negativ beeinträchtigt zu werden**. Die Vulnerabilität setzt sich zusammen aus der Empfindlichkeit oder der Anfälligkeit gegenüber einem Schaden und aus der fehlenden Kapazität sich anzupassen und diesen Schaden zu bewältigen (IPCC, 2014).

Repräsentative Konzentrationspfade (RCPs)

Die durch RCP beschriebenen Szenarien enthalten Emissions- und Konzentrationszeitreihen aller Treibhausgase, Aerosole und chemisch aktive Gase als auch verschiedene Arten von Landnutzung/Bodenbedeckung (Moss et al., 2008). Der Term „Repräsentativ“ bedeutet, dass jedes RCP nur ein bestimmtes Szenario mit einem bestimmten Strahlungsantrieb repräsentiert. Der Term „Pfad“ bedeutet, dass nicht nur die Endkonzentration wichtig ist sondern auch der Konzentrationsverlauf (Moss et al., 2010).
Die RCPs beschreiben den Konzentrationsverlauf bis 2100, welches durch ein integriertes Bewertungsmodell produziert worden ist. Extended Concentration Pathways (ECPs) beschreiben die Emissionen und Konzentrationen der RCPs zwischen 2100 und 2500. Die ECPs werden durch einfache Regeln berechnet und stellen kein einheitliches Scenario dar.

Vier RCPs werden im Sachstandsbericht des IPCC für die Klimavorhersagen und Projektionen im WGI AR5 Kapitel 11 bis 14 genutzt:

- RCP2.6 Ein Verlauf, in dem der Strahlungsantrieb vor 2100 bei 3 W m^{-2} den Höhepunkt erreicht und dann wieder abnimmt. Der entsprechende ECP nimmt konstante Emissionen ab 2100 an.
- RCP4.5 und RCP6.0 Zwei mittlere Verläufe, in denen der Strahlungsantrieb nach 2100 zwischen 4,5 W m^{-2} und 6,0 W m^{-2} stabilisiert wird. Der entsprechende ECP nimmt konstante Konzentrationen nach 2150 an.
- RCP8.5 Ein Verlauf, in dem der Strahlungsantrieb bis 2100 über 8,5 W m-2 steigt und einige Zeit weiter steigt. Der entsprechende ECP nimmt konstante Emissionen nach 2100 und konstante Konzentrationen nach 2250 an.

1.2 WELTWEITER KONTEXT

Die nachfolgenden Punkte sind alle aus dem fünften IPCC Sachstandsbericht, WG II AR5 Kapitel 7 „Food Security and Food Production Systems“ entnommen worden (IPCC, 2014).

Studien haben bei **Tagestemperaturen über 30 °C hohe Ertragseinbußen nachgewiesen**. Diese Einbußen wurden bei einigen Kulturen und für einige Regionen innerhalb der Anbausaison festgestellt (hohe Konfidenz). Einige Studien haben gezeigt, dass der **Temperaturverlauf** für **vergangene und zukünftige Auswirkungen** des Klimawandels für globale und subkontinentale Ernteerträge bedeutend ist (mittlere Konfidenz). Auf der kleineren Skala (Länderebene oder kleiner) sind **Niederschlagsprojektionen** zwar wichtige aber **unsichere Faktoren,** um Prognosen erstellen zu können (hohe Konfidenz).
Für die Hauptkulturen (Mais, Reis und Weizen) in den tropischen und **gemäßigten Breiten** wird ein Temperaturanstieg von über 2°C zu **negativen Folgen** führen, wenn der Anbau **nicht an den Klimawandel angepasst** wird, wobei einzelne Regionen davon profitieren könnten (mittlere Konfidenz) (siehe Abbildung 1). Die Folgen variieren je nach Kultur, Region und Anpassungsszenario, wobei 10 % der Prognosen für 2030 - 2049 einen Ertragsgewinn von über 10 % zeigen und 10 % der Projektionen Ertragseinbußen von über 25 % gegenüber dem Ende des 20. Jahrhunderts. Nach dem Jahr 2050 ist mit schwerwiegenderen Ertragseinbußen zu rechnen, die im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung stehen. Die Landwirtschaft wird in äquatorialen Regionen weiterhin durch den Klimawandel negativ beeinträchtigt werden, während in den **nördlicheren Breitengraden** der Klimawandel **positive oder negative Auswirkungen** haben kann (hohe Konfidenz).

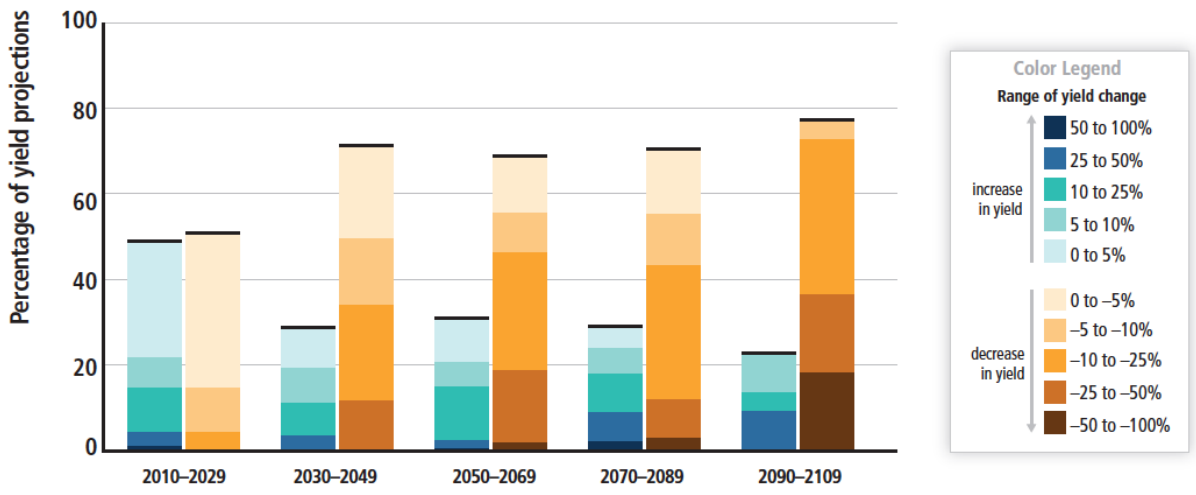


Figure TS.9 | Summary of projected changes in crop yields, due to climate change over the 21st century. The figure includes projections for different emission scenarios, for tropical and temperate regions, and for adaptation and no-adaptation cases combined. Relatively few studies have considered impacts 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%. [Figure 7-5]

Abbildung 1: Durch den Klimawandel projizierte Änderung der Ernteerträge im 21. Jahrhundert (IPCC, 2014)

Frühere Blütenbildung und Reife (aussagekräftige Nachweise, hohe Zustimmung) wurden weltweit bei Äpfeln und Weintrauben beobachtet. Die niedrigen Temperaturen, die für viele Obst- und Nussbäume wichtig sind, werden in Zukunft weiter abnehmen. Ebenfalls wird es weniger gute Anbaugebiete für Wein in den meisten Weinanbauländern geben (Europa, USA, Australien).
Im Vergleich zur Pflanzenproduktion wurden weniger Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierproduktion veröffentlicht. Dies heißt jedoch nicht, dass der Klimawandel weniger Auswirkungen auf die Tierhaltung hat.

1.3 EUROPÄISCHER KONTEXT

1.3.1 Beobachteter Klimawandel

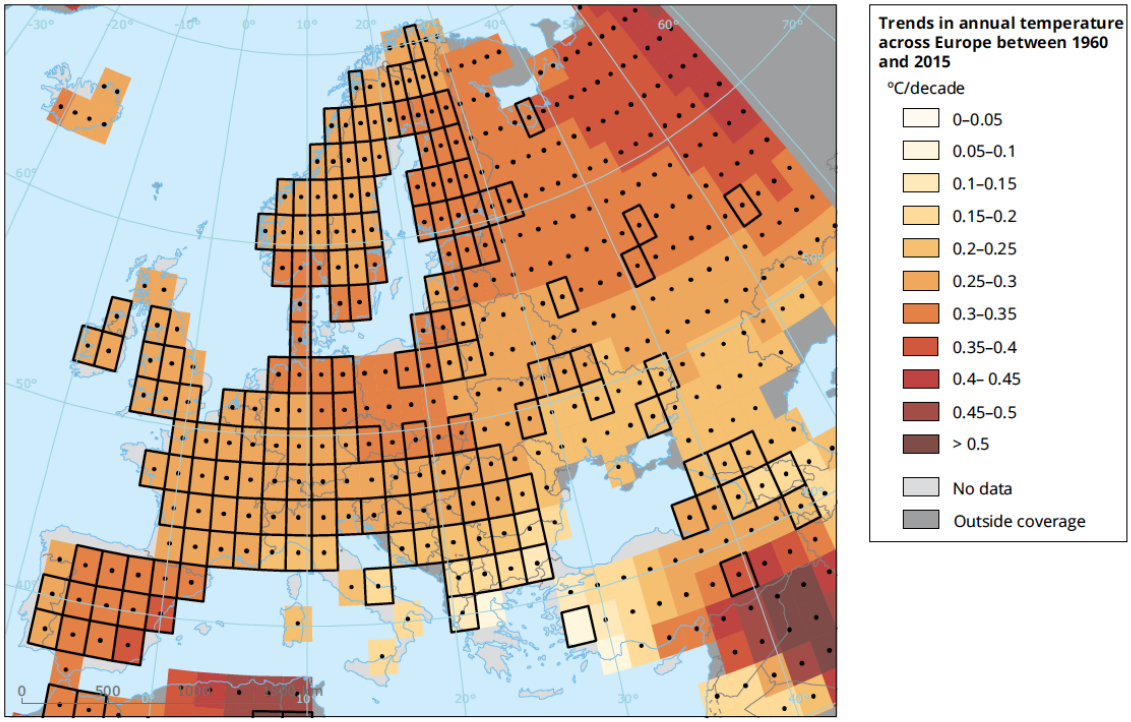
Der Klimatrend und die Klimaprojektionen für Europa zeigen regionale Veränderungen im Niederschlagsmuster und im Temperaturverlauf (hohe Konfidenz). Dies stimmt mit dem vierten IPCC Sachstandsbericht (AR4) überein, der einen Anstieg der Temperaturen in ganz Europa prognostiziert wie auch eine Zunahme der Niederschläge in Nordeuropa und eine Abnahme der Niederschläge in Südeuropa (IPCC, 2014).

Seit dem AR4 ist die durchschnittliche Temperatur in Europa kontinuierlich gestiegen, mit regionalen und saisonalen **größeren Temperaturunterschieden in Nordeuropa**. Seit den 1980er Jahren war die Erwärmung, vor allem im Winter, über Skandinavien am größten. Im Sommer erwärmte sich hingegen die iberische Halbinsel am meisten (IPCC, 2014).

Aufzeichnungen von drei verschiedenen Beobachtungen zur durchschnittlichen Oberflächentemperatur zeigen, dass das Jahrzehnt von 2006 – 2015 um **0,83 °C** bis **0,89 °C** wärmer war als der vorindustrielle Durchschnitt. Dies macht es zum **wärmsten Jahrzehnt** seit Beginn der Aufzeichnungen. 15 der 16 wärmsten Jahre traten seit dem Jahr 2000 auf und das Jahr **2015 war das wärmste Jahr** seit Beginn der Aufzeichnungen (ca. 1 °C wärmer als zu vorindustriellen Zeiten) (EEA, 2016).

Über das Jahrzehnt hinweg (2006 – 2015) war die Veränderungsrate der Oberflächentemperatur zwischen **0,10** und **0,24 °C** pro Jahrzehnt, was sehr nah am Richtwert von 0,2 °C/Jahrzehnt liegt (EEA, 2016).

Die durchschnittliche Jahrestemperatur in Europa betrug von 2006 – 2016 ca. **1,5 °C** mehr als zu vorindustriellen Zeiten. Dies macht es auch in Europa zum wärmsten Jahrzehnt seit Beginn der Aufzeichnungen. 2014 und 2015 waren **zusammen die wärmsten Jahre in Europa** seit Aufzeichnungsbeginn (EEA, 2016).

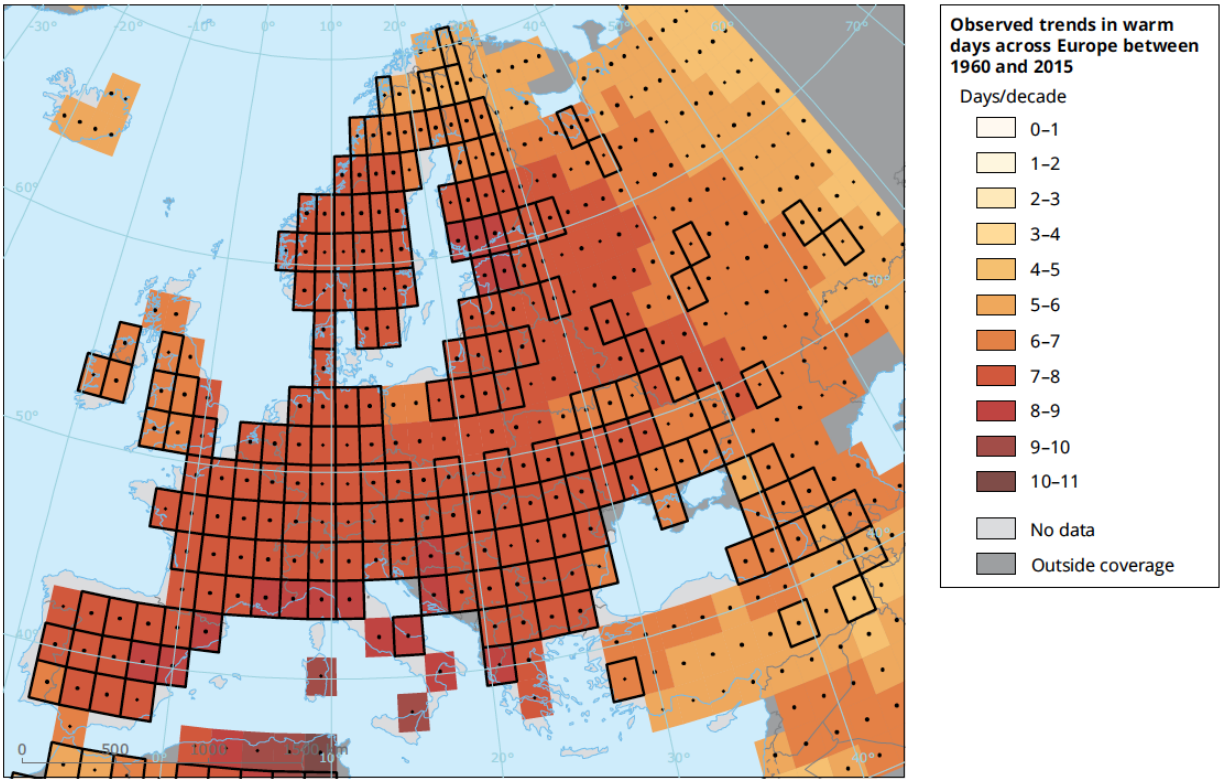


Note: Grid boxes outlined with solid black lines contain at least three stations and so are likely to be more representative of the grid box than those that are not outlined. Significance (at the 5 % level) of the long-term trend is shown by a black dot (which is the case for almost all grid boxes in this map).

Source: EEA and UK Met Office, based on the E-OBS dataset (updated from Haylock et al., 2008).

Abbildung 2: Trends der jährlichen Temperaturen in Europa zwischen 1960 und 2015 (EEA, 2016)

Seit den 1950ern sind **Extreme mit hohen Temperaturen** (heiße Tage, tropische Nächte und Hitzewellen) **üblicher** und **Extreme mit kalten Temperaturen** (Kältewelle, Frosttage) **seltener** geworden (IPCC, 2014).
Seit dem Jahr 1880 hat sich die durchschnittliche **Länge von Hitzewellen im Sommer verdoppelt** und die Häufigkeit der **heißen Tage hat sich verdreifacht**. Die Anzahl an warmen Tagen (die Tage, die das 90. Perzentil einer Baseline überschreiten) hat sich seit 1960 in Europa verdoppelt (EEA, 2016).

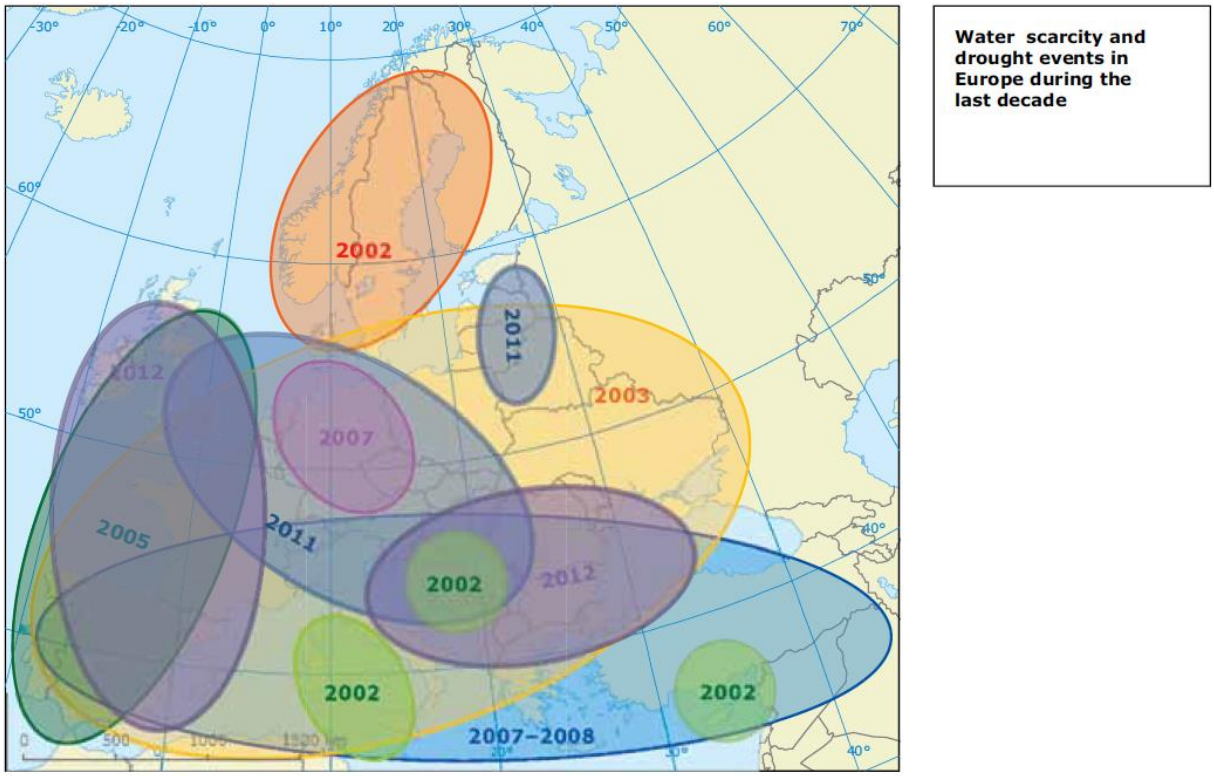


Note: Warm days are defined as being above the 90th percentile of the daily maximum temperature centred on a five-day window for a reference period. Grid boxes outlined with solid black lines contain at least three stations and thus trends are more robust. High confidence in the long-term trend (at the 5 % level) is shown by a black dot (which is the case for all grid boxes in this map). The reference period is 1971–2000.

Source: EEA and UK Met Office, based on HadEX2 (updated from Donat, Alexander, Yang, Durre, Vose, Dunn et al., 2013).

Abbildung 3: Beobachtete Trends bezüglich der warmen Tage in Europa zwischen 1960 und 2015 (EEA, 2016)

Seit dem Jahr 2000 hat Europa einige Hitzewellen erlebt (2003, 2006, 2007, 2010, 2014 und 2015). Die Hitzewelle im Jahr 2003 hat eine extreme Dürre in Zentraleuropa sowie 2005 auf der iberischen Halbinsel verursacht. Die Stärke und Häufigkeit der Dürren scheint in Teilen von Europa zugenommen zu haben, vor allem in Südeuropa (EEA, 2012).



Source: ETC-LUSI; Tallaksen (personal communication).

Abbildung 4: Wasserknappheit und Dürreereignisse im letzten Jahrzehnt in Europa (EEA, 2012)

Seit 1950 hat der **jährliche Niederschlag in Nordeuropa zugenommen** (bis zu +70 mm/Jahrzehnt) und in **Südeuropa abgenommen** (bis zu 70 mm/Jahrzehnt). Saisonale Niederschlagsmuster zeigen eine **Zunahme der Winterniederschläge in Nordeuropa** und eine **Abnahme in Südeuropa**, jedoch mit großen zwischenjährlichen Variationen (EEA, 2012). Seit den 1960er Jahren hat die Intensität von Starkniederschlägen in den Sommer- und Wintermonaten in Nord- und Nordosteuropa zugenommen. Verschiedene Indizes zeigen in Südwest- und Südeuropa einen gegenläufigen Trend (EEA, 2016).

Die **Schneebedeckung im Winter** hat eine hohe zwischenjährliche Variabilität und ein nicht signifikanter negativer Trend von 1967 – 2007. Die Schneebedeckung in der nördlichen Hemisphäre ist im März um 7 % und im April um 11 % während der letzten vier Jahrzehnte gesunken. Im Winter und Herbst gab es keine signifikanten Veränderungen (EEA, 2012).

Die **durchschnittliche Windgeschwindigkeit** ist in den letzten Jahrzehnten in Europa gesunken (IPCC, 2014). Die Position, Häufigkeit und Intensität von Stürmen haben innerhalb der letzten Jahrzehnte eine hohe Variabilität gezeigt, daher sind keine langfristigen Trends zu erkennen (EEA, 2016).

Hagelereignisse sind die kostspieligsten Extremwetterereignisse in einigen europäischen Gebieten, da sie in Kulturen einen großen Schaden anrichten können. Die Anzahl an **Hagelereignissen** ist in Bergregionen und in den Voralpen **am höchsten**. Seit 1951 gab es eine Zunahme der Hagelereignissen in Südfrankreich und Österreich und eine Abnahme (statistisch nicht signifikant) in Teilen Osteuropas (EEA, 2016).

Seit 1980 gab es über 325 große **Flussüberschwemmungen** in Europa, von denen über 200 seit dem Jahr 2000 aufgetreten sind. Die Anzahl von gemeldeten Überschwemmungen ist in den

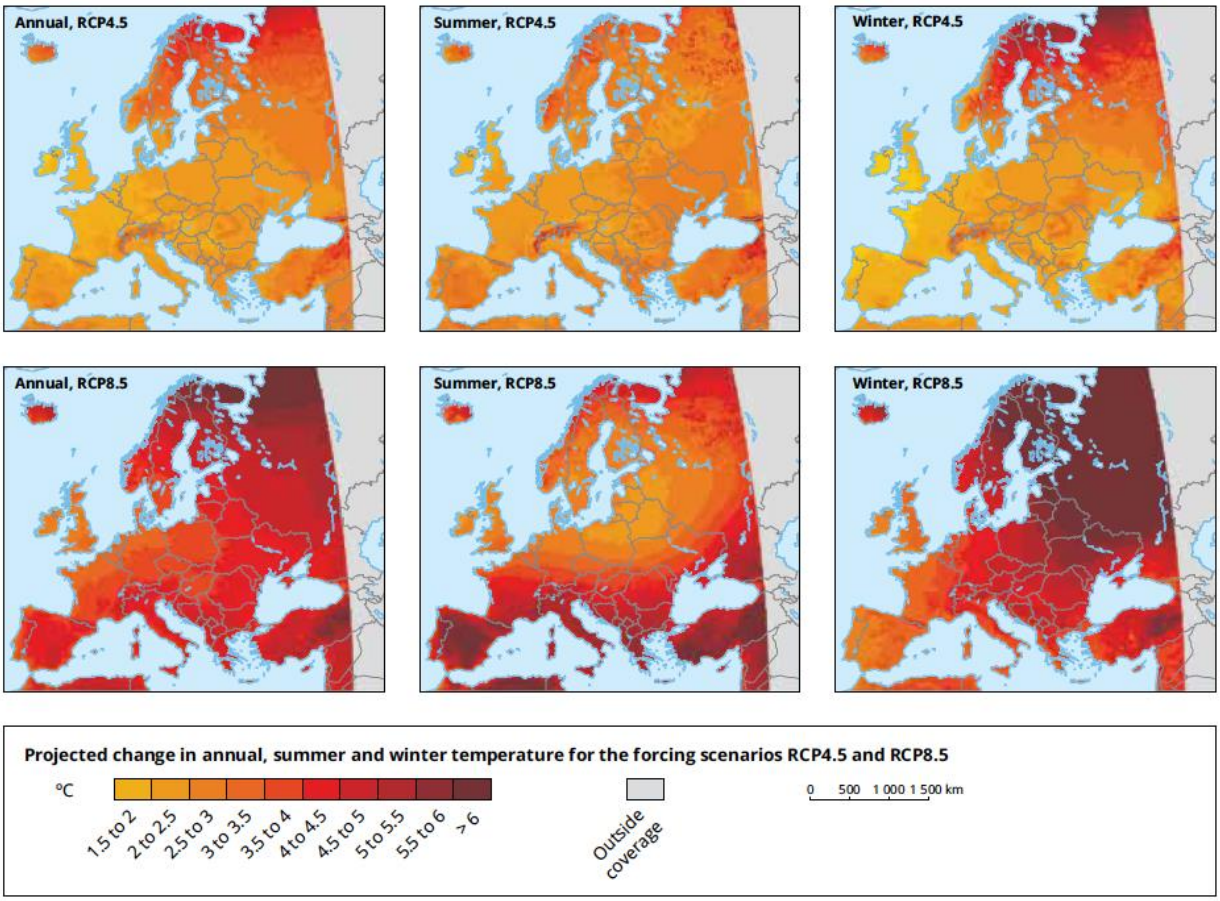
letzten Jahrzehnten durch die bessere Dokumentation und Reportage sowie durch Landnutzungsänderungen stark gestiegen (EEA, 2012).

Bodennaher Ozon ist sehr reaktiv und daher schädigend für Pflanzen und Menschen. Die Ozonemissionen wurden in Europa stark reduziert, wobei die Ozonkonzentrationen weitgehend stagnieren. Die Bildung von troposphärischem Ozon durch erhöhte CH_4 Konzentrationen könnten zu den stagnierenden Ozonkonzentrationen in Europa beitragen (EEA, 2012).

1.3.2 Projizierter Klimawandel und klimatische Extreme

Klimawandel

Klimamodelle zeigen in allen Emissionsszenarien Einstimmigkeit in der **Erwärmung** Europas (Ausmaß und Tempo) mit der größten Erwärmung in Südeuropa im Sommer und in Nordeuropa im Winter. Auch wenn der Temperaturanstieg auf **2 °C** verglichen mit vorindustriellen Zeiten **begrenzt** wird, wird das simulierte Klima in Europa in den nächsten Jahrzehnten *sich signifikant ändern* (IPCC, 2014).



Note: This map shows projected changes in mean annual (left), summer (middle) and winter (right) near-surface air temperature (°C) in the period 2071–2100 compared with the baseline period 1971–2000 for the forcing scenarios RCP4.5 (top) and RCP8.5 (bottom). Model simulations are based on the multi-model ensemble average of many different combined GCM–RCM simulations from the EURO-CORDEX initiative.

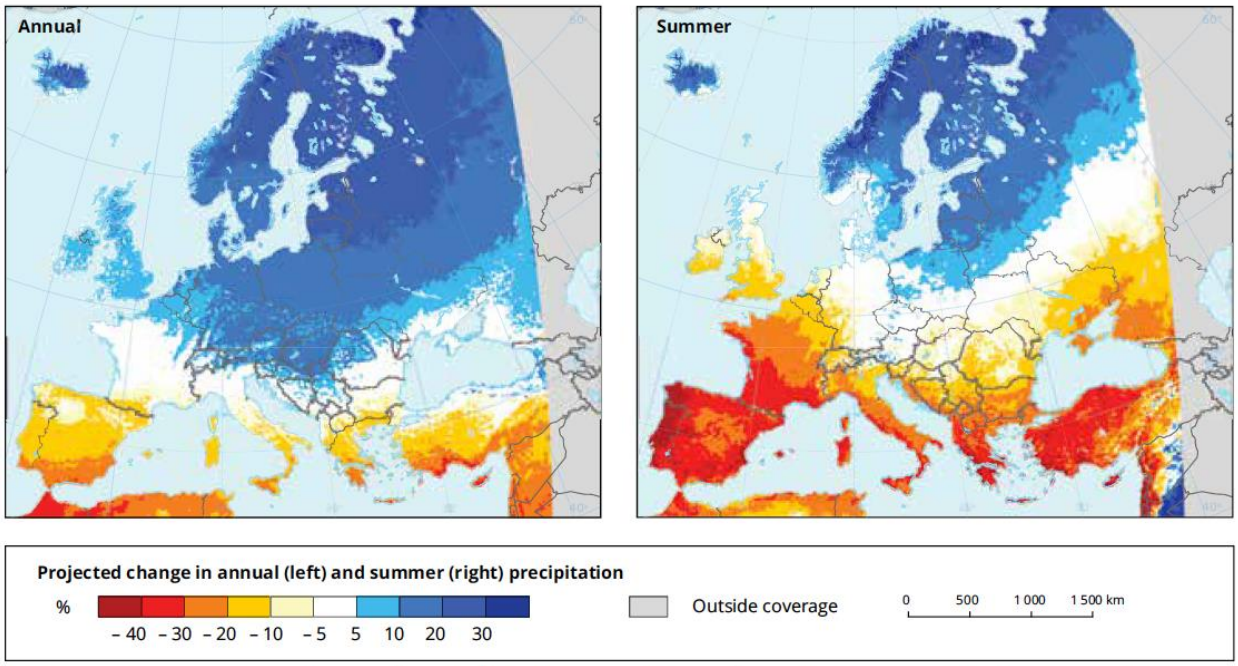
Source: EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014).

Abbildung 5: Projizierte Änderungen der jährlichen durchschnittlichen Sommer- und Wintertemperaturen für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 (EEA, 2016)

Klimamodelle projizieren einen weiteren Anstieg der **globalen Durchschnittstemperatur** im 21. Jahrhundert. Für den Zeitraum 2071 – 2100 (Referenzwert 1986 – 2005) wird ein Anstieg zwischen **0,3 °C** und **1,7 °C** für das niedrigste Emissionsszenario (RCP2.6) und zwischen 2,6 °C und 4,8 °C für das höchste Emissionsszenario (RCP8.5) geschätzt (EEA, 2016).

Bis zum Ende des Jahrhunderts (2071 – 2100, Referenzwert von 1971 – 2000) wird prognostiziert, dass die **durchschnittliche Oberflächentemperatur** von Europa zwischen 1°C und 4,5 °C unter RCP4.5 und zwischen 2,5 °C und 5,5 °C unter RCP8.5 ansteigen wird. Dies ist mehr als der globale Durchschnitt. Die stärkste Erwärmung wird für Nordosteuropa und Skandinavien im Winter und für Südeuropa im Sommer prognostiziert (EEA, 2016).

Niederschläge variieren saisonal und regional. In Kontinentaleuropa gibt es keine klaren Trends, wobei es zu einer **Zunahme in Nordeuropa** und einer **Abnahme in Südeuropa** kommen wird (mittlere Konfidenz). Die Niederschläge werden in den Sommermonaten bis hoch nach Südschweden abnehmen und im Winter zunehmen, was mehr Regen und Schnee in den Bergregionen bedeutet. Für Nordeuropa wird bis zum Ende des 21. Jahrhunderts prognostiziert, dass die durchschnittliche Dicke der Schneedecke abnehmen wird (obwohl schneereiche Winter bleiben werden).
Es gibt nur mangelnde Informationen zu den vergangenen und zukünftigen Veränderungen der Hagelereignisse in Europa. Veränderungen im Zirkulationsmuster und der Trend bezüglich der durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten sind noch unklar.



Note: This map shows projected changes in annual (left) and summer (right) precipitation (%) in the period 2071–2100 compared with the baseline period 1971–2000 for the forcing scenario RCP8.5. Model simulations are based on the multi-model ensemble average of many different RCM simulations from the EURO-CORDEX initiative.

Source: EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014).

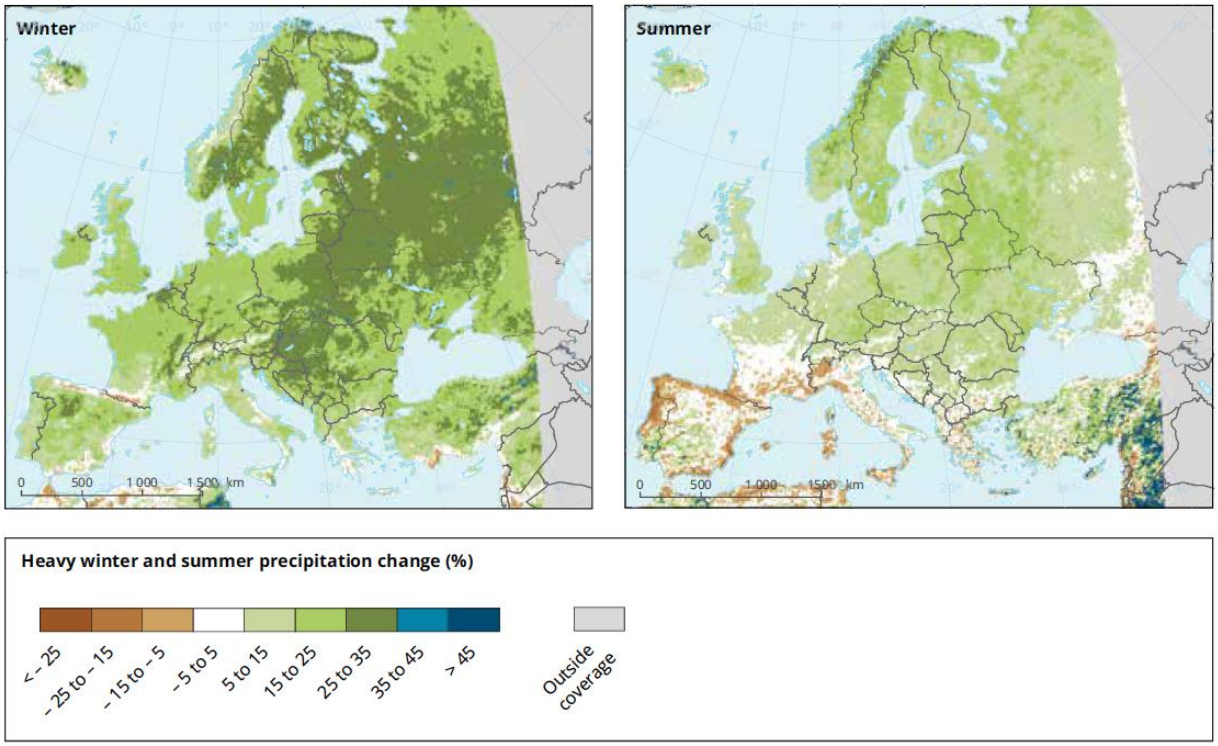
Abbildung 6: Projizierte Änderungen des jährlichen Niederschlags und des Niederschlags in den Sommermonaten (EEA, 2016)

Klimatische Extreme

Klimaprojektionen zeigen eine Zunahme **hoher Extremtemperaturen** (hohe Konfidenz), **meteorologische Dürren** (mittlere Konfidenz) und **Starkniederschlagsereignisse** (hohe Konfidenz) mit Variationen innerhalb Europas. Die Projektionen zeigen **keine oder kleine**

Veränderungen in den Starkwindereignissen, eine Zunahme der Windgeschwindigkeiten im Winter über Zentral- und Nordeuropa wird es jedoch geben (mittlere Konfidenz) (IPCC, 2014).
Es wird Veränderungen bei den **Temperaturextremen** geben mit zunehmend heißeren Tagen, heißen Nächten und Hitzewellen (hohe Konfidenz). Extrem heiße Temperaturen werden im 21. Jahrhundert in Europa länger anhalten und öfters vorkommen (EEA, 2012). Unter dem hohen Emissionsszenario (RCP8.5) werden starke Hitzewellen, vergleichbar mit der Hitzewelle im Jahr 2000, in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts **alle zwei Jahre** vorkommen. Die Auswirkungen werden vor allem in Südeuropa zu spüren sein (EEA, 2016).

Während des 21. Jahrhunderts zeigen Projektionen in den **meisten Teilen Europas** eine **Zunahme der täglichen Starkniederschlagsereignissen** um 35 % im **Winter**, speziell in Nordosteuropa um bis zu 30 %. Auch im Sommer ist eine Zunahme der Starkniederschlagsereignisse für große Teile Europas projiziert und eine Abnahme in Teilen Süd- und Südwesteuropas (EEA, 2016).



Note: This map shows projected changes in heavy daily precipitation (%) in winter and summer for 2071–2100, compared with the baseline period 1971–2000, for the RCP8.5 scenario based on the ensemble mean of different RCMs nested in different GCMs.

Source: EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014).

Abbildung 7: Projizierte Änderungen der Starkniederschlagsereignisse im Winter und Sommer (EEA, 2016)

Es ist projiziert, dass die Erderwärmung den **hydrologischen Zyklus verstärkt** und die Anzahl und Häufigkeit an Überschwemmungen ansteigen wird. Blitzfluten werden auch in **ganz Europa häufiger** werden, da sie durch lokale Starkniederschlagsereignisse produziert werden. In Regionen, in denen die projizierte Schneeansammlung weniger wird, könnte das Risiko von Überschwemmungen im Frühling sinken. Projektionen in der Veränderung der Häufigkeit und der Stärke von Überschwemmungen sind jedoch immer noch sehr unsicher (EEA, 2012).

Austrocknung von Flüssen: Die Regionen, die von **Dürren** am stärksten betroffen sein werden, sind **Süd- und Südosteuropa**. Es ist jedoch auch projiziert, dass das Minimum an geführter Wassermenge auch in weiteren Teilen des Kontinents sinken wird, vor allem während der Sommermonate.

Klimawandelsimulationen zeigen unterschiedliche Projektionen bezüglich der **Winterstürme** in Europa. Die meisten Studien haben jedoch den Konsens, dass das Risiko von starken Winterstürmen und eventuell auch von starken Stürmen im Herbst im Nordatlantik und in Nord-, Nordwest- und Zentraleuropa im 21. Jahrhundert steigen wird (EEA, 2016).

Zukünftige Projektionen von **Hagelereignissen** haben eine hohe Unsicherheit, da kleinteilige Hagelereignisse in globalen und regionalen Klimamodellen nicht dargestellt werden können. Modellbasierte Studien zeigen jedoch, dass die Anzahl an Hagelereignissen in Zukunft in Zentraleuropa steigen wird (EEA, 2016).

Es wird erwartet, dass der Klimawandel in Zukunft die Ozonkonzentration verändern wird. Dies ist bedingt durch eine Zunahme von Emissionen in Ozon-Vorläufern (z.B. von Isopren, das durch die Vegetation unter hohen Temperaturen erzeugt wird) und/oder durch Emissionen von Waldbränden, die in Zeiten von Dürre zustande kommen können. Die meisten Interaktionen zwischen Klimafaktoren und der Ozonformation sind klar. Die Quantifizierung von künftigen Konzentrationen von bodennahem Ozon ist jedoch noch unklar aufgrund der komplexen Prozesse.

1.3.3 Beobachtete und zukünftige Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Der beobachtete Klimawandel in Europa hat bereits in der ganzen europäischen Region Auswirkungen auf die Verteilung, Phänologie und Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten gehabt (hohe Konfidenz) (IPCC, 2014).

1.3.4 Allgemeinheiten: Charakteristiken des Klimas, Pflanzenentwicklung und -wachstum

Das Ziel des folgenden Abschnitts ist, die Klima-Phänomene zu deuten, die eine Auswirkung auf die landwirtschaftlichen Erträge (einjähriger oder mehrjähriger Kulturen) haben. Wenn nur der Zusammenhang zwischen der Kulturpflanze und der Atmosphäre betrachtet wird, braucht die Pflanze für ihre Entwicklung und für ihr Wachstum: Strahlung, CO_2, Ansammlung von hohen Temperaturen, für manche Pflanzen eine Ansammlung von niedrigen Temperaturen und Wasser.
Die **Entwicklung** einer Pflanze wird bestimmt durch alle qualitativen Veränderungen, die im Leben einer Kulturpflanze passieren. Die phänologischen Stadien stellen die Entwicklung der Kulturpflanze dar.
Das **Wachstum** ist die irreversible, quantitative Veränderung im Leben einer Kulturpflanze: Wachstum von Internodien, Zellvermehrung... In der Landwirtschaft kann das Wachstum als die Akkumulation von Biomasse zusammengefasst werden.

Strahlungsbedürfnisse

Die Strahlung hängt mit der Photosynthese zusammen, sie gibt der Kulturpflanze die Energie für die Photosynthese. Diese Energie wird durch das Licht in Form von Photonen übertragen (vom Chlorophyll aufgenommen), wird dann in chemische Energie verwandelt (durch den Transfer von Elektronen und Protonen in den Chloroplasten) und dann als Zucker gespeichert.

CO_2 Bedürfnisse

Der Kohlenstoff aus CO_2 wird in der Pflanze als Zucker gespeichert. Es gibt zwei verschiedene Arten von Pflanzen, die auf verschiedenen Wegen Kohlenstoff durch Photosynthese fixieren, sogenannte C3 und C4 Pflanzen. C4 Pflanzen sind oft tropische Gräser wie Mais, Sorghum und Zuckerrohr. C4 und C3 Pflanzen unterscheiden sich in der Weise und Effizienz der Kohlenstofffixierung. C4 Pflanzen können das ganze CO_2 im Inneren der Pflanze verwerten und

sind daher effizienter in der Photosynthese als C3 Pflanzen. Dieser Mechanismus ist am effizientesten bei C4 Pflanzen bei hohen Temperaturen und hellem Licht.
Eine Zunahme der atmosphärischen CO_2 Konzentration kann eine Steigerung der Photosynthese-Leistung und damit einhergehend eine Steigerung der Biomasseproduktion mit sich bringen. C3 Pflanzen können mit erhöhten CO_2 Konzentrationen den Ertrag um 10 - 20 % steigern. Eine Erhöhung der CO_2 Konzentration wird jedoch bei C4 Pflanzen zu keinem Unterschied führen.

Vermerk: Pflanzen atmen durch **Stomata**, kleine Poren auf der Unterseite der Blätter. Die Stomata lassen Kohlendioxid in die Blätter rein und Sauerstoff (und Wasser) raus. Pflanzen steuern das Öffnen und Schließen der Stomata mit Änderungen in deren Umgebung, um genügend CO_2 aufzunehmen und das Austrocknen zu verhindern. Das Öffnen und Schließen der Stomata ist ein **Kompromiss zwischen Wasserverlust und Assimilation von CO_2** aus der Luft. Zum Beispiel, wenn nicht genügend Wasser vorhanden ist, kommt es zum Schließen der Stomata und damit zu einer Reduktion der Photosynthese-Leistung, da der Gasaustausch nicht mehr möglich ist.

Bedarf an hohen Temperaturen

Die Temperatur ist der Entwicklungsmotor von Pflanzen. Die **Entwicklung** wird hauptsächlich durch die vorherrschende Temperatur gesteuert (Konzept des Wachstumsgradtags – **WGT***). Die Temperatur hat einen Einfluss auf die Entwicklungsphasen der Pflanze (z.B. Kornfüllung) und daher auch auf den Ertrag. Jede Pflanze (auch jede Sorte) hat eigene Temperaturanforderungen: Mais braucht 1700 WGT (TBasis 6 °C) um die Erntereife zu erzielen, Winterweizen braucht WGT 2350 (TBasis 0 °C) um die Reife zu erzielen.

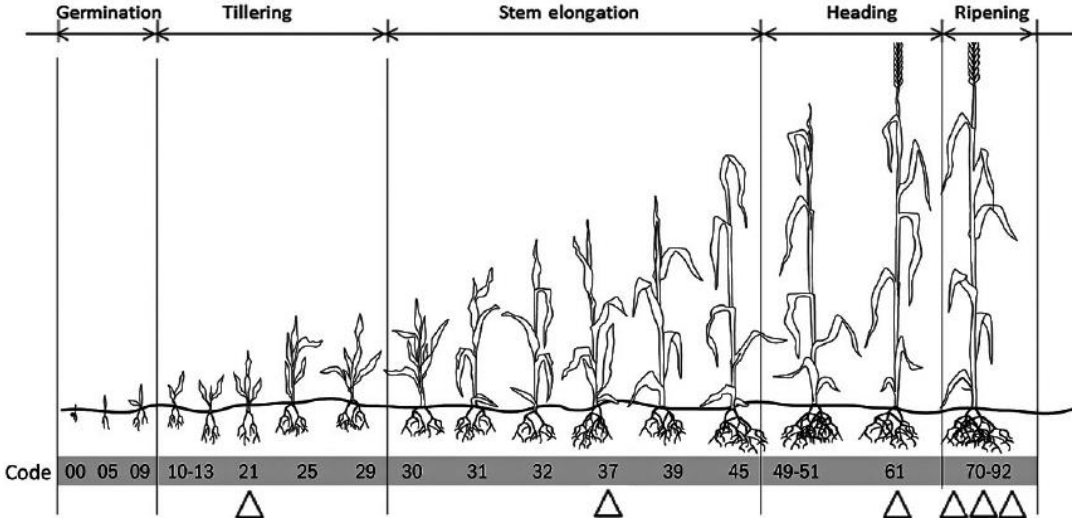


Abbildung 8: Die phänologischen Stadien von Weizen (WGT Bedürfnis: Ähre (1 cm) = 1100 WGT, Ende des Reifestadions = 2350 WGT, TBasis 0 ° C.)

*Wachstumsgradtag (WGT) ist ein heuristisches Konzept in der Phänologie. WGT wird von Landwirten benutzt, um die Entwicklung der Pflanzen/Tiere vorherzusagen, z.B. um den Blütezeitpunkt, den Reifezeitpunkt von Pflanzen oder wann Insekten ihre Ruhephase beenden werden, vorherzusagen. Der WGT wird berechnet, indem man das Integral der Wärme minus einer Basistemperatur (TBasis) nimmt. Eine vereinfachte Version addiert das mittlere Tagesmaximum und Tagesminimum im Vergleich zu einer TBasis. Als Formel:

- $WGT = (T_{max} + T_{min})/2 - T_{basis}$

Über einer Temperatur von 30 °C verlangsamen alle Kulturen ihre Entwicklung. Durch eine Erhöhung der Temperatur kann es daher zu einer Verkürzung des vegetativen Zyklus kommen.

Einjährige Kulturen, die im Herbst gesät werden z.B. Weizen und Raps, brauchen niedrigere Temperaturen, um im Frühling zu blühen. Der Prozess, der hierfür verantwortlich ist, heißt „Vernalisation“. Um von einer vegetativen Phase in eine blühende Phase zu wechseln, braucht Wintergetreide niedrigere Temperaturen während der juvenilen Entwicklungsphase. Dieser Prozess geschieht ohne morphologische Veränderungen und benötigt optimale Temperaturen zwischen 3 und 10 °C (mittlere Tagestemperaturen). Wenn Temperaturen unter -4 °C fallen oder über 17 °C steigen, wird dieser Prozess gestoppt.
Kühlere Nächte und kürzere Tage rufen bei den meisten mehrjährigen Pflanzen im Herbst eine Ruhephase aus. Diese Phase wird erst unterbrochen, wenn unter anderem die Temperaturen wieder steigen. Diese Entwicklungsphase, die die Ruhephase unterbricht, ist für alle Gehölze in den gemäßigten Breiten eine essentielle Eigenschaft. Dieser Bedarf ist die Summe der Kälte (Summe der Temperaturen unter 7 ° C).

Der Kältebedarf (um die Ruhephase zu beheben) unterscheidet sich von Art zu Art und von Sorte zu Sorte:

- Apfel: 1200 – 1700 Stunden in denen es kalt ist (< 7 °C)
- Kirsche: 1100 – 1300
- Aprikose:700 – 1000
- Mandel: 200 – 500
- Feigen Baum: 200

Steigende Temperaturen können daher die Anzahl der Stunden mit niedrigen Temperaturen reduzieren und negative Auswirkungen auf das Blühen der Kulturen und/oder auf die Knospen von Gehölzen haben.

Wasserbedürfnisse

Wasser ist der Wachstumsfaktor der Pflanzen. Das Wachstum hängt von vielen Faktoren ab, z.B. Wasserstress, Regulation der Stomata oder Evapotranspiration.
Ein Wasserdefizit hat negative Auswirkungen auf die Produktion der Biomasse. Wasserüberschuss während einer längeren Zeit kann auch negative Auswirkungen haben, z.B. kann es zu einer Wurzelerstickungsgefahr führen.

Wesentliche klimatische Parameter für Kulturpflanzen

Um die Auswirkungen des Klimas auf die Pflanzen zu vereinfachen, werden die **vier wesentlichsten Wetterereignisse** ausgewählt, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Erträge der Hauptkulturpflanzen haben:

- **Wasserdefizit (während der Vegetationsperiode);**
- **Wasserüberschuss;**
- **Hohe Temperaturen;**
- **Niedrige Temperaturen.**

Zusätzlich zu den langfristigen Änderungen dieser Wetterereignisse wurde die Häufigkeit der Extremwetterereignisse (Hagel, Spätfrost, Stürme…) berücksichtigt.

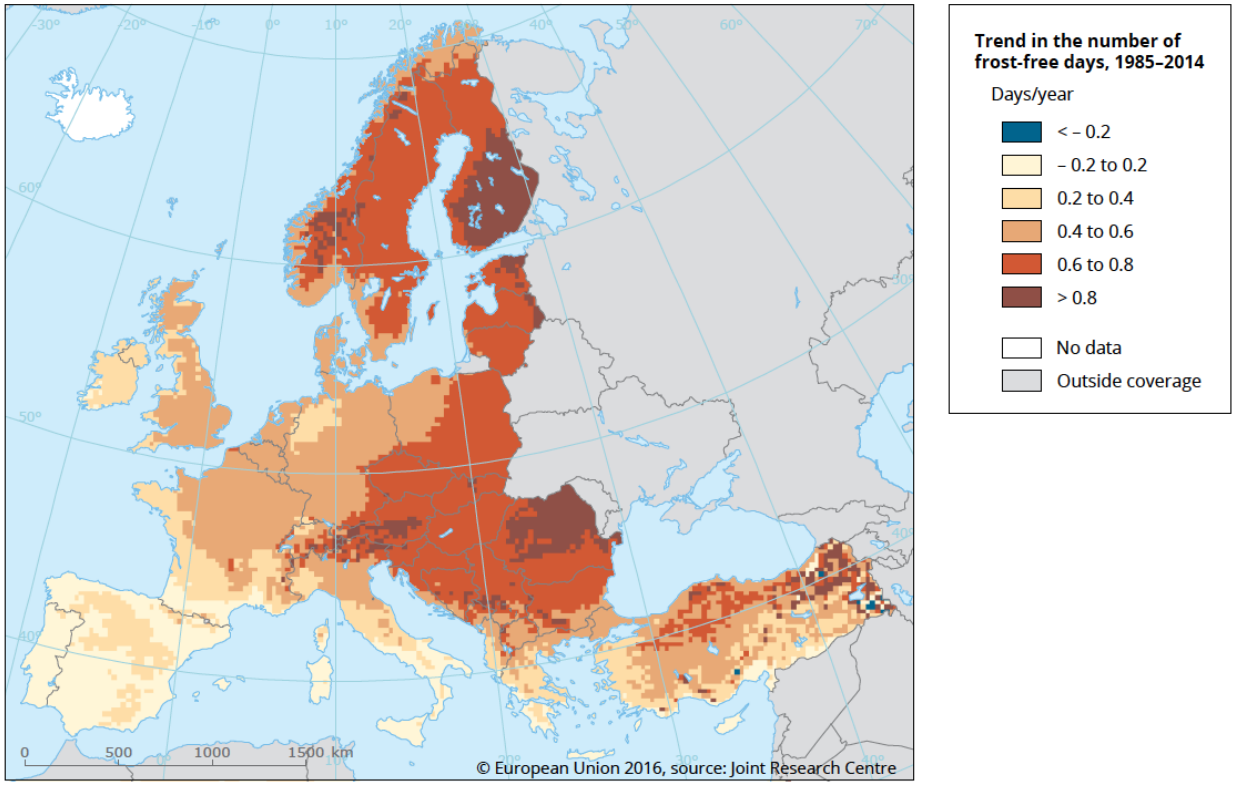
N.B: Da die Erhöhung der CO_2 Konzentration und der Strahlung weltweit als einheitlich betrachtet wird, wird auf regionaler Ebene nicht darauf eingegangen.

1.3.4.1 ACKERFRÜCHTE

Beobachtete Vegetationsperiode

Die thermische Vegetationsperiode ist ein agrologischer Indikator für wo und wann Kulturen angebaut werden können. Die Länge der Vegetationsperiode in Europa hängt größtenteils von der Länge der Zeit ab, in denen die **Temperaturen über einem bestimmten Punkt liegen**. Die **frostfreie Saison** ist die bevorzugte Zeit, in der das Wachstum der meisten Pflanzen (z.B. für das Blühen) erfolgt. Aktives Wachstum der meisten Pflanzen benötigt höhere Temperaturen. Die meisten einheimischen Kulturen brauchen Temperaturen ab **5 °C,** um aktiv zu wachsen (EEA, 2012).

Die thermische Vegetationsperiode von vielen Kulturen in Europa hat sich im Mittel um **11,4 Tage** zwischen 1992 und 2008 verlängert. Dabei ist eine deutliche Verlängerung der Vegetationsperiode im Gegensatz zu einem früheren Vegetationsbeginn zu erkennen. Dieser Trend ist in Europa nicht einheitlich. Die größten Veränderungen (> 0,8 Tage/Jahr) sind am Atlantik, auf den Britischen Inseln, Dänemark, Zentraleuropa, Zentralitalien, Zentral- und Südspanien und in der Türkei zu sehen. In manchen Regionen gibt es einen Trend zur Verringerung der frostfreien Zeit, diese Trends sind jedoch nicht signifikant (EEA, 2012).



Source: MARS/STAT database ([98]).

Abbildung 9: Trend bezüglich der Anzahl der frostfreien Tage pro Jahr, 1985-2014 (EEA, 2016)

Beobachtete Agrophänologie

Veränderungen in der Phänologie der Kulturen geben **wichtige Hinweise** auf die jüngsten regionalen Klimaveränderungen. Phänologische Veränderungen werden oft durch Managementpraktiken beeinflusst wie den Saatzeitpunkt oder die Sortenwahl. Die **Klimaerwärmung der jüngsten Zeit** leistet jedoch auch einen großen Beitrag dazu. Bestimmte Wachstumsphasen (z.B. Blühen, Kornfüllung) sind gegenüber **Wetterbedingungen besonders**

empfindlich und für den **Ertrag sehr wichtig**. Die Zeitdauer des Pflanzenzyklus (Agrophänologie) bestimmt den Ertrag der Kulturen. Ein längerer Pflanzenzyklus korreliert mit höheren Erträgen, da ein längerer Zyklus die thermische Energie, Sonneneinstrahlung und die Wasserressourcen besser nutzen kann.
Einige Kulturen werden heutzutage frühzeitiger gesät oder gepflanzt, z.B. Kartoffeln 5 Tage früher in Finnland (1965-1999), Mais und Zuckerrüben 10 Tage früher in Deutschland (1961-2000) und Mais 20 Tage früher in Frankreich (1974-2003) (EEA, 2012).
Eine Analyse der modellierten Blühzeitpunkte für Winterweizen in Europa zwischen 1985 und 2014 zeigt einen **zunehmenden Trend** zu einem früheren Blühzeitpunkt (besonders ausgeprägt in Nordwesteuropa). Die modellierten Blühzeitpunkte treten um **zwei bis vier Tage/Dekade** früher auf. Diese modellierten vorgerückten Blühzeitpunkte übersteigen wahrscheinlich die tatsächlich beobachteten Blühzeitpunkte, da sich auch die Tageslängen auf die Pflanzen auswirken, ebenso wie die Auswahl des Landwirts von Kulturen mit längeren Anbauperioden.

Beobachtete Auswirkungen

Eine weltweite Analyse der **Getreideerträge** (Weizen, Mais und Gerste) zeigen einen **Rückgang der Erträge** aufgrund der **zunehmenden durchschnittlichen Temperaturen**. Ähnliche Auswirkungen wurden auch in Europa dokumentiert. Die Erhöhung der Temperaturen ist auch einer der Hauptgründe aufgrund derer die **Weizenerträge in Frankreich nicht steigen**, obwohl es zu Verbesserungen in der Pflanzenzüchtung kam. Die Kornerträge von **Mais** haben in **Nordeuropa zugenommen** während die **Erträge in Südeuropa stagniert** sind. Es gibt zudem auch die Tendenz von variablen Getreideerträgen in Frankreich und Italien, die durch Hitzewellen zustande kommen. Diese klimatischen Extreme haben in Europa in 2003 und 2007 den Pflanzenbau in Großteilen von Süd- und Zentraleuropa beeinflusst. Im Gegensatz zu Getreide und Ölsaaten hatte die Erhöhung der Temperatur einen positiven Effekt auf die Erträge von **Kartoffeln** und **Zuckerrüben**, wahrscheinlich bedingt durch **längere Vegetationsperioden** (EEA, 2012).

Während der Hitzewellen in 2003 und 2010 betrugen die Verluste der Getreideernte ca. **20 %** in den betroffenen Regionen Europas. Die Getreideproduktion auf der iberischen Halbinsel ist im Schnitt um **40 %** während der extremen Dürre2004/2005 gesunken (IPCC, 2014).

Die Hitzewelle und Dürre in 2003 sorgte in Zentral- und Südeuropa durch den Rückgang der Produktion für erheblichen Schaden im landwirtschaftlichen Sektor und für einen finanziellen Verlust (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

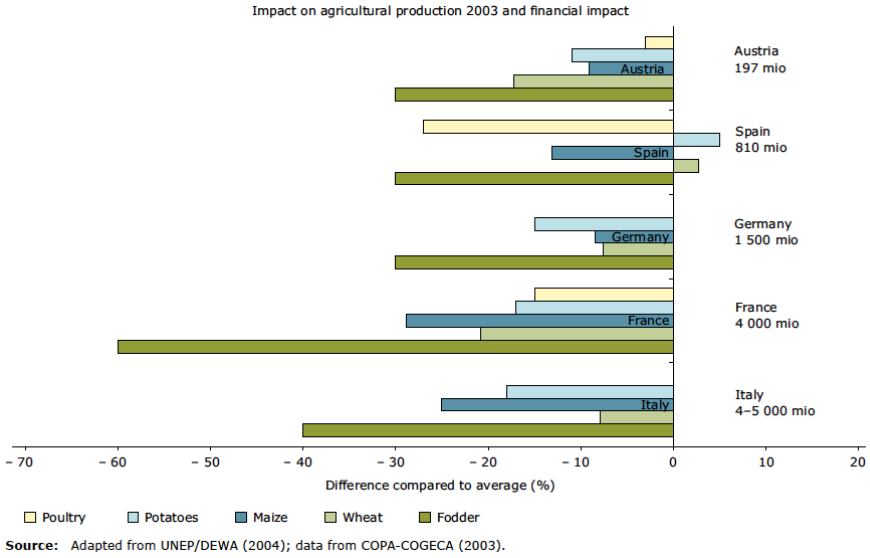


Abbildung 10: Auswirkung der Hitzewelle und der Dürre von 2003 auf die Landwirtschaft von fünf Ländern (EEA, 2005)

Projektionen für die Vegetationsperiode

Für Europa werden eine verlängerte Vegetationsperiode sowie eine Verschiebung der Arten nach Norden durch eine Erhöhung der Temperatur prognostiziert. Das Datum des **letzten Frosts** im Frühling soll sich innerhalb Europas bis 2030 um **5-10 Tage** vorschieben und bis 2050 um 10-15 Tage (EEA, 2012).
Die Verlängerung der Vegetationsperiode wird in **Nordeuropa** besonders von Vorteil sein, da **neue Kulturen angebaut** werden können und die Wasserverfügbarkeit das Wachstum nicht einschränkt. In einigen Teilen des Mittelmeerraums könnte der Anbau von manchen Kulturen von den **Sommer- in die Wintermonate verschoben** werden, welches die negativen Auswirkungen der Hitzewellen und Dürren des Sommers aufheben könnte (Minguez et al., 2007). Andere Regionen Europas (**Westfrankreich** und Teile **Südosteuropas**) werden Ertragsverluste durch die heißen und trockenen Sommer erfahren ohne die Möglichkeit zu haben, den Anbau in die Wintermonate zu verschieben (EEA, 2012).

Projektionen für die Agrophänologie

Mit der projizierten Erwärmung des Klimas in Europa werden weniger Tage für die **Blütenbildung** und **Reifung** des Getreides in ganz Europa erforderlich sein.
Die modellierten Veränderungen des Blühzeitpunktes berücksichtigen die erwarteten Effekte durch die veränderte/angepasste Sortenauswahl auf den Blüh- und Reifezeitpunkt.
Da viele Pflanzen in Europa (auch Getreide) zur Blütenausbildung lange Tage brauchen, spielt die Erhöhung der Temperatur in diesem Fall keine große Rolle. Der Zeitpunkt der Blüte wird beim **Winterweizen** in **Westeuropa** am weitesten nach vorne rücken. Hier bestehen jedoch noch große Unsicherheiten, da die Klimaprojektionen dazu noch unsicher sind. Die **Reifezeit** wird sich zeitlich noch mehr nach vorne verschieben als die **Blühphase**. Dies führt zu einer Verkürzung der Kornfüllungsphase, welche den **Ertrag negativ beeinflussen** wird. Eine unabhängige Studie, die ein anderes phänologisches Modell und andere Klimaprojektionen benutzt hat, hat ähnliche Vorverlegungen des Blühzeitpunktes für Weizen in England und Wales vermerkt (Vorverlegung um 14-16 Tage bis 2050) (EEA, 2012).

Projizierte Auswirkungen

Die regionale Verteilung der Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion wird stark variieren. In **Südeuropa** wird es zu den **höchsten Ertragsverlusten** kommen (-25 % bis 2080 bei einer Erwärmung von 5,4 °C) mit erhöhtem Risiko bei regenwassergespeisten Kulturen im Sommer. Wärmere und trockenere Bedingungen werden in **Zentraleuropa** bis 2050 zu **mäßigen Abnahmen** in den Erträgen führen. In **Westeuropa** kann eine Zunahme von Hitzestress in der Blühphase zu beträchtlichen Ernteverlusten führen. Für **Nordeuropa** gibt es für die zukünftigen Auswirkungen unterschiedliche Hinweise. Positive Änderungen der Erträge in Kombination mit der Erweiterung klimatisch geeigneter Bereiche könnten in Nordeuropa zu einer Zunahme der Produktion führen. Dies kann bei regionalen Zunahmen zwischen 2,5 °C und 5,4 °C geschehen. Eine Zunahme der klimatischen Variabilität kann jedoch die Verbreitung von **Winterkulturen einschränken** und in hohen Breitengraden das Risiko von Ernteverlusten erhöhen. Sommerkulturen aus tropischer Herkunft, wie z.B. Mais, könnten bis Ende des Jahrhunderts in Finnland angebaut werden (IPCC, 2014).
In der EU könnte es zu einer Abnahme von **Getreideerträgen durch Ozon** von **6 bzw. 10 %** in 2030 durch die entsprechenden Szenarien B1 bzw. A2 kommen. Durch die begrenzte Verfügbarkeit von Land und Bodenfruchtbarkeit außerhalb der Schwarzerde-Gebiete, würde die Verschiebung der Landwirtschaft auf die Taiga nicht die Ertragsverluste durch die zunehmenden Dürren in Südeuropa kompensieren (IPCC, 2014).

1.3.4.2 DAUERKULTUREN

Beobachtete Auswirkungen

Ein **früherer Blühzeitpunkt** und eine **frühere Reifung** wurden weltweit bei Äpfeln und Weintrauben beobachtet (aussagekräftige Beweise, hohe Zustimmung) (IPCC, 2014).
Veränderungen in den phänologischen Phasen von einigen mehrjährigen Kulturen in Europa zeigen eine **Vorverlegung der Vegetationsperiode von Obstbäumen** (2,3 Tage/10 Jahre). Bei der Kirschblüte sind es 2,0 Tage/10 Jahre und bei der Apfelblüte 2,2 Tage/10 Jahre. Dies wurde in Deutschland mit der parallel verlaufenden Erhöhung der durchschnittlichen Jahrestemperatur um bis zu 1,4°C in der Zeit von 1961 – 2000 beobachtet (EEA, 2012).
Die Weinproduktion in Europa trägt zu 60 % der globalen Produktion und zur kulturellen Identität Europas bei.
Seit den 1960er Jahren trägt im Nordosten Spaniens ein steigendes Wasserdefizit in der reproduktiven Phase der Rebe zu einer Verringerung der Erträge bei (IPCC, 2014).

Projizierte Auswirkungen

Die **niedrigen Temperaturen im Winter**, die für viele Obst- und Nussbäume wichtig sind, werden weiterhin abnehmen. Es wird zudem eine Abnahme der Eignung für Reben in den meisten weinerzeugenden Regionen geben. Die **Produktion und Qualität von Weintrauben** wird in Europa, USA und Australien beeinträchtigt werden (IPCC, 2014).
Der Klimawandel wird die **geographische Verteilung** von **Weintrauben-Sorten verändern** (hohe Konfidenz) und damit den **Wert von Weinbauerzeugnissen** und die **Qualität** sowie die Lebensgrundlage von Gemeinden in **Süd-** und **Kontinentaleuropa,** die vom Weinanbau leben (mittlere Konfidenz). Der **Anbau** in Nordeuropa wird jedoch **zunehmen** (niedrige Konfidenz) (IPCC, 2014).
Außer den **Auswirkungen auf den Ertrag** der Rebe werden höhere Temperaturen in manchen Regionen Auswirkungen auf die **Qualität des Weins** haben, indem sie das Verhältnis zwischen Zucker und Säure verändern. In **West- und Zentraleuropa** könnten projizierte Veränderungen die Weinqualität verbessern aber auch neue Weinanbaugebiete hervorbringen (IPCC, 2014).
Durch Arthropoden übertragene Krankheiten (Viren, Phytoplasmen) wie Schwarzfäule und Schädlinge wie der Traubenwickler könnten durch den Klimawandel in **Europa zu vermehrten Schäden** führen. Andere Schädlinge/Krankheitserreger könnten jedoch durch höhere Temperaturen **begrenzt** werden (z.B. Echter Mehltau) (IPCC, 2014).

1.3.4.3 TIERHALTUNG

Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierhaltung sind meistens **indirekt** durch den Futterbau (Änderungen in der Produktivität des Grünlands und der Futterpflanzen) bedingt. Es gibt **wenig Nachweise** von direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierhaltung außer durch das Auftreten von Tierkrankheiten, die durch den Klimawandel begünstigt werden (EEA, 2012).

Beobachtete direkte Auswirkungen

Der Klimawandel kann signifikante Änderungen in der geographischen und saisonalen Verbreitung von vektorübertragenen Erkrankungen in Europa hervorrufen. Ebenso kann er den Lebenszyklus und die Inkubationszeit von vektorübertragenen Krankheiten verkürzen und damit die Populationen der Vektoren und das Transmissionsrisiko erhöhen. Langfristig können saisonale Änderungen Vektoren und Wirtstiere sowie das menschliche Verhalten und die Landnutzung beeinträchtigen und somit die geographische Verteilung und saisonale Aktivität von vektorübertragenen Krankheiten in Europa beeinflussen (EEA, 2012).
Die Nutztierhaltung wird durch Hitze negativ beeinträchtigt. In der intensiven Tierhaltung hat Hitzestress zu einer Reduktion der **Michleistung** und zur geringeren Gewichtszunahme bei **Mastschweinen** bei Temperaturen über jeweils 18 ° und 21 °C geführt. Hohe Temperaturen und eine hohe Luftfeuchtigkeit während der Aufzucht haben in Italien zu einer um 60 % erhöhten Sterblichkeit bei Rindern geführt. Der Klimawandel kann die **Milchproduktion in Südeuropa** durch Hitzestress bei Milchkühen negativ beeinträchtigen (mittlere Konfidenz) (IPCC, 2014).

Ein hoher Hitze-Feuchtigkeitsindex kann die Milchproduktion, die Qualität, Mortalität, Fruchtbarkeit und die Krankheitsanfälligkeit beeinflussen, besonders in der intensiven Milchproduktion (EEA, 2016).

Projizierte indirekte Auswirkungen

Da die Nutztierhaltung stark von Ackerfrucht- und Grünlanderträgen abhängt, ist sie den Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler (Beweidung und Eigenfutter) und globaler Ebene (Zukauffutter) stark ausgesetzt. Risiken des Klimawandels wie auch Anpassungsoptionen unterscheiden sich, je nachdem, ob es sich um ein intensives oder extensives (Grünland basiert) Tierhaltungssystem handelt (EEA, 2016).
Für grünlandbasierte Tierhaltungssysteme zeigen Simulationen (A1B Szenario, „ensemble of downscaled GCMs“), dass es bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einer potentiellen Zunahme der Milchproduktion in Irland und Frankreich kommen kann. Diese Simulationen zeigen jedoch auch, dass es zu einem höheren Risiko von Produktionsausfällen im Sommer/Herbst in Zentraleuropa und in Frankreich kommen kann. Klimaprojektionen für 2070 (A2 Szenario) zeigen für Zentralfrankreich signifikant niedrigere Grünlandproduktionen in einem vierjährigen Experiment mit erhöhten CO_2 Konzentrationen. Am selben Ort führte ein einziges Versuchsjahr mit Sommertrockenheit zu einer Veränderung der Grünlandproduktion in den darauffolgenden 2 Jahren (IPCC, 2014).

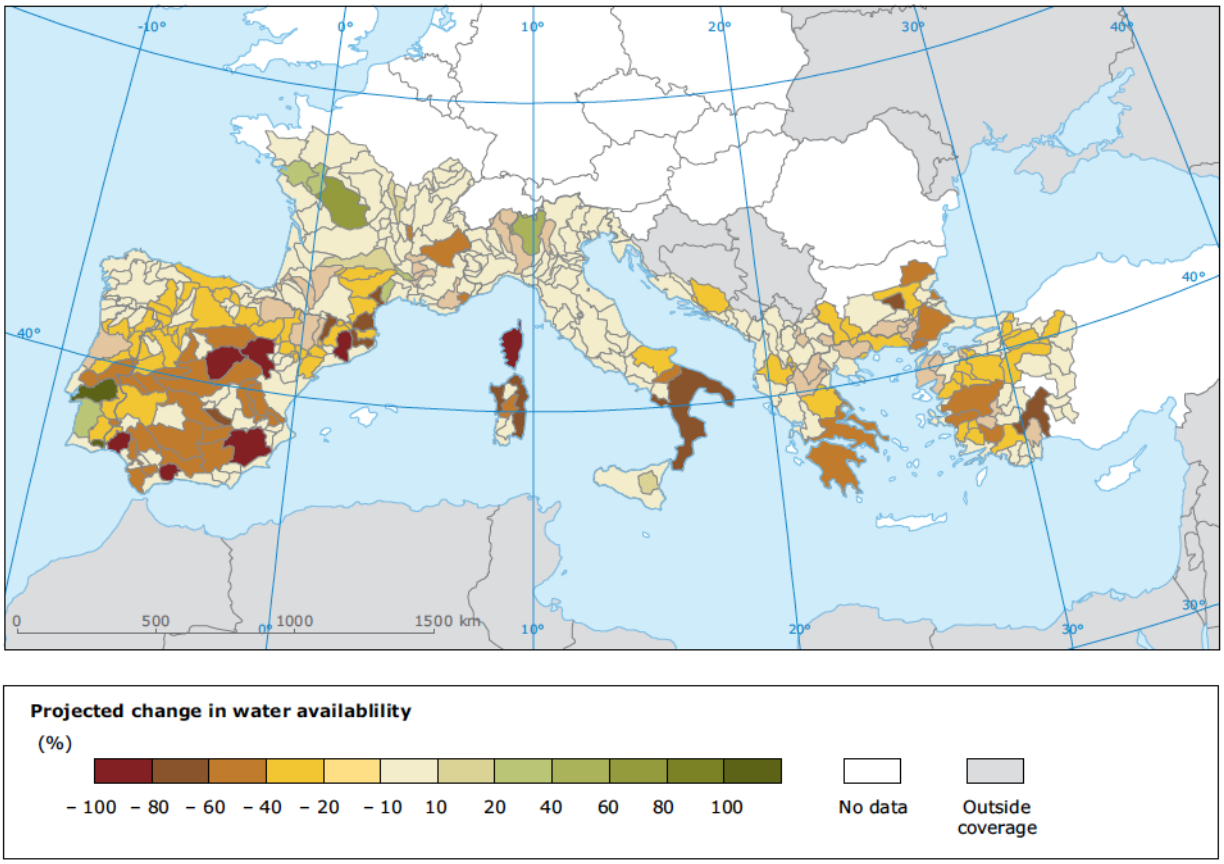
1.3.5 Wasserressourcen und Landwirtschaft

Beobachtete Situation

Wasser ist für das Pflanzenwachstum essentiell. Es gibt zudem einen Zusammenhang zwischen der Produktion von pflanzlicher Biomasse und der Transpiration. Die Wassernutzungseffizienz wird von der Kulturart sowie vom Management beeinflusst. Eine Erhöhung der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen wird zu einer Steigerung der Wassernutzungseffizienz führen, bedingt durch eine Abnahme der Transpiration und eine Steigerung der Photosynthese-Leistung. Durch die Nachfrage nach Wasser in dürregefährdeten Gebieten wird die **Wasserkonkurrenz für die landwirtschaftliche Bewässerung** steigen (EEA, 2012). In der Zeit von 1975 – 2010 erhöhte sich die benötigte Wassermenge für die Bewässerung auf der iberischen Halbinsel und Italien, um die Erträge der bewässerten Kulturen aufrechtzuerhalten. Teile Südosteuropas registrierten jedoch eine Abnahme der benötigten Wassermenge (EEA, 2012).

Projizierte Situation

Die voraussichtliche Zunahme der Evapotranspiration wird Druck auf die Nutzung von Bewässerungen in dürregefährdeten Gebieten ausüben. Bewässerung wird aktuell vorwiegend am Mittelmeerraum genutzt, wo einige Länder über 80 % der Süßwasserentnahme für die Landwirtschaft nutzen. Eine Zunahme der Bewässerungsnachfrage wird die Wasserkonkurrenz in Gebieten verstärken, wo es durch die Abnahme von Niederschlägen zu einem Defizit der Wasserverfügbarkeit kommen wird. Nimmt man an, dass der **städtische Wasserbedarf** Vorrang vor dem landwirtschaftlichen Bedarf hat, ist die Reduzierung des Wasseranteils für die Bewässerung in vielen europäischen Einzugsgebieten größer als die Abnahme der jährlichen Niederschläge (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Projektionen für den Mittelmeerraum zeigen eine **Abnahme** der Wasserverfügbarkeit, so dass Bewässerungen in der Zukunft in manchen Regionen nicht mehr möglich sind (EEA, 2012).



Note: Relative change in water availability for irrigation as projected under the A1B emission scenario by the HIRHAM (DMI) regional climate model for 2071–2100 relative to 1961–1990.

Source: Iglesias et al., 2012.

Abbildung 11: Projizierte Veränderungen der Wasserverfügbarkeit für Bewässerung im Mittelmeerraum von 2071 – 2100 (EEA, 2012).

Durch eine Abnahme von regenwassergespeister landwirtschaftlicher Produktion wird die Nachfrage nach Wasser für die Bewässerung steigen. Eine Bewässerung ist jedoch **nicht immer eine machbare Option**, vor allem im **Mittelmeerraum**, da Abnahmen im Gesamtabfluss und in den Grundwasserreserven projiziert werden. In vielen Einzugsgebieten sind die Wasserressourcen übernutzt und der Klimawandel wird dazu beitragen, dass die Grundwasserreserven weiter abnehmen werden. Um diese Nachfrage zu kompensieren, könnten die **Kosten von Bewässerungssystemen** in Süditalien **um 20 bis 27 % steigen** und neue Bewässerungsinfrastrukturen in einigen Regionen notwendig werden. Da die **ökonomischen Vorteile** gering sein werden, würde der Einsatz von Bewässerung institutionelle und marktbedingte Änderungen erfordern (IPCC, 2014).

1.4 ZUSAMMENFASSUNG EUROPÄISCHER KONTEXT

1.4.1 Hauptbeobachtungen und projizierte Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Höhere Temperaturen haben die Länge der Vegetationsperiode über weite Teile Europas längst beeinflusst. Der Blüh- und Erntezeitpunkt von Getreide hat sich schon um einige Tage nach vorne verschoben. Es wird erwartet, dass diese Änderungen sich in vielen Regionen fortsetzen werden (EEA, 2015).

Im Allgemeinen wird sich die landwirtschaftliche Produktivität in Nordeuropa durch längere Vegetationsperioden und eine Verlängerung der frostfreien Zeit erhöhen. Wärmere Temperaturen und längere Vegetationsperioden ermöglichen es, auch neue Kulturen anzubauen. In Südeuropa kommt es jedoch durch extreme Hitzeereignisse, reduzierte Niederschläge und Wasserknappheit zu Rückgängen in der landwirtschaftlichen Produktivität. Die Ernteerträge werden voraussichtlich durch Extremwetterereignisse und Schädlinge/Krankheiten von Jahr zu Jahr schwanken (EEA, 2015).

In manchen Teilen des Mittelmeerraums könnten durch extreme Hitze und durch Wasserstress in den Sommermonaten einige Sommerkulturen im Winter angebaut werden. Westfrankreich und Südosteuropa werden durch heiße und trockene Sommer Ernteverluste ertragen müssen ohne die Möglichkeit, den Anbau der Kulturen auf eine andere Jahreszeit zu verlagern (EEA, 2015).

1.4.2 Anbausysteme in Europa in den jeweiligen Klimaregionen

Um die Übersicht der Hauptprobleme in der Landwirtschaft von den EU-28 zu vereinfachen, ist jeder Mitgliedsstaat einer Klimaregion zugeordnet. Die detaillierte Liste der Länder/Klimaregionen ist unter Tabelle 1 zu sehen.

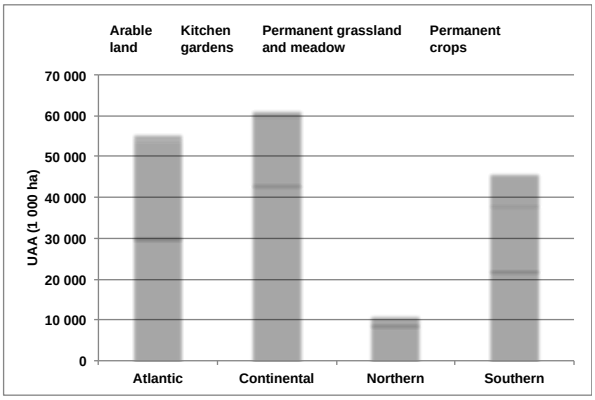
Tabelle 1: Landwirtschaftliche Zahlen der EU-28 (Eurostat 2013) pro Klimaregion

	Gesamt EU-28	**Atlantische**	**Kontinentale**	**Nördliche**	**Südliche**
Anzahl der Betriebe (1 000) %	**10 841** **100%**	943 9%	6 280 58%	394 4%	3 224 30%
Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) (1 000 ha) %	**174 351** **100%**	55 701 32%	61 593 35%	10 983 6%	46 075 26%
% Ackerland / LN % Dauergrünland und Wiesen / LN % Dauerkulturen / LN	**60%** **34%** **6%**	54% 44% 2%	70% 28% 2%	81% 18% 0%	48% 35% 17%
Arbeitskräfte (1 000 AK) %	**9 345** **100%**	1 327 14%	5 015 54%	307 3%	2 696 29%
Durchschnittliche Betriebsgröße (ha)	**16,1**	59,1	9,8	27,9	14,3
Großvieheinheiten (1 000 Stück) %	**130 320** **100%**	55 568 43%	40 643 31%	4 492 3%	26 196 23%

Standardoutput (Millionen EUR)	**331 568**	122 663	100 883	12 067	95 955
%	**100%**	37%	30%	4%	29%

Atlantisch: Belgien, Dänemark, Frankreich, Irland, Luxembourg, Niederlande und Vereinigtes Königreich.
Kontinental: Bulgarien, Deutschland, Österreich, Polen, Rumänien, Slowakei, Tschechische Republik und Ungarn.
Nord: Estland, Finnland, Lettland, Litauen und Schweden.
Süd: Griechenland, Italien, Kroatien, Malta, Portugal, Slowenien, Spanien und Zypern.

Durch die hohe Anzahl an Betrieben in Rumänien repräsentiert die kontinentale Klimazone **58%** der gesamten Betriebe in der EU-28, es folgt die südliche Klimazone mit **30%** der Betriebe.



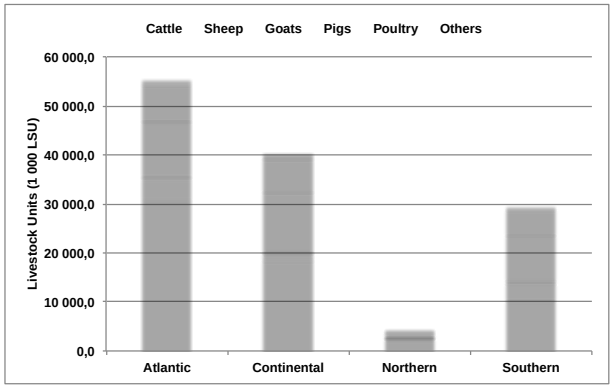


Abbildung 12: Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in 2013 (Eurostat) pro Landnutzung und pro Klimaregion (linkes Schaubild), Großvieheinheiten in 2013 (Eurostat) pro Klimaregion (rechtes Schaubild)

Betrachtet man die LN haben die kontinentale und atlantische Klimazone mit **35%** und **32%** die höchste Fläche gefolgt von der südlichen Klimazone mit **26%** und der nördlichen mit **6%.** Die atlantische Klimazone dominiert mit den meisten Großvieheinheiten (GVE), **43%**, gefolgt von der kontinentalen und südlichen Klimazone mit **31%** und **23%**. Die nördliche Klimazone hat mit **3%** am wenigsten GVE. Die atlantische Klimazone hat auch den höchsten Standardoutput (Millionen Euro) mit **37%** gefolgt von der kontinentalen und der südlichen Klimazone mit **30%** und **29%** und der nördlichen Klimazone mit **4%**.

1.5 LITERATURVERZEICHNIS

EEA, 2005: Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. EEA Technical report No 7/2005, European Environment Agency.

EEA, 2012: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 — An indicator-based report, EEA Report No 12/2012, European Environment Agency.

EEA, 2015: Agriculture and climate change. Article, signals – Toward clean and smart mobility, European Environment Agency.

EEA, 2016: Global and European temperature. Indicator assessment, Data and maps, European Environment Agency.

EEA, 2016: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report, European Environment Agency.

IPCC, 2014: 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 [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.

2 Kontinentale Klimazone (Deutschland)

2.1 ÜBERBLICK

Ungefähr 35 % der gesamten genutzten landwirtschaftlichen Fläche in der EU befinden sich in der kontinentalen Klimazone, die sich über 8 Länder erstreckt. Von dieser landwirtschaftlichen Fläche liegen etwa 27 % in Deutschland. Somit kann Deutschland, was die Landwirtschaft betrifft, repräsentativ für die kontinentale Klimaregion angesehen werden.

Tabelle 2: Landwirtschaftliche Kennzahlen (Eurostat 2013) für die EU-28, die kontinentale Klimaregion und der Anteil Deutschlands in der kontinentalen Klimaregion

	Gesamt EU-28	**Kontinentale Region**	**Deutschland**
Anzahl der Betriebe (1 000)	**10 841**	6 280	285
%	**100%**	58%	5%
Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) (1 000 ha)	**174 351**	61 593	16 700
%	**100%**	35%	27%
% Ackerland / LN	**60%**	70%	71%
% Dauergrünland und Wiesen / LN	**34%**	28%	28%
% Dauerkulturen / LN	**6%**	2%	1%
Arbeitskräfte (1 000 AK)	**9 345**	5 015	523
%	**100%**	54%	10%
Durchschnittliche Betriebsgröße (ha)	**16,1**	9,8	58,6
Großvieheinheiten (1 000 Stück)	**130 320**	40 643	18 407
%	**100%**	31%	45%
Standardoutput (Millionen EUR)	**331 568**	100 883	46 252
%	**100%**	30%	46%

Kontinental: Bulgarien, Deutschland, Österreich, Polen, Rumänien, Slowakei, Tschechische Republik und Ungarn

2.2 DEUTSCHER FOKUS

2.2.1 Klimatrends & Nationale Anpassungsstrategie

Die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ wurde 2008 durch die deutsche Bundesregierung erstellt. Das Ziel der deutschen Bundesregierung ist, den Anstieg der Temperatur im Vergleich zur vorindustriellen Zeit auf 2°C zu begrenzen. Dadurch sollen die Auswirkungen des Klimawandels abgeschwächt werden. Daher ist das langfristige Ziel der Anpassungsstrategie, die Anfälligkeit durch den Klimawandel zu reduzieren und die Anpassungsfähigkeit zu verbessern. Die “Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel” findet man auf der Europäischen Klimaanpassungs-Plattform unter dem folgenden Link: http://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries/germany
Die nationale Anpassungsstrategie beschreibt ausführlich die Klimatrends für Deutschland und betrachtet diese dann für alle relevanten Bereiche in Deutschland, inklusive der Landwirtschaft.

Die bedeutendsten Klimatrends in Deutschland sind vermehrte Niederschläge im Winter und Frühjahr, eine erhöhte jährliche Durchschnittstemperatur um 0,5 -1,5°C in der nahen Zukunft (2021 -2050) und um 1,5 – 3,5°C in der fernen Zukunft (2071 – 2100) verglichen mit der klimatischen Periode von 1961 – 1990, sowie vermehrt vorkommende Extremwetterereignisse.

Auf regionaler Ebene existiert seit 2015 die „Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels“. Diese Klimaanpassungsstrategie beschreibt die Klimatrends für Baden-Württemberg und betrachtet die Chancen und Herausforderungen ebenso wie die Anpassungsstrategien für alle Bereiche wie z.B. Tourismus, Gesundheit, Land- und Forstwirtschaft. Es wurde durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft erstellt.

Die bedeutendsten Klimatrends für Baden-Württemberg sind ähnlich denen, die für Deutschland vorhergesagt werden. Die Temperaturen werden steigen, weniger stark in den Bergregionen als in den Flachlandregionen. Für die nahe Zukunft (2021 - 2050) wird ein Anstieg der durchschnittlichen Temperatur von 8,4°C auf 9,5°C prognostiziert, für die ferne Zukunft ein Anstieg auf 11,5°C. Die Anzahl der tropischen Tage (Tagesmaximum ≥ 30°C) wird erheblich ansteigen. Derzeit gibt es im Durchschnitt 4 tropische Tage/Jahr. Es wird vorausgesagt, dass sich diese Tage in der nahen Zukunft um 2,7 Tage, in der fernen Zukunft um 20,8 Tage erhöhen.
Die Prognosen für die Niederschläge variieren etwas mehr als die für die Temperatur. Während kein eindeutiger Trend erkennbar ist, scheint es, dass die Gesamtniederschlagsmenge pro Jahr nicht steigen wird. Es wird eine Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in die Wintermonate vorhergesagt, wie auch einen Anstieg der Tage mit Starkniederschlägen (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 2015). Letztere werden vorwiegend in den Wintermonaten auftreten (September – April) (Flaig, 2013; Gömann et al., 2015). Die Menge der täglichen maximalen Niederschläge im Laufe eines Jahres wird sich in der weiteren Zukunft um 13% erhöhen. Dieser Anstieg an starken Regenfällen wird das Risiko hinsichtlich Bodenerosion und Auswaschung von Pestiziden in Oberflächengewässer erhöhen (Flaig, 2013).
Es wird zukünftig nicht nur ein Anstieg von Tagen mit Starkregen geben. Es wird auch ein Rückgang von Niederschlägen zwischen März und Mai vorhergesagt. Diese Monate sind besonders wichtig für die Entwicklung des Wintergetreides. Die Vorhersage für den Rückgang der Niederschläge in Baden-Württemberg in den zuvor erwähnten Monaten konnte in der Vergangenheit bereits beobachtet werden. Betrachtet man hierzu jedoch den Trend für Gesamtdeutschland, gibt es hier Schwankungen (Gömann et al., 2015). Da der Trend innerhalb Deutschlands und innerhalb der 3 Monate selbst sehr schwankt, sollte nicht allzu viel Gewicht darauf gelegt werden.
Ein weiterer wichtiger Faktor für den landwirtschaftlichen Bereich ist der Wasserhaushalt. Für Baden-Württemberg wird eine leichte Veränderung des Wasserhaushalts für die nahe und ferne Zukunft vorhergesagt. Für Juli und August werden ein verringerter, in allen anderen Monaten ein erhöhter Wasserhaushalt prognostiziert. Obwohl der Wasserhaushalt positiv bleiben wird, wird er im Juli und August nur geringfügig über Null sein. (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 2015)

Es sollte berücksichtigt werden, dass alle Prognosen mit dem A1B Szenario vom IPCC (2001) gemacht wurden. Die Szenariofamilie A1 geht von einem schnellen Wirtschaftswachstum aus, vom Höchststand der Weltbevölkerung in der Mitte des Jahrhunderts und von rasanten technologischen Neuerungen. Im Szenario A1B wird der wachsende Bedarf an Energie durch einen Mix an fossilen und nicht-fossilien Energieressourcen gedeckt. Es ist daher ein eher gemäßigtes Szenario. Die meisten Klimaprognosen wurden mit der 50. Perzentile präsentiert, das bedeutet, dass dies nur die mittlere und nicht notwendigerweise die wahrscheinlichste Klimaentwicklung darstellt. Mit der aktuellen Entwicklung der Treibhausgasemissionen empfiehlt es sich daher, für Dürreperioden Prognosen mit dem 15. Perzentil und für Hitzestress mit dem 85. Perzentil zu berechnen. Somit würden die Prognosen in diesen Fällen extremer ausfallen. Jedoch sollte beachtet werden, dass es sich bei allen Prognosen um Schätzungen handelt.

Wie in der deutschen Anpassungsstrategie, sind alle Bereiche auch in der regionalen Anpassungsstrategie von Baden-Württemberg erwähnt, einschließlich der Landwirtschaft. Die wichtigsten Anpassungsmaßnahmen für die Landwirtschaft in Baden-Württemberg, die

ausführlich in der regionalen Anpassungsstrategie aufgeführt werden, haben das Ziel, den Schaden in der Landwirtschaft zu reduzieren und gleichzeitig die Chancen des Klimawandels zu nutzen. Die Anpassungsmaßnahmen betrachten alle Aspekte des Klimawandels gleichwertig: Temperaturanstieg, vermehrte Extremwetterereignisse und die Veränderung der Niederschläge.

2.2.2 Klima-Tools

Das wichtigste in Deutschland vorliegende Klima-Tool ist der "Deutscher Klimaatlas", ein Tool, das vom Deutschen Wetterdienst (DWD) erstellt wurde. Es sind Daten aus der Vergangenheit als Referenzkarte verfügbar ebenso wie Daten aus dem aktuellen Jahr und Klima-Prognosen.
Die Daten sind auf nationaler und regionaler Ebene für 26 Indikatoren verfügbar. Diese enthalten allgemeine Indikatoren wie Durchschnittstemperatur, Anzahl der heißen Tage, Tage unter 0°C und spezielle landwirtschaftliche Indikatoren wie z.B. Bodenfeuchte, Huglin Index und Grünlandertrag. Für die Klimaprognosen verwendet das Tool das Emissions-Szenario A1B für die Vorhersage von 2010 – 2100. Karten für die Emissions-Szenarien RCP4.5, RCP6, RCP8.5 sind in Bearbeitung durch den DWD.
http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

Ein zweites, regionales Klima-Tool ist von der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) für 28 Kennzahlen verfügbar. Hier handelt es sich um allgemeine, nicht speziell landwirtschaftliche Kennzahlen. Eine Serie von 24 Klimaprognosen wurde für die Klimaparameter der nahen Zukunft analysiert sowie 15 Klimaprognosen für die ferne Zukunft. Alle Klimaprognosen verwenden das A1B Szenario.
http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/233728/

2.2.3 Nationale und regionale Projekte mit dem Thema Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel

Ein europäisches Projekt, in dem es um Abschwächung des Klimawandels bzw. Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft geht, ist das SOLMACC-Projekt, koordiniert durch die IFOAM EU in Belgien. Es konzentriert sich auf Bio-Betriebe in Deutschland, Schweden und Italien, die alle Produktionsrichtungen abdecken. Ziel ist es, die Projekt-Ergebnisse an die landwirtschaftliche Allgemeinheit und politischen Entscheidungsträgern in der EU weiter zu geben ebenso wie an die entsprechenden Länder.
Projekte auf deutscher, nationaler Ebene wurden nicht in der Tabelle berücksichtigt, da die Anzahl der regionalen Projekte, die sich mit Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen befassen, größer ist als die Anzahl der nationalen Projekte.
Ein regionales Projekt, in dem es um Weinbau in Sachsen-Anhalt geht, ist das Projekt LIFE VinEcoS. Ansteigende Temperaturen und ein allgemeiner Klimawandel werden zu mehr Landnutzungskonflikten führen. Daher wird das Projekt Anpassungsmaßnahmen im Weinbau testen, mit dem speziellen Schwerpunkt, das Ökosystem Weinberg zu optimieren.
Zwei abgeschlossene regionale Projekte zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg sind in Tabelle 3 aufgeführt. Beide Projekte haben den Schwerpunkt in bestimmten Regionen (Schwarzwald, Bodensee), in denen der Klimawandel eine große Rolle in der fernen Zukunft spielen wird, besonders durch ansteigende Temperaturen. Diese beiden Projekte bezogen alle Produktionsrichtungen ein (Ackerkulturen, Tierhaltung, Dauerkulturen), bewerteten die Anfälligkeiten der Betriebe und erarbeiteten Anpassungsmöglichkeiten auf einzelbetrieblicher Ebene.

Tabelle 3: Ein Auszug an Projekten mit dem Thema Anpassung der Landwirtschaft in Deutschland

Projekt	Landwirt-schafts-System	Bereich (national, regional)	Kontakt (Name, email, web)
Landschaft im Klimawandel – Anpassungsstrategien für den Naturpark Südschwarzwald	Ackerfrüchte, Dauerkulturen und Viehhaltung	Regional	Suzanne van Dijk Suzanne.vanDijk@unique-landuse.de
Optimizing Ecosystem Services in Viniculture facing Climate Change	Dauerkulturen	Regional	Jörn Freyer, freyer.j@lgsa.de
SOLMACC (Organic farmers countering climate change)	Ackerfrüchte, Dauerkulturen und Viehhaltung	National (EU-weit)	Ann-Kathrin Trappenberg ann-kathrin.trappenberg@ifoam-eu.org http://solmacc.eu/
IBK AG Landwirtschaft und Umwelt	Ackerfrüchte, Dauerkulturen und Viehhaltung	International (Bodensee-region – Deutschland, Schweiz und Österreich)	Maximilian Dendl maximilian.dendl@aelf-ke.bayern.de http://landwirtschaft.bodenseekonferenz.org/41045/Anpassung-der-Landwirtschaft-an-den-Klimawandel/landw_index.aspx

2.2.4 Agro-climatic grids

(Kenndaten für Klimaanfälligkeiten der landwirtschaftlichen Produktgruppen im Hinblick auf den Klimawandel)

Im Jahr 2014 hatten 15,3 % der Betriebe in Deutschland Ihren Schwerpunkt im Anbau von Ackerfrüchten, 6,1 % von Dauerkulturen (Wein- und Obstbau) und 57,5 % in der Tierhaltung. Bei den verbleibenden 21,2 % der Betriebe handelte es sich hauptsächlich um Gemischtbetriebe (16,3 %) und Gartenbaubetriebe (4,9 %) (BMEL, 2015). Gemischtbetriebe sind Betriebe, in denen kein Produktionsbereich mehr als 50% des Betriebseinkommens erwirtschaftet.
Die Verteilung der Produktionssysteme wich in Baden-Württemberg 2013 leicht davon ab. Hier produzierten 25 % der Betriebe Ackerfrüchte, 20 % Dauerkulturen, 39 % waren Tierhaltungsbetriebe und die verbleibenden 17 % waren aufgeteilt in 14 % Gemischtbetriebe und 3 % Gartenbaubetriebe (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2014).

2.2.4.1 ACKERFRÜCHTE

Höhere Temperaturen, Hitzestress und ein Übermaß an Wasser sind die klimatischen Faktoren, welche das höchste Risiko für Ackerfrüchte in Deutschland wie auch in Baden-Württemberg darstellen. Diese klimatischen Risiken führen in den meisten Fällen zu einem Rückgang der Erträge und/oder der Erntequalität und einem erhöhten Krankheits- und Schädlingsdruck (Tabelle 4**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Es bestehen in einigen wenigen Fällen auch Chancen durch den Klimawandel. Durch den Anstieg der Temperaturen kann sich die Anbauregion von Mais ausweiten, Wurzelkulturen können eine längere Vegetationszeit nutzen und feuchtigkeitsbedingte Krankheiten reduziert auftreten.

Tabelle 4: Agro-climatic grid für Ackerfrüchte in Deutschland

Ackerfrüchte	Klimarisiken	Klimachancen
Winterweizen	**Höhere Temperaturen** Reduzierte Kornfüllungsphase und geringerer Ertrag*, Winterweizen anfälliger für Krankheiten, höherer Krankheits-/Schädlingsdruck **Überschuss an Wasser von September – März** Geringerer Winterweizenertrag (beeinträchtigte Wurzelbildung) **Überschuss an Wasser im Juli/August (Starkniederschläge)** Hoher Kornfeuchtegehalt, Ernte erschwert/nicht möglich **Hitzestress** Ertragsrückgang	**Höhere Temperaturen** Rückgang von Krankheiten, die durch Feuchtigkeit entstehen (z.B. *Rhynchosporium-Blattfleckenkrankheit*)
Mais	**Höhere Temperaturen** Erhöhter Krankheits-/Schädlingsdruck **Wassermangel während der Wachstumsphase** Ertragsrückgang **Überschuss an Wasser im Sommer** Kornverluste **Überschuss an Wasser im Oktober** Hoher Kornfeuchtegehalt, Ernte erschwert/nicht möglich	**Höhere Temperaturen** Ausweitung des Anbaugebietes
Wintergerste	**Höhere Temperaturen** Reduzierte Kornfüllungsphase und geringerer Ertrag, anfälliger für Krankheiten, erhöhter Krankheits-/Schädlingsdruck **Überschuss an Wasser von September – März** Geringerer Ertrag (beeinträchtigte Wurzelbildung) **Überschuss an Wasser im Juli/August** Hoher Kornfeuchtegehalt, Ernte erschwert/nicht möglich **Hitzestress** Ertragsrückgang	**Wassermangel** Hitzetoleranter als Weizen aber ökonomisch nicht auf der Agenda
Zuckerrüben	**Hitzestress** Anstieg des Amino-n-Gehaltes **Wassermangel im Juni** Ertragsrückgang	

Kartoffeln	**Höhere Temperaturen und trockener** Erhöhter Krankheits-/Schädlingsdruck **Hitzestress** Ertragsrückgang. Ab 40°C Hitze Absterben der Kartoffelknolle **Überschuss an Wasser** Vernässung kann zu vermehrter Fäulnis der Pflanzen führen, starke Niederschläge können die Kartoffelwälle wegschwemmen	**Höhere Temperaturen** Frühere Pflanztermine
Raps	**Hitzestress** Reduzierter Ölgehalt **Überschuss an Wasser von Mai – August** Aufbrechen der Schoten vor der Ernte	

Ein Überschuss an Wasser ist ein klimatischer Faktor, der für alle Ackerfrüchte ein Risiko darstellt. Während der Erntezeit beeinträchtigt es den Zugang der Erntemaschinen auf den Acker und führt zu verstärkter Bodenverdichtung. Ein Zuviel an Wasser vor der Ernte erhöht den Feuchtigkeitsgehalt in den Erntefrüchten und führt damit zu Problemen mit Pilzkrankheiten während der Lagerung.

***** Die höheren Temperaturen, die zu einer reduzierten Kornfüllungsphase führen können, sind nur die höheren Temperaturen, die während einiger weniger Tage in dieser Phase auftreten.

Nahe Zukunft (ungefähr 2030):

Analysen von Wetterstationen zeigen bereits einen Anstieg von Frühjahrstrockenheit im März und April und vermehrten Hitzestress während der Blühphase von Winterweizen. Klimaprognosen weisen ebenfalls eine Zunahme an Hitzestress aber keine Zunahme von Frühjahrstrockenheit aus. Anders als bei Hitzestress wurden auch keine signifikanten Anhäufungen von Extremwetterereignissen, die für Ackerfrüchte bedeutend wären, beobachtet (Gömann et al., 2015).
Dies bedeutet, dass alle Anfälligkeiten, die durch Hitzestress bedingt sind, in der nahen Zukunft verstärkt auftreten werden, während Anfälligkeiten, die durch Frühjahrstrockenheit bedingt sind, unverändert bleiben werden. Nichtsdestotrotz wird ein Wassermangel in der vegetativen Phase der Pflanzen auftreten, was zu Ertragsrückgängen bei allen Kulturen bzw. zu einer Qualitätsminderung der Ernteprodukte führen wird. Entsprechend den Klimaprognosen, die einen Anstieg der durchschnittlichen Jahrestemperaturen aufzeigen, werden alle temperaturbedingten Anfälligkeiten zunehmen, ebenso in manchen Gegenden Deutschlands Anfälligkeiten, die durch einen Überschuss an Wasser bedingt sind.

2.2.4.2 DAUERKULTUREN

Die am meisten verbreiteten klimatischen Risiken stehen in Zusammenhang mit einer Zunahme von extremen Wetterereignissen z.B. durch Hagel und Hitzestress (Tabelle 5). Diese Wetterereignisse führen zu Beschädigungen an Früchten und somit zu einer geringeren Fruchtqualität. Neue Möglichkeiten im Zuge des Klimawandels bestehen im Anbau von Kulturen (Arten/Sorten), die an wärmere Klimabedingungen angepasst sind.

Tabelle 5: Agro-climatic grid für Dauerkulturen in Deutschland

Dauerkulturen	Klimarisiken	Klimachancen
Wein	**Höhere Temperaturen** Abnehmende Weinqualität durch höheren Zuckergehalt und niedrigere Säuregehalte (z.B. für Riesling) Zunahme von Schädlingsbefall z.B. Traubenwickler, entwickeln 3 statt 2 Generationen pro Jahr **Höhere Temperaturen im Winter** Früherer Austrieb der Reben führt zu einer höheren Spätfrostgefahr **Hitzestress** Vorzeitige Abreife, junge Reben kommen damit nicht zurecht **Anstieg von Extremwetterereignissen** Größere Hagelschäden und damit Qualitätsverluste **Wassermangel** Abnehmende Weinqualität (sinkende Reserveeinlagerungen in jüngeren Pflanzen, harte und unelastische Traubenschalen) **Überschuss an Wasser** Schwieriger Zugang für Maschinen in den Weinberg **Überschuss an Wasser durch Starkregen + höhere Temperaturen** Anstieg von Infektionen (z.B. Botrytis), Aufplatzen der Früchte	**Höhere Temperaturen** Anbau neuer Traubensorten, die an wärmeres Klima angepasst sind (z.B. Syrah)
Äpfel	**Höhere Temperaturen** Erhöhter Krankheits- und Schädlingsdruck z.B. Echter Mehltau, Feuerbrand während der Blühphase, Apfelwickler entwickelt mehr Generationen **Hitzestress** Geringerer Ertrag und sinkende Erntequalität (Sonnenbrand) **Wassermangel** Geringere Apfelqualität (kleinere Früchte) **Überschuss an Wasser** Anstieg von Krankheiten (z.B. Apfelschorf, Obstbaumkrebs) **Anstieg von Extremwetterereignissen** Vermehrter Hagelschaden in Plantagen ohne Hagelnetze	**Höhere Temperaturen** Anbau neuer Apfelsorten, die an wärmeres Klima angepasst sind (z.B. Pink Lady)

Für den Weinanbau gilt, dass die meisten Klimarisiken Auswirkungen auf die Weinqualität haben und keinen oder nur einen geringen Einfluss auf den Rebstock selbst.

Rebstöcke kommen mit höheren Temperaturen und Hitzestress recht gut zurecht. Der Riesling jedoch, eine aus der deutschen Rhein-Region stammende Traubensorte, benötigt kühle Nächte und ein gemäßigtes Klima, um eine gute Weinqualität zu produzieren. Diese Sorte wird am meisten vom Klimawandel betroffen sein, besonders durch die höheren Temperaturen. Der Riesling wird vorwiegend in Rheinland-Pfalz angebaut, so dass in dieser Region Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich des Anbaus anderer Traubensorten durchgeführt werden müssen.

Nahe Zukunft (ungefähr 2030):

Hagel hat das größte Schadenspotential in Dauerkulturen, gefolgt von Spätfrost. Die Risikoeinstufung von Extremwetterereignisse ist jedoch abhängig von der Anbauregion in Deutschland. In Baden-Württemberg ist Wassermangel das zweitgrößte Risiko, vergleichbar mit Spätfrost im Gebiet der Unteren Elbe.
Eine Expertenbewertung zur Relevanz von Extremwetterlagen, durchgeführt durch den DWD, zeigt, dass das Risiko der folgenden Klimafaktoren zukünftig im Apfelanbau steigen wird:

- Hitzestress (April – September)
- Dauerregen (März – April)
- Starkregen (März – Oktober)
- Hohe Nachttemperaturen (Mai – September)

Für den Weinbau werden sich die folgenden Klimarisiken erhöhen:

- Hitzestress (Mai – September)
- Starkregen (April, Mai, September und Oktober)
- Trockenzeit (Juli und September)
- Hohe Herbst- und Wintertemperaturen

(Gömann et al., 2015)

Dies bedeutet, dass die Anfälligkeiten, bezogen auf die oben erwähnten Klimafaktoren, sich in der nahen Zukunft erhöhen werden. All diese Klimafaktoren wurden in den agro-climatic grids für Äpfel und Wein dargestellt.

2.2.4.3 TIERHALTUNG

Direkte Auswirkungen

Die Tierhaltung kann durch den Klimawandel direkt, oder indirekt durch die Auswirkungen auf die Futterproduktion, betroffen sein. Beide Bereiche müssen berücksichtigt werden, wenn man sich mit dem Klimawandel und den entsprechenden Anpassungsmaßnahmen beschäftigt.
Für die Tierhaltung besteht das größte Risiko im Hitzestress, bedingt durch die höheren Umgebungstemperaturen. Wie aus Tabelle 6 ersichtlich ist, bewirkt Hitzestress ein Rückgang der Milchproduktion bei den Milchkühen und kann zu Kreislaufproblemen und höheren Todesraten bei Geflügel und Schweinen führen.

Tabelle 6: Agro-climatic grid für Tiere (direkte Auswirkungen) in Deutschland

Tiere	Klimarisiken	Klimachancen
Milchkühe	**Hitzestress** Rückgang der Milchproduktion (20 %), reduzierte Fruchtbarkeit **Höhere Temperaturen** Anstieg von Krankheiten, reduzierter Milchfettgehalt	

Schweine	**Höhere Temperaturen und Hitzestress** Kreislaufprobleme und höhere Todesraten	**Höhere Temperaturen** Reduziertes Heizen im Winter in den Ställen
Geflügel	**Höhere Temperaturen** Kreislaufprobleme, Anstieg von Krankheiten, den Atemapparat betreffend **Hitzestress** Höhere Todesraten, geringere Eierproduktion	

Indirekte Auswirkungen

In der Futterpflanzenproduktion führt ein Wassermangel während der Vegetationsphase zu geringeren Futtererträgen und kann zu einer veränderten Pflanzenzusammensetzung im Grünland führen.
Ein Überschuss an Wasser führt auf alle Fälle (Tabelle 7) zu Risiken wie z.B. für das Weiden, das dann eventuell nicht möglich ist und zu einem erschwerten Zugang für Maschinen auf die vernässten Flächen.
Wenn Erntezeitpunkte aufgrund von zu viel Nässe verschoben werden müssen, kann dies zu einer reduzierten Futterqualität führen.

Tabelle 7: Agro-climatic grid für Tiere (indirekte Auswirkungen) in Deutschland

Futterkulturen	Klimarisiken	Klimachancen
Dauergrünland	**Wassermangel während der Vegetationszeit** Veränderung der Pflanzenzusammensetzung **Wassermangel** Frühere “Reife” und daher reduzierte Futterqualität **Hitzestress im Juli** Weniger Biomasse **Überschuss an Wasser** Flächen nicht befahrbar, kein Weidegang möglich	**Höhere Temperaturen** Deutsches Weidelgras wird im Winter weniger Probleme mit Schneeschimmel und Frost haben
Temporäres Grünland	**Höhere Temperaturen** Schnittzeitpunkte müssen vorverlegt werden **Überschuss an Wasser** Flächen nicht befahrbar, kein Weidegang möglich	Flexibel beim Aussäen von Sorten, die im Grünland verschwinden bzw. Aussaat von Sorten, die an das aktuelle Klima angepasst sind
Maissilage	**Höhere Temperaturen** Erhöhter Krankheits- und Schädlingsdruck (z.B. Blattfleckenkrankheit)	

	Wassermangel während der Wachstumsperiode Ertragsrückgang **Überschuss an Wasser im Sommer** Kornverluste **Überschuss an Wasser im Oktober** Hoher Kornfeuchtegehalt, Ernte nicht möglich	
Klee, Kleegras, Luzerne	**Wassermangel** Geringere Erträge **Überschuss an Wasser** Flächen nicht befahrbar	

Ein Überschuss an Wasser führt zu einem Anstieg an Pilzinfektionen in allen Getreidearten, was wiederum indirekte Auswirkungen besonders auf Schweine und Geflügel haben kann, da diese empfindlich auf hohe Konzentrationen von Mykotoxinen im Futter reagieren.

Nahe Zukunft (ungefähr 2030):

Direkte Klimarisiken und Chancen

In der nahen Zukunft wird die Zahl der tropischen Tage zunehmen und die Durchschnittstemperatur ansteigen. Wenn die Durchschnittstemperatur in der nahen Zukunft nur um 1°C ansteigen wird, werden die derzeitigen Ställe die Differenz ausgleichen können.
Hitzestress an tropischen Tagen wird jedoch ein Problem sein, da die Umgebungstemperatur der Tiere nicht mehr als 4°C gegenüber der Außentemperatur heruntergekühlt werden kann. Wenn Ställe nicht mit der neuesten Kühltechnik ausgestattet sind, wird das Risiko durch Hitzestress und höhere Temperaturen in der nahen Zukunft ansteigen
Diese aufgeführten Anfälligkeiten betreffen Milchkühe, Schweine und Geflügel.

Indirekte Klimarisiken und Chancen

Wassermangel während der Vegetationszeit ist das Hauptproblem für die Tierfutterproduktion. Landwirte müssen auf dieses Problem mit aufgestockten Futtervorräten reagieren. Daher ist eine erhöhte Lagerkapazität für Silage und Heu notwendig ebenso eine Einlagerung von Futter in kleineren Einheiten, um plötzlich auftretende Futterknappheiten/-verluste durch fehlende Erntemöglichkeiten kompensieren zu können. Es lässt sich bereits heute eine vermehrte Frühjahrstrockenheit feststellen und dies wird in der nahen Zukunft so bleiben. Wassermangel wird daher als Anfälligkeit bestehen bleiben.

Anfälligkeiten, bedingt durch höhere Temperaturen, werden in der nahen Zukunft leicht ansteigen, in manchen Gebieten Deutschlands auch die Anfälligkeiten, die durch einen Überschuss an Wasser bedingt sind.

Andere Faktoren, die nicht in den Tabellen agro-climatic grids aufgeführt aber wichtig sind, sind die Lagerkapazitäten für organischen Dünger und der Anstieg der CO_2-Konzentration.
Aufgrund von häufiger auftretenden Situationen mit Wassermangel wie auch mit überschüssigem Wasser (Extremwetterereignisse), wird die Ausbringung von organischem Dünger notwendigerweise verschoben werden müssen. Daher ist eine höhere Lagerkapazität notwendig. Derzeit reicht die Lagerkapazität für 6 Monate.
Höhere CO_2-Konzentrationen führen zu einem gesteigerten Graswachstum um ungefähr 12%, wenn keine Extremwetterereignisse stattfinden. Eine erhöhte CO_2-Konzentration, kombiniert mit Hitzestress oder einem Überschuss an Wasser (Starkregenfälle) jedoch führt zu einem geringeren Biomasseertrag im Vergleich zu derzeitigen normalen Wetterbedingungen.

Ein Anstieg der CO_2-Konzentration resultiert nicht nur in einem Anstieg des Biomasseertrags bei Grünland. Alle C3-Pflanzen scheinen mit ansteigender CO_2-Konzentration mehr Biomasse zu produzieren. Jedoch verringern Extremwetterereignisse die Produktion von Biomasse auch bei Ackerkulturen.
Diese Wechselbeziehungen müssen in Betracht gezogen werden, wenn man die Entwicklung des Grünlandes und der Ackerkulturen beobachtet.

2.2.5 Literaturverzeichnis

Sachdienliche Informationen wurden von (Flaig, 2013), (Gömann et al., 2015) und (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 2015) wie auch durch Interviews mit Fachleuten zusammengetragen.

BMEL. (2015). Agarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2015. Berlin: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.

Flaig, H. (2013). Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels - Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft.

Gömann, H., Bender, A., Bolte, A., Dirksmeyer, W., Englert, H., Feil, J.-H., … Zimmer, Y. (2015). Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsysteme: Studie im Auftrag des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Abschlussbericht) (p. 312). Braunschweig: Johann von Thünen-Institut.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. (2015). Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2014). Landwirtschaft in Baden-Württemberg.

Liste Deutscher Experten

- Ackerbau/Grünland: Dr. H. Flaig (LTZ Augustenberg), Prof. Dr. M. Elsässer (LAZBW Aulendorf)
- Tierhaltung: Hansjörg Schrade (LSZ Boxberg), Dr. M. Effenberger (Lfl Bayern), Prof. Dr. M. Grashorn (Universität Hohenheim)
- Weinbau: Dr. M. Breuer (WBI Freiburg)
- Apfelanbau: Dr. U. Mayr (KOB)

3 Atlantische Klimazone / Frankreich

3.1 ÜBERBLICK

Frankreich befindet sich hauptsächlich im Einfluss der atlantischen Klimazone, wenn auch im Süden des Landes mediterranes Klima vorherrscht. Mit ungefähr 50 % der Betriebe sowie 50 % der genutzten landwirtschaftlichen Fläche in der atlantischen Klimazone, ist Frankreich repräsentativ für die atlantische Klimazone. Die gleiche Beobachtung gilt für die Viehhaltung. Die gesamte atlantische Klimazone weist 43 % der Vieheinheiten in der EU auf, wobei Frankreich 39 % der Vieheinheiten in der atlantischen Klimazone repräsentiert. Der Anbau landwirtschaftlicher Produkte in Frankreich ist ziemlich breit gefächert. Auf 67 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen (LN) werden die Hauptackerfruchtkulturen angebaut, gefolgt von Dauergrünland (30 % / LN und schließlich Dauerkulturen (3 % /LN). In der gleichen Weise ist auch die Art der Tierproduktion in Frankreich breit gefächert, auch wenn die Rinderhaltung die Hälfte der gesamten Tierhaltung ausmacht.

3.2 LANDWIRTSCHAFT UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

3.2.1 Ackerfrüchte

Es ist nachgewiesen worden, dass klimatische Einflüsse für die Ertragsstagnation in Frankreich für Getreide verantwortlich sind, besonders durch regelmäßigere Trockenperioden und hohe Temperaturen gegen Ende des Pflanzenzyklus. Von einem allgemeinen Standpunkt aus gesehen, begrenzen Klimarisiken die Feldfruchternte besonders im Süden Frankreichs, wohingegen im Norden Frankreichs bessere Erträge oder der Anbau neuer Feldkulturen möglich erscheinen.
Beobachtete Klimatrends werden sich in der nahen Zukunft verstärken (2030). Dabei sind die Ertragsrückgänge hervorzuheben, bedingt durch hohe Temperaturen und Wasserstress am Ende des Pflanzenzyklusses.

3.2.2 Dauerkulturen

Bei Dauerkulturen wie Weinreben und Obst zeigt sich der Klimawandel durch die frühere phänologische Entwicklung (Blühzeitpunkt und Erntezeitpunkt): Veränderungen bei Dauerkulturen erkennt der Landwirt oft besser als bei einjährigen Kulturen. Unabhängig von der Traubensorte oder der Anbauregion in Frankreich, findet die Traubenernte bereits mindestens zwei Wochen früher statt als 1988. Der Schwerpunkt der Bemühungen liegt auf der zukünftigen Weinqualität und der Möglichkeit, Bewässerungsanlagen in Gegenden Südfrankreichs einzuführen.
Klimarisiken für den Obstbau sind gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt (jede Jahreszeit ist betroffen), ob durch hohe Temperaturen im Frühling oder Sommer (Einfluss auf Ertrag und Fruchtgröße) oder niedrige Temperaturen im Winter (Vegetations-/Knospenruhe).
Für die nahe Zukunft (2030), werden sich die Auswirkungen des Klimawandels auf Obstplantagen und Weinberge verstärken und Landwirte werden sich hauptsächlich durch entsprechende landwirtschaftliche Praktiken anpassen. In der ferneren Zukunft (bis zum Ende des Jahrhunderts), werden die Anpassungsmöglichkeiten vorwiegend im Einsatz neuer Sorten liegen und /oder in neuen Anbaugebieten mit besseren klimatischen Bedingungen.

3.2.3 Viehhaltung

Direkte Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich hauptsächlich in der Verminderung der tierischen Leistung (Milch oder Fleischproduktion), bedingt durch hohe Temperaturen, die besonders einflussreich in Form von Hitzewellen sind. Das Problem der hohen Temperaturen betrifft sowohl die Tiere in Ställen als auch die Tiere im Freiland (Weideperiode).
Indirekte Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich im Rückgang der Futtererträge. Sie sind die bedeutsamsten Klimarisiken für Tierhaltungsbetriebe. Das Klimarisiko für tierhaltende Betriebe wird von der Art der Futterflächen abhängig sein: Höherer Anteil von Mais (oder Hirse), von Silage oder Grünland.
Veränderungen, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen, werden in der näheren Zukunft (2030) ein geringes und eher positives Ausmaß annehmen und die möglichen Anpassungsmaßnahmen werden eher geringfügig ausfallen. Jedoch sind Tierhaltungsbetriebe in Südfrankreich durch die jährlichen Futterschwankungen anfälliger für den Klimawandel.

4 Südliche Klimazone / Spanien

4.1 ÜBERBLICK

Der Anteil der spanischen landwirtschaftlichen Produktion an der Europäischen-Landwirtschaft beträgt 12,1 %. Die relevantesten Bereiche, die zu einem Anteil von 50 % an der nationalen landwirtschaftlichen Produktion beitragen, sind Obst und Gemüse, Wein, Oliven und Getreide. Die Getreideproduktion vereinnahmt bis zu 40 % der spanischen landwirtschaftlichen Nutzfläche und 75 % der Ackerfläche. Dauerkulturen, die in anderen EU-Ländern eine geringere Bedeutung haben, werden etwa auf einem Drittel der Agrarflächen angebaut. Jedoch entsprechen diese Zahlen nicht dem ökonomischen Gewicht dieser Kulturen. Der ökonomische Nutzen liegt schwerpunktmäßig auf den bewässerten Anbauflächen (insbesondere auf der Produktion von Gemüse, Industrie- und einigen Dauerkulturen).

4.2 LANDWIRTSCHAFT UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

4.2.1 Ackerfrüchte

Getreide ist eine der Hauptkulturen in Spanien. Der Klimawandel wird auch diese Ackerfrüchte wesentlich beeinflussen, bedingt durch Wasserstress, Hitzestress und Trockenheit. Die Produktivität von Getreide ist stark verbunden mit der Verfügbarkeit von Wasser und optimalen Böden. Nicht bewässertes Wintergetreide mit signifikant niedrigeren Erträgen als in Zentral-Europa, dominiert in der spanischen Getreideproduktion.
In der nahen Zukunft werden die beobachteten Klimatrends und daraus resultierenden Konsequenzen für die Landwirtschaft zunehmen. Ertragsrückgänge, Verschlechterung der landwirtschaftlichen Bedingungen und der Verlust von landwirtschaftlichen Flächen werden die ersten Konsequenzen sein, bedingt in den meisten Fällen durch hohe Temperaturen und Wasserstress. Extremwetterereignisse werden ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, besonders in landwirtschaftlichen Systemen, deren Produktivität gering und nicht konstant ist (nicht bewässertes Getreide), so dass die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe wahrscheinlich auf ein nicht zukunftsfähiges Level sinken wird. Für einige bewässerte Anbaukulturen wird die Wasserverfügbarkeit für deren Zukunft ausschlaggebend sein. Wasserknappheit, bedingt durch den Klimawandel und andere Gegebenheiten (Wasserbedarf für andere Sektoren, nationale Prioritäten, etc.) wird einen starken Einfluss auf den Anbau haben.

4.2.2 Dauerkulturen

Spanien ist das Land mit dem größten Weinanbaugebiet mit nahezu 1,2 Millionen Hektar. Dies entspricht 14 % des globalen Weinanbaugebietes. Die Produktion jedoch schwankt erheblich, bedingt durch geographische und klimatische Bedingungen wie auch durch große jährliche Schwankungen. Traditionelle, nicht bewässerte Weinberge bestehen neben neuen bewässerten Anlangen (Ausweitung um 40% in den letzten 15 Jahren), Letztere mit einhergehenden aktuellen Umweltproblemen (Übernutzung von Grundwasser und Versalzung) und zu erwartenden Problemen in der Zukunft (bewässerte Weinberge in Gebieten, in denen das Klima sich ändern wird).
Die einzige positive Perspektive für die nahe Zukunft besteht darin, dass um das Jahr 2050 der MDM (Region Mediterrane Berge) einen Huglin-Index-Wert erreicht, der für die Weinproduktion geeignet ist und dass manche Anbaugebiete im Norden neue Arten und Sorten anbauen könnten, die derzeit aufgrund von zu kalten Bedingungen nicht möglich sind.
Die schlimmsten Folgen werden bei neu etablierten Kulturen und Weinanbaugebieten in halb-trockenen Gegenden auftreten. In einigen Fällen werden Investitionen für Bewässerungsanlagen

notwendig sein, um wettbewerbsfähige Erträge zu erreichen. Der Verlust von geeigneten Produktionsbedingungen (milde Winter, hohe Temperaturen zur Reifezeit, etc.) verbunden mit Wasserknappheit, kann dazu führen, dass diese neuen landwirtschaftlichen Gebiete in der Zukunft nicht mehr geeignet sind, obwohl sie höhere Produktivität erreichen sollten.

4.2.3 Tierhaltung

Die Tierhaltung trägt zu 40 % der nationalen landwirtschaftlichen Produktion bei mit sehr unterschiedlichen Tierhaltungssystemen. Etwa 30 % der nationalen Fläche (50 Millionen ha) wird bewirtschaftet oder als Weideland genutzt.
Der Einfluss des Klimawandels auf den Tierhaltungsbereich ist vielschichtig bedingt durch die unterschiedlichen Produktionssysteme und die vielfachen Faktoren, die den Tierhaltungsbereich beeinflussen wie z.B. die Wasserverfügbarkeit, Bodensysteme oder landwirtschaftliche Produktion.

5 Nördliche Klimazone / Estland

5.1 ÜBERBLICK

Die landwirtschaftliche Fläche wird hauptsächlich für den Anbau von Ackerkulturen verwendet (81%) und 18% für Grünland. Dauerkulturen dagegen werden auf weniger als 1% der LN kultiviert. In 2016 wurden 673 000 ha Feldfrüchte angebaut, von denen mehr als die Hälfte Getreide war (Winterweizen 28%, Roggen 4%, Sommergerste 37%, Sommerweizen 21%, bezogen auf die ausgesäte Getreidefläche in 2015). Raps und Ölrübsen wurden von 70 800 ha und Kartoffeln von 5 800 ha geerntet. Die Freilandgemüsefläche betrug 3 100 ha und Apfelplantagen machten fast die Hälfte der Obstanlagen und Beerenplantagen (6 600 ha) aus. In 2015 betrug die Anzahl der Rinder in Estland 256 200 Tiere, davon 90 600 Milchkühe. Schweine wurden mit 304 500 Tieren beziffert, Schafe und Ziegen mit 90 900 und Geflügel mit 2,1 Millionen. Die durchschnittliche Milchproduktion ist von Jahr zu Jahr gestiegen und betrug in 2015 pro Kuh 8 442 kg Milch.

5.2 LANDWIRTSCHAFT UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

5.2.1 Ackerfrüchte

Die Risiken des Klimawandels sind die steigenden Temperaturen und/oder Trockenheit (Wassermangel) vor dem Zeitpunkt der Keimung, der Bestockung, dem Schossen oder zur Kornfüllungsphase, was zu Ertragsrückgängen oder Qualitätsverlusten führen kann. Wasserüberschuss vor dem Erntezeitpunkt kann ebenfalls zu starken Qualitätseinbußen führen.
Für die unmittelbare Zukunft haben die Klimamodelle noch keine signifikanten Änderungen der Klimabedingungen vorhergesagt. Man kann daher annehmen, dass die Wetterphänomene weiter aktuellen Trends folgen werden und dass die Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel gleich bleiben wird. Jedoch können Extremwetterereignisse in manchen Gegenden eventuell kritisch werden. Ein merklicher Anstieg von Erträgen kann eine positive Folge des Klimawandels sein.

5.2.2 Dauerkulturen

Die Klimarisiken, die Dauerkulturen am stärksten betreffen sind solche, die durch Extremwettereignisse verursacht werden wie z.B. durch Hagel und Hitzestress. Diese Wetterereignisse führen zu Schäden an den Früchten und somit zu einer verminderten Fruchtqualität. Chancen durch den Klimawandel bestehen im Anbau von Kulturen, die an wärmeres Klima angepasst sind.
Für den Weinbau ergeben sich in der nahen Zukunft mehr Möglichkeiten durch den Klimawandel als Risiken. Derzeit ist der Zuckergehalt für die Weinherstellung zu niedrig und der Säuregehalt zu hoch. Bedingt durch höhere Temperaturen, können die notwendigen Vorgaben erreicht werden. Gleichzeitig werden voraussichtlich vermehrt Schädlinge und Krankheiten auftreten, die mit Pestiziden bekämpft werden müssen.

5.2.3 Tierhaltung

Die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf landlose und intensive Tierhaltungssysteme wie die Schweine- und Geflügelproduktion werden weniger ausgeprägt sein als auf Tierhaltungssysteme mit Weidegang und gemischten Tierhaltungssystemen, da Erstere die Möglichkeit haben, das Stallinnenklima anzupassen. Jedoch werden vermehrt Investitionen notwendig sein, um die Kühlsysteme in den Ställen zu verbessern. Mit der Zeit kann Hitzestress die Anfälligkeit für Krankheiten steigern und Futteraufnahme, Fruchtbarkeit, Milchproduktion und

Gewichtszunahmen reduzieren. Warme Winter und früherer Frühlingsbeginn können eventuell Parasiten und Krankheitserregern ermöglichen, den Winter besser zu überstehen.
Höhere Temperaturen, steigende Niederschläge und weniger Schneebedeckung fördern traditionelle Haustierhaltungssysteme. Grünland wird im Frühjahr zeitiger wachsen und das Altern der Gräser später in den Herbst verschieben, jedoch wird das Grünland an häufigeren und längeren Trockenperioden leiden. Häufigere Trockenzeiten können die Tierhaltung in den Sommermonaten erschweren, bedingt durch reduziertes Futterangebot. Das Risiko für winterbedingte Schäden am Wiesen-Lieschgras in Nordeuropa wird sich wahrscheinlich reduzieren, auf der anderen Seite besteht in küstennahen Regionen ein leicht erhöhtes Risiko für Vereisung und Frühjahrsfrost. Für Jokioinen (Finnland) und Tartu (Estland) wird auch ein steigendes Risiko für Winterfrostschäden prognostiziert, bedingt durch die sinkende Zahl an Tagen mit isolierender Schneebedeckung, so dass die Pflanzen dem Frost ausgesetzt sind.