



Agri
Adapt



Landwirtschaft und Anpassung

**NACHHALTIGE ANPASSUNG DER EUROPÄISCHEN
LANDWIRTSCHAFT AN DEN KLIMAWANDEL**



00 Inhaltsverzeichnis

01. Einleitung	4
02. Ein Ansatz zur Bewertung des Klimarisikos auf Betriebsebene	9
03. Klimawandel-Check auf Betriebsebene	13
3.1. KLIMATISCHE BEOBACHTUNGEN	14
3.1.1. Wetterereignisse auf Betriebsebene	14
3.1.2. Agroklimatische Indikatoren (ACIs)	16
3.2. KLIMAPROJEKTIONEN	17
3.3. PILOTBETRIEBE SWOT-ANALYSE	20
04. Fallstudien und nachhaltige Anpassungsmaßnahmen	23
4.1. ACKERBAU: GETREIDE, LEGUMINOSEN, FUTTERKULTUREN, ÖLSAATEN, GEMÜSE	23
4.1.1. Diversifizierung des Nutzpflanzenanbaus und verbessertes Bodenmanagement in Melque de Cercos · SPANIEN	24
4.1.2. Mehr Diversifizierung und frühzeitige Aussaat für mehr Widerstandsfähigkeit und Stabilität · SÜDFRANKREICH	26
4.1.3. Direktsaat, Zwischenfrüchte und weite Fruchtfolgen zur Anpassung an Ackerkulturen · NORDFRANKREICH	29
4.1.4. Verbesserung der Bodenstruktur im hügeligen Kraichgau · DEUTSCHLAND	31
4.1.5. Agrotechnologie und eine sorgfältig ausgewählte Fruchtfolge in Haage · ESTLAND	34
4.2. DAUERKULTUREN: WEINREBEN.	39
4.2.1. Qualitativ hochwertige Weinherstellung und Bodenpflege - die beste Voraussetzung für die Anpassung an den Klimawandel in Terres dels Alforins · SPANIEN	40
4.2.2. Mulch-, Kompost- und Entscheidungshilfen auf der Halbinsel Höri · DEUTSCHLAND	44
4.3. TIERHALTUNGSBETRIEBE: MILCHVIEH- UND RINDERMASTBETRIEBE	47
4.3.1. Verbesserung der Nachhaltigkeit in Milchviehbetrieben bei gleichzeitiger Erhöhung der Widerstandsfähigkeit · SPANIEN	48
4.3.2. Beweidungs-Managementplan und Keyline-Design in El Baldío · SPANIEN	51
4.3.3. Futtersorghum, Futtergemenge - ein besonderes Augenmerk auf die Anpassung in der Milchviehhaltung · FRANKREICH	53
4.3.4. Verbesserter Komfort und nachhaltigere Futterproduktion im Bodenseekreis · DEUTSCHLAND	55
4.3.5. Neues Futterlager und höhere Viehbesatzdichte in der Region Valgamaa · ESTLAND ..	57
05. Schlussfolgerungen und Leitlinien durch nachhaltige Anpassungsmaßnahmen	61
06. Kontakte	64
07. Danksagung	65

01 Einleitung

Das Anbaujahr 2016 war in der kontinentalen Region Europas geprägt von starken Niederschlägen. Vielfach waren die Regenschauer so stark, dass das Getreide „ins Lager ging“, d.h. am Halm knickte. Auch auf die Bestäubung von Blütenpflanzen wie beispielsweise Raps, hatten die häufigen Niederschläge negative Auswirkungen. Die Ernte in diesem Jahr fiel in einigen Gegenden der kontinentalen Region Europas um bis zu 50% geringer aus. Der Wein- und Obstanbau in Frankreich entging glücklicherweise den Auswirkungen der starken Niederschläge im Frühjahr 2016.

Im darauffolgenden Jahr 2017 traten im April ungewöhnlich tiefe Temperaturen auf. Vor allem Minusgrade, die mehrere Tage andauern, sind für den Wein- und Obstanbau

problematisch, da die Apfelblüte und die jungen Sprosse der Reben extrem empfindlich auf Frost reagieren. Auch noch kurz nach der Blüte, wenn bereits erste kleine Früchte gebildet wurden, kann ein sogenanntes Spätfrostereignis zu starken Ernteeinbußen führen. Im Jahr 2017 führte Spätforst im April an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen zu Ertragsausfällen, die beispielsweise am Bodensee bis zu 90 Prozent betragen.

Im gleichen Jahr wurde in Südeuropa eine **außergewöhnliche Dürre** mit schweren Folgen für alle Anbausysteme registriert.

Im Jahr 2018 kam es dann in der nördlichen Hälfte Europas zu einer langanhaltenden Dürre mit hohen Temperaturen, die erneut große Ertragsausfälle mit sich brachte.

Ungünstige klimatische Ereignisse sind schon immer eingetreten, aber durch den Klimawandel werden diese



ABB. 01. Starke Regenschäden bei Getreide. Quelle: Foto Max Pixel, eigene Arbeit, CCO Public Domain.

Ereignisse in naher Zukunft häufiger und vor allem extremer auftreten. Wie in Abb. 3 dargestellt, sind Wasserknappheit und Dürre in Europa bereits im letzten Jahrzehnt immer wieder in allen Regionen aufgetreten.

Auch wenn extreme Wetterereignisse schwer vorherzusagen sind, sind heute dank sorgfältiger wissenschaftlicher Untersuchungen Informationen über Klimaprojektionen anhand verschiedener Modelle und RCPs (Repräsentative Konzentrationspfade) verfügbar. Die wichtigsten Trends für verschiedene klimatische Variablen wie Temperatur, Niederschlag oder Verdunstung können recht genau projiziert werden. Durch die Kenntnis dieser Trends können Landwirt*innen erkennen, welche Auswirkungen der Klimawandel auf ihre landwirtschaftlichen Betriebe haben kann und entscheiden, **welche nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen sie ergreifen können, um ihre Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel zu reduzieren.**

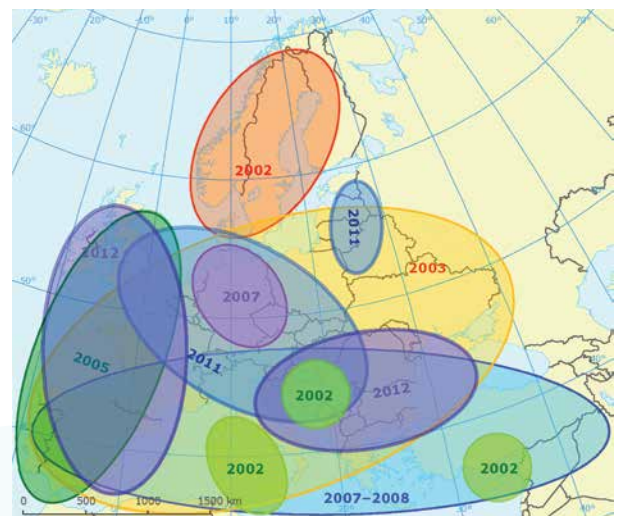


ABB. 03. Wassermangel und Dürreereignisse in Europa in den letzten zehn Jahren. Quelle: EEA, 2012.

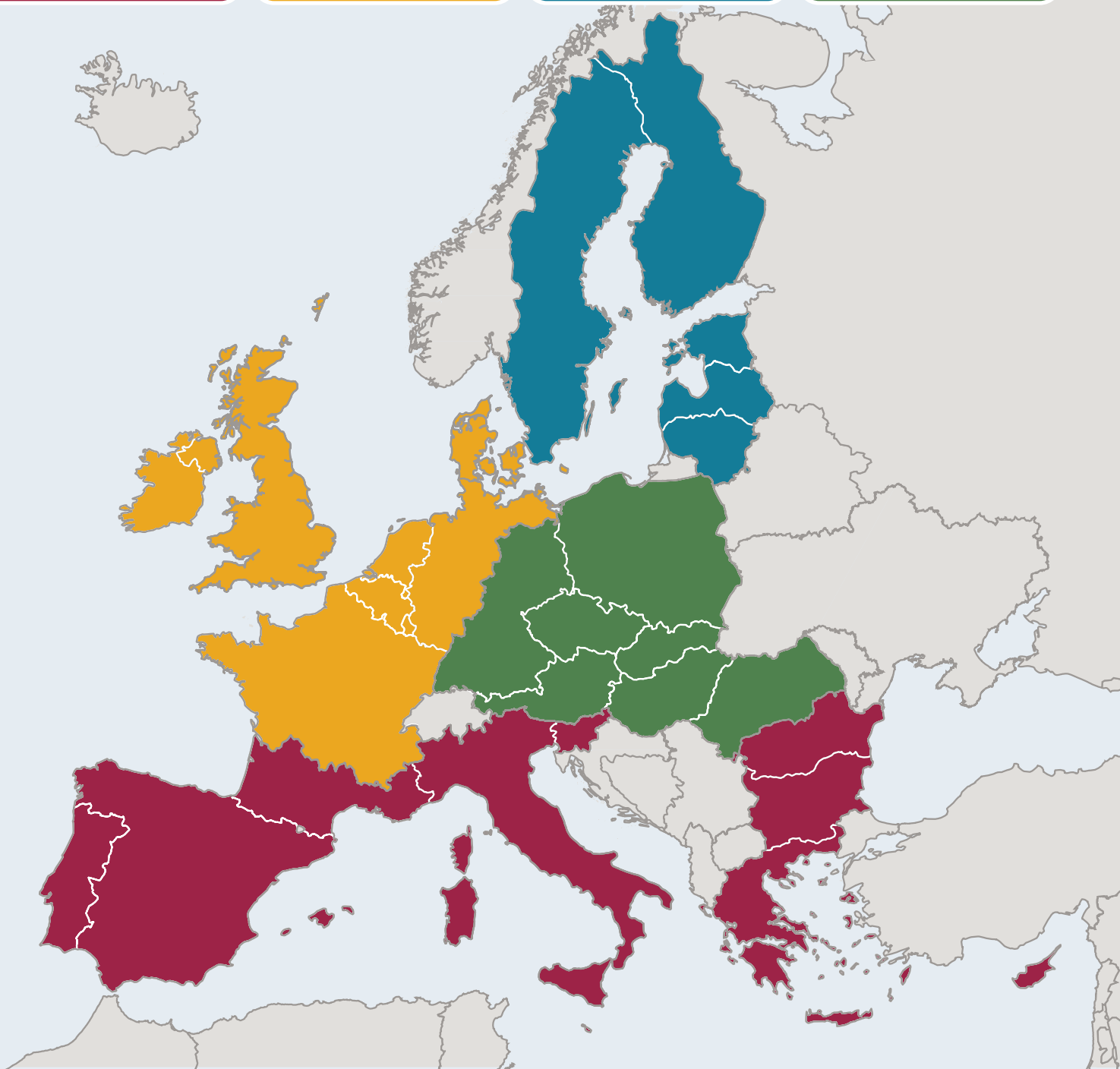


ABB. 02. Dürreschäden bei Mais. Quelle: Foto CraneStation, eigene Arbeit, CC BY 2.0.

ABB. 04. Die vier Klimarisiko-Regionen in der EU und die jeweils daraus resultierenden Risiken durch den Klimawandel. Quelle: EEA, 2016.

- Rot: Südliche Klimarisiko-Region
- Gelb: Atlantische Klimarisiko-Region
- Grün: Kontinentale Klimarisiko-Region
- Blau: Nördliche Klimarisiko-Region

- | | | | |
|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ↘ Wasserverfügbarkeit ➤ Risiko für Trockenheit, Hitzewellen ➤ Risiko für Bodenerosion ↘ Vegetationszeit, Ernteerträge ↘ Optimale Kulturanbauflächen | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Überschwemmungsrisiko ➤ Heißere und trockenere Sommer ➤ Meeresspiegel ➤ Risiko für Schädlinge und Krankheiten in Kulturen ↘ Tiergesundheit, Tierwohl | <ul style="list-style-type: none"> ↘ Niederschläge im Sommer ➤ Winterstürme, Überschwemmungen ➤ Länge der Vegetationszeit, Erträge ➤ Geeignete landwirtschaftliche Nutzflächen ➤ Risiko für Schädlinge und Krankheiten | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Niederschläge im Winter, Überschwemmungen ↘ Niederschläge im Sommer ➤ Risiko für Trockenheit, Wasserknappheit ➤ Risiko für Bodenerosion ➤ Erträge, Bandbreite der Kulturen |
|---|--|---|--|



Der Klimawandel ist weltweit einer der wichtigsten Herausforderungen unserer Zeit, von dem auch die Landwirtschaft betroffen ist. Obwohl einige klimatische Veränderungen auch positive Auswirkungen auf die europäische Landwirtschaft haben können, werden sich die meisten negativ auswirken und darüber hinaus Regionen beeinflussen, die bereits heute vermehrt von Wetterextremen wie Trockenheit, Hitzewellen und Starkniederschlägen betroffen sind und/oder in denen Umweltressourcen wie Wasser bereits heute stark begrenzt sind. Dies trifft besonders für die südliche Region Europas zu. Die Wasserverfügbarkeit wird in naher Zukunft abnehmen, die Vegetationsperiode wird sich dadurch verkürzen, Erträge werden zurück gehen und es werden weniger gute Anbauflächen zur Verfügung stehen. Außerdem steigt das Risiko von Hitzewellen sowie die Gefahr der Bodenerosion (EEA, 2016. Siehe Abb. 4).

Auch die **atlantische Region** wird vom Klimawandel betroffen sein. Sie wird unter einem höheren Risiko von Hochwasserereignissen, einem erhöhten Schädlings- und Krankheitsdruck sowie wärmeren und trockeneren Sommern leiden. In der **kontinentalen Region** wird im Sommer weniger Niederschlag fallen, mit einem erhöhten Risiko von Dürren und Wassermangel, stärkeren und häufigeren Niederschlägen sowie Überschwemmungen im Winter. Diese Faktoren können zu einer Steigerung der Erträge und einer Diversifizierung der Kulturen in dieser Region führen. (EEA, 2016. Siehe Abb. 4). Eine längere Vegetationsperiode ermöglicht den Anbau von Sorten mit später Reife (z.B. bei Mais oder Reben). Zunehmende Sommerdürren erfordern den Anbau von (neuen) Kulturen, die besser an Trockenheit angepasst sind, wie Leindotter, Sojabohnen, Sorghum Hirse, Sudangras und Süßkartoffeln. Neue Sorten, die ursprünglich aus Südeuropa stammen, sind zunehmend für den Anbau in der kontinentalen Region geeignet (z.B. Cabernet Sauvignon). Es ist jedoch unklar, ob diese positiven Effekte global gesehen durch andere negative Effekte zunichte gemacht werden.

Die europäische Region, die sicherlich am meisten vom Klimawandel profitieren dürfte, wird die **nördliche Region** sein, in der die Erträge und die Wachstumsperiode der Kulturen sowie das agronomische Potenzial des Gebiets zunehmen werden. Dennoch werden die Niederschläge im Sommer abnehmen, starke Regenfälle und Überschwemmungen im Winter zunehmen und der Druck durch (neue) Schädlinge und Krankheiten auf die Pflanzen steigen (EEA, 2016. siehe Abb. 4). Selbst im besten Fall ist also eine Klimaanpassung erforderlich.

Die Landwirtschaft in Europa wird sich mit Maßnahmen an den Klimawandel anpassen müssen, die über lediglich kleine Veränderungen der aktuellen landwirtschaftlichen Praxis hinausgehen. Solche Maßnahmen können gleichzeitig zu einer höheren Effektivität, geringeren Kosten, neuen Marktchancen und einer besseren Vorbereitung auf künftige gesetzliche Anforderungen führen.

AgriAdapt ist ein europäisches Projekt, das durch das LIFE-Programm der Europäischen Union gefördert wird. Es soll zeigen, wie landwirtschaftliche Betriebe aus den Bereichen Tierhaltung, Ackerbau und Dauerkulturen durch nachhaltige Anpassungsmaßnahmen ihre Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel spürbar verringern können. Zudem sollen durch die Maßnahmenumsetzungen weitere positive Effekte auf Natur und Umwelt erzielt werden. Mit AgriAdapt streben die Partner **übertragbare und praktische Ergebnisse** an und kommunizieren diese an Landwirt*innen und Expert*innen. Zu diesem Zweck wurden gemeinsam mit Expert*innen Informations- und Lehrmaterialien für die landwirtschaftliche Aus- und Weiterbildung entwickelt und gezielt an Bildungseinrichtungen und Beratungssysteme weitergegeben.

In diesem Handbuch stellen die Partner des Projekts LIFE AgriAdapt die Methodik und die im Projekt entwickelten Tools vor, beschreiben die Pilotbetriebe und deren Anpassungspotenzial sowie Klimaprojektionen für die verschiedenen Regionen. Schließlich werden, anhand von Fallstudien der Pilotbetriebe, eine Auswahl an nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen dargestellt.



02 Ein Ansatz zur

Bewertung des Klimarisikos auf Betriebsebene

"Angenommen..."

... noch vor ein paar Jahren hätte sich niemand mit dem Thema Klimawandel beschäftigt."

"Angenommen..."

... die Landwirtschaft wäre sich über die Auswirkungen des Klimawandels auf Ihre tägliche Arbeit nicht bewusst."

"Angenommen..."

... es bestünde immer noch die Ansicht, dass die Wetterveränderungen in den letzten Jahren noch normal seien."

Die Projektpartner haben gemeinsam einen Klimawandel-Check entwickelt, um die Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel auf einzelbetrieblicher Ebene zu bewerten, sowohl nach landwirtschaftlichen als auch nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten. Der Klimawandel-Check wurde dabei in allen vier Haupt-Klimarisiko-Regionen der EU und in unterschiedlichen Betriebstypen (Ackerbau, Dauerkulturen, Tierhaltung) angewendet.

EU-weit wurden 126 Pilotbetriebe bewertet und gemeinsam mit den Betriebsleitern betriebspezifische, nachhaltige Anpassungsmaßnahmen entwickelt, die in einem Maßnahmenplan zusammengefasst wurden.

Das Ausmaß der Anfälligkeit eines Betriebes bzw. dessen Risiko ergibt sich aus der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines klimatischen Stresses und dem Ausmaß der Konsequenzen in Form einer Ertragsreduktion. In diesem Projekt wurde mit den Begriffen *exposure* (Wahrscheinlichkeit) und *impact* (Ausmaß) gearbeitet. Die Anfälligkeit wird über eine eigens entwickelte Bewertungsskala ($\text{exposure} \times \text{impact}$) dargestellt (Abb. 5).

Der durchgeführte Klimawandel-Check besteht aus vier Schritten: Im **ersten Schritt** wird das aktuelle Klimarisiko des Betriebs unter Berücksichtigung von Wetter- und Ertragsdaten der letzten 15 Jahre bewertet und durch spezifische Informationen, die in einem Gespräch mit dem Pilotbetrieb gesammelt werden, ergänzt. Der **zweite Schritt** besteht darin, die mögliche Anfälligkeit des Betriebs für die folgenden 30 Jahre zu bewerten. Im **dritten Schritt** werden dem Betrieb Anpassungsmaßnahmen vorgestellt und gemeinsam mit ihm besprochen. Im letzten Schritt wird für jeden Betrieb ein individueller Maßnahmenplan für eine nachhaltige Anpassung an den Klimawandel erarbeitet.

Häufigkeit	Wert für Exposure							
>50%	6	6	12	18	24	30	36	
41-50%	5	5	10	15	20	25	30	
31-40%	4	4	8	12	16	20	24	
21-30%	3	3	6	9	12	15	18	
11-20%	2	2	4	6	8	10	12	
<10%	1	1	2	3	4	5	6	
		1	2	3	4	5	6	Wert für Impact
		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50%	% Ertragsreduktion

ABB. 05. AgriAdapt Klimarisiko-Matrix. Quelle: AgriAdapt.

Grundlage für die Bewertung sind die Erträge der letzten 10 - 15 Jahre, die entweder vom Betrieb zur Verfügung gestellt werden können oder ansonsten vom Statistischen Landesamt für den entsprechenden Landkreis herangezogen werden. Diese Ertragsdaten werden mit den klimatischen Aufzeichnungen der letzten 10 - 15 Jahre in Verbindung gebracht – welches waren die Jahre mit den niedrigsten Erträgen, wie häufig kamen diese Jahre vor?

Das im Projekt entwickelte **ACZ-Tool (AgroClimaticZone Tool)** bringt diese Daten zusammen und kann mit diesen Daten mehr als 65 agroklimatische Indikatoren (ACI) für die Vergangenheit und die nahe Zukunft darstellen (z.B. Niederschlagsmenge im Juli/August, Anzahl der heißen Tage >25°C im Mai/Juni).

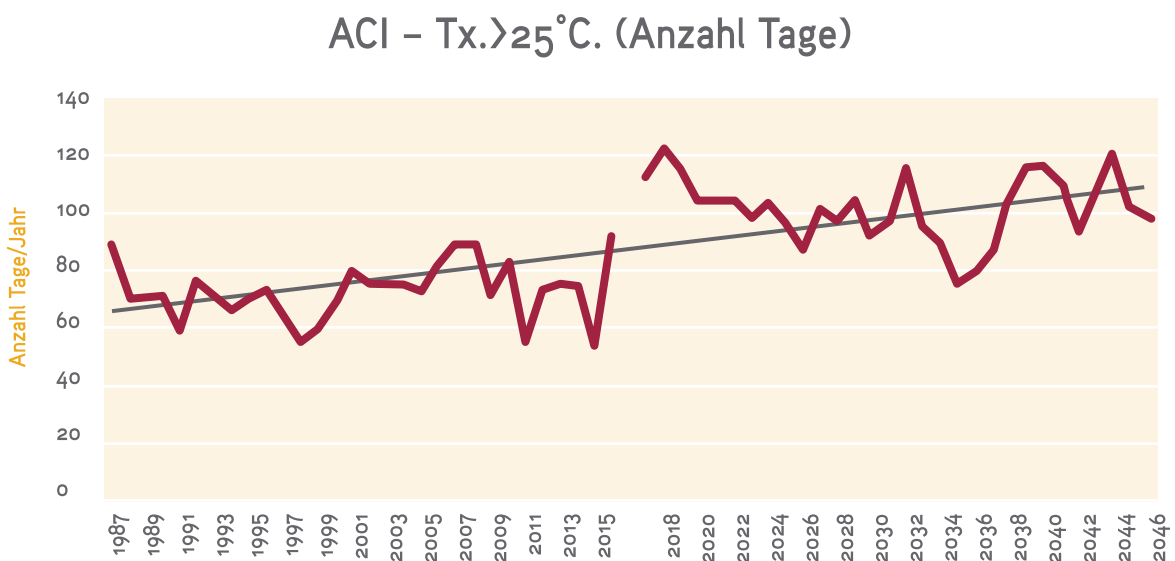


ABB. 06. Beispiel einer Projektion, die in einem 25x25 km Raster mit dem ACZ-Tool berechnet wurde. Quelle: AgriAdapt.

Die meteorologischen Daten für den Klimawandel-Check beruhen auf Klimaaufzeichnungen und Klimaprojektionen von dem Datenportal Agri4Cast der Europäischen Kommission (JRC) und sind flächendeckend auf einem 25 X 25 km Raster für ganz Europa verfügbar. Die Daten sind seit 1975 bis zum letzten abgeschlossenen Kalenderjahr verfügbar. Für die Vergangenheit sind 12 meteorologische Variablen verfügbar. Diese 12 Variablen können kombiniert werden, um neue Indikatoren wie z.B. für Hitzewellen und extreme Niederschläge zu generieren. Für die Projektionen der nahen Zukunft (kommenden 30 Jahre) steht das SRES Szenario A1B und drei Klimamodelle mit Projektionsdaten zur Verfügung, sowie modellierte Daten der Vergangenheit (letzten 30 Jahre) mit neun meteorologischen Variablen.

Dieser erste Ansatz umfasst nur die Bewertung auf Ebene der einzelnen Raster. Bei den ersten Betriebsbesuchen wurden die für den Klimawandel-Check notwendigen betriebsbezogenen Daten wie z.B. Flächenausstattung, Kulturen, Tierbestand, Wetterereignisse und deren Auswirkungen mit Hilfe eines Fragebogens aufgenommen. Mit diesen Informationen und den Informationen, die sich aus dem ACZ-Tool ergeben, liefert ein weiteres Instrument, das **Farm Vulnerability Tool**, die aktuelle

Bewertung der Anfälligkeit des Betriebes. Diese wird anhand der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines bestimmten klimatischen Stresses und anhand des Ausmaßes der Auswirkungen auf die Hauptkulturen berechnet. Mit Hilfe der Projektionen wird schließlich die betriebliche Anfälligkeit für die nahe Zukunft bewertet. Dieser Schritt hilft, einen Unterschied zwischen zwei Betrieben mit der gleichen Kultur und im gleichen Raster (Gebiet von 25x25 km) zu machen um besser zu verstehen, wie eine andere Betriebsführung das Risiko erhöhen oder verringern kann. Beide Tools bilden zusammen den so genannten **Klimawandel-Check** (Abb. 7).

Diese Tools sind auch über eine vereinfachte Online-Version verfügbar, die Landwirt*innen einen Einblick zum Thema Klimawandel und verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten geben soll.

Das Besondere an diesem Klimawandel-Check ist, dass dieser es ermöglicht, Betriebe mit den unterschiedlichsten Bewirtschaftungspraktiken in ganz Europa zu analysieren. Dies bietet einen sehr praktischen Ansatz. Die Bewertung ermöglicht es, Anpassungsmaßnahmen vorzuschlagen, die dem Betrieb am besten entsprechen.





03 Klimawandel-Check auf Betriebsebene

Um die entwickelte Methodik auf Betriebsebene zu testen, arbeitete AgriAdapt mit 126 Landwirt*innen in ganz Europa zusammen. Drei Jahre lang wurde diese Methodik getestet und die Pilotbetriebe damit bei der Umsetzung von nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen auf Betriebsebene unterstützt. Die Ergebnisse aus den einzelbetrieblichen Klimawandel-Checks sind in individuelle Maßnahmenpläne eingeflossen, mit kurz- und langfristigen Maßnahmen zur erfolgreichen Anpassung an den Klimawandel. Während eines Zeitraums von drei Jahren wurde der Fortschritt und die Reduzierung der Anfälligkeit individuell mit Hilfe der Tools bewertet.

Die 126 Pilotbetriebe sind auf die vier wichtigsten europäischen Klimarisiko-Regionen verteilt: Spanien (Südliche Region), Frankreich (Atlantische Region), Deutschland (Kontinentale Region) und Estland

(Nördliche Region) und decken acht verschiedene Anbausysteme ab. Die meisten Pilotbetriebe, insgesamt 57, waren Ackerbaubetriebe. 30 der Pilotbetriebe waren Milchviehbetriebe, 10 Weinbaubetriebe, 8 Obstbaubetriebe, 8 Rindermastbetriebe, 6 Tomatenverarbeitungsbetriebe, 4 Schweinemastbetriebe und 3 Schafbetriebe. Insgesamt nahmen 97 konventionelle und 29 ökologisch wirtschaftende Betriebe am Projekt teil, wobei die Zahl der Biobetriebe in jedem Land bei rund 30% liegt.

Die 30 Pilotbetriebe, die von der Bodensee-Stiftung betreut wurden, liegen in zwei unterschiedlichen Klimaregionen der kontinentalen Klimarisiko-Region: der Bodensee-Region und deren Hinterland sowie der trockeneren und wärmeren Region Heilbronn/Rheingraben.

Die Größe der Pilotbetriebe und das Management der Betriebe sind sehr unterschiedlich, da die Pilotbetriebe so heterogen wie möglich gewählt wurden, um die Unterschiede innerhalb der einzelnen Klimazonen abzubilden.



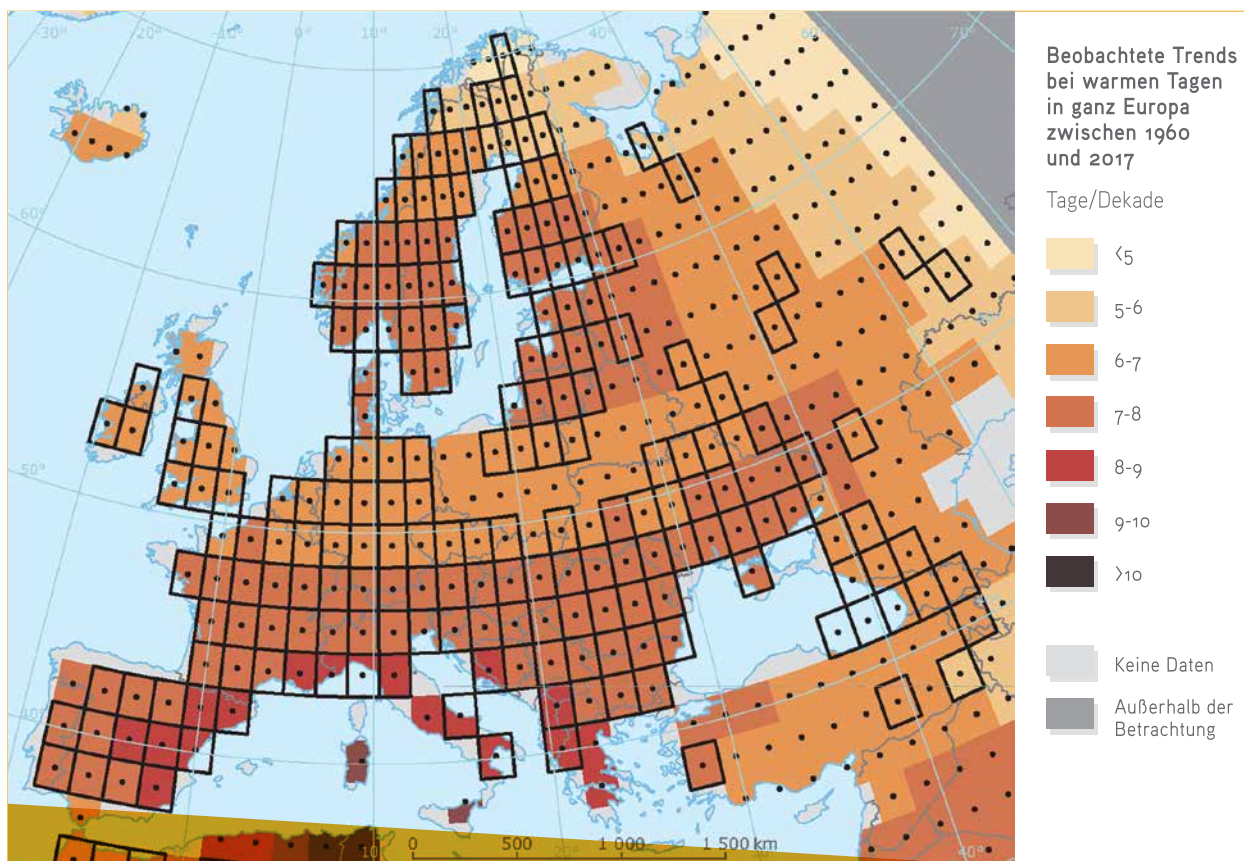


ABB. 09, Trend der warmen Tage, die in Europa zwischen 1960 und 2017 beobachtet wurden. Quelle: EEA 2016.

3.1. KLIMATISCHE BEOBACHTUNGEN

Laut dem IPCC-Bericht von 2014 konnten in den letzten Jahrzehnten die Auswirkungen des Klimawandels in Europa deutlich wahrgenommen werden. So lag beispielsweise die durchschnittliche Jahrestemperatur über der europäischen Landfläche im Zeitraum 2006-2015 **etwa 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau**. Im Dezember erklärte die Weltorganisation für Meteorologie (WMO), dass im letzten Jahrzehnt (2010 - 2019) mit großer Wahrscheinlichkeit die Durchschnittstemperatur höher lag als in jedem anderen Jahrzehnt seit Beginn der Wetteraufzeichnung. Nach deren Aussagen nehmen die letzten fünf Jahre die Plätze 1 bis 5 der wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen ein.

Extreme mit hohen Temperaturen (heiße Tage, tropische Nächte und Hitzewellen) sind seit 1950 häufiger geworden, während **Extreme mit niedrigen Temperaturen** (Kälteperioden, Frosttage) seltener geworden sind (IPCC, 2014). Darüber hinaus hat sich die durchschnittliche **Dauer der sommerlichen Hitzewellen** über Westeuropa verdoppelt, und die **Häufigkeit der heißen Tage** hat sich seit 1880 **fast verdreifacht**. Bei der **Anzahl der warmen Tage** (diejenigen, die die

90-Prozentschwelle des Basiszeitraums 1971-2000 überschreiten) haben sich diese seit 1960 im gesamten europäischen Landbereich **fast verdoppelt** (EEA, 2016).

Seit 1950 hat die **jährliche Niederschlagsmenge in Nordeuropa zugenommen** (bis zu 70 mm pro Jahrzehnt) und in **Teilen Südeuropas abgenommen** (bis zu 70 mm pro Jahrzehnt). Die saisonalen Niederschlagstrends zeigen **einen Anstieg der Winterniederschläge in Nordeuropa** und einen **Rückgang in Südeuropa**, wenn auch mit großen interjährlichen Schwankungen (EEA, 2012).

3.1.1. Wetterereignisse auf Betriebsebene

Durch einen Vergleich der Erträge der jüngsten Vergangenheit mit Wetterdaten desselben Zeitraums wurde festgestellt, dass die wichtigsten Wetterereignisse, die die Erträge in allen Klimazonen beeinflussen, vor allem Hagel, hohe Temperaturen und Dürren sind. Hagel ist vor allem für Dauerkulturbetriebe problematisch. Hohe Temperaturen und Dürren sind ein Problem für alle Pilotbetriebe, insbesondere in den südlichen und atlantischen Regionen. Diese treten aber auch in den kontinentalen und nördlichen Regionen immer häufiger auf. Estland ist das Land mit der geringsten Häufigkeit von Dürren (27%). Diese Wetterereignisse, ihre Regelmäßigkeit und Auswirkungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

WETTEREREIGNIS	SÜD	ATLANTIK	KONTINENTAL	NORD
HAGEL 	<ul style="list-style-type: none"> • REGELMÄSSIG BETROFFEN: 75% der Getreidebetriebe • AUSWIRKUNGEN: 5-50% Ertragsreduktion 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 80% der Betriebe • REGELMÄSSIG BETROFFEN: 25% der Betriebe • AUSWIRKUNGEN: 5-100% Ertragsreduktion 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 60% der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: 10-80% Ertragsreduktion 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Gering bis mittel • AUSWIRKUNGEN: 2-60% Ertragsreduktion
STARK-/ SPÄTFROST 	<ul style="list-style-type: none"> • REGELMÄSSIG BETROFFEN: 75% der Getreidebetriebe • AUSWIRKUNGEN: 30-70% Ertragsreduktion 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 93% der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: Signifikant 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 23 % der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: Hoch in Dauerkulturen 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: 5-100% Ertragsreduktion
DÜRRE 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Zunehmend • AUSWIRKUNGEN: 20-100% Ertragsreduktion (begrenzender Klimafaktor für Dauerkulturen und Weiden) 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 60% der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Zunehmend • AUSWIRKUNGEN: Potenziell signifikant 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 50% der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Mittel 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: 5-35% Ertragsreduktion
HOHE TEMPERATUREN 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Hoch • AUSWIRKUNGEN: Signifikant für Tierhaltung, Dauerkulturen und Tomaten 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 78% der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Steigend • AUSWIRKUNGEN: Punktuell 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: 100% der Betriebe • HÄUFIGKEIT: Mittel 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: 10-30% Ertragsreduktion
STÜRME UND STARKE NIEDERSCHLÄGE 	<ul style="list-style-type: none"> • AUSWIRKUNGEN: 5-30% Ertragsreduktion bei Ackerkulturen 	<ul style="list-style-type: none"> • AUSWIRKUNGEN: Nordfrankreich, 50% Ertragsreduktion im Jahr 2016. Südfrankreich, Dürreauswirkungen durch Wind verstärkt 	<ul style="list-style-type: none"> • BETROFFEN: Insbesondere Mais- und Getreidebetriebe 	<ul style="list-style-type: none"> • HÄUFIGKEIT: Gering • AUSWIRKUNGEN: Gering

Tabelle 1: Häufigkeit und Auswirkungen ausgewählter Wetterereignisse auf Pilotbetrieben in den Klimarisiko-Regionen Süd, Atlantik, Kontinental und Nord.

3.1.2. Agroklimatische Indikatoren (ACIs)

Für die wichtigsten oben genannten Wetterereignisse, die sich auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken, wurden messbare **agroklimatische Indikatoren** für jede Nutzpflanze und Region identifiziert. Ausgewählt wurden diese Indikatoren u.a. anhand der sensiblen Phasen der einzelnen Kulturpflanzen. Während dieser Phasen reagieren die Pflanzen besonders empfindlich auf die entsprechenden Indikatoren (z.B. $>25/30^{\circ}\text{C}$ während der Blüte/Kornbildung).

Diese Indikatoren sind die messbaren Faktoren hinter den unterdurchschnittlichen Erträgen der letzten 15 Jahre und werden vor allem die messbaren Faktoren hinter den unterdurchschnittlichen Erträgen in naher Zukunft sein. Über 65 agroklimatische Indikatoren wurden im Rahmen dieses Projekts erstellt. Ein praktisches Beispiel dafür, wie sie sich auf unsere Kulturen auswirken könnten, finden Sie im Folgenden:

"Es ist Herbst ..."

... und das Getreide wurde gesät. Alles ist wie geplant verlaufen. Gut bearbeiteter Boden, richtig ausgebrachter Mist, erstklassiges, zertifiziertes Saatgut... Es scheint, dass dieses Jahr ein gutes Jahr werden wird. Aber dieser Herbst ist besonders regnerisch, und nach einem Monat des Wartens ist das Wachstum der jungen Getreidepflanzen nicht so gut, wie es zu wünschen wäre... Was ist der Grund? Nach der Aussaat ist übermäßig viel Niederschlag gefallen, was die Entwicklung von Getreide negativ beeinflussen kann.

Die bestockten Getreidepflanzen wuchsen weiter, der Ausfall durch die vielen Niederschläge nach der Aussaat war zum Glück geringer wie es anfangs erschien. Doch das Wachstum der Pflanzen verläuft nicht optimal... Sie scheinen niedriger zu sein als gewöhnlich und die Ähren sind weniger ausgebildet. Dies ist bereits das zweite Mal, dass das Getreide in dieser Vegetationszeit unter den Auswirkungen eines extremen agroklimatischen Indikators leidet. In diesem Fall lag die klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus potentielle

Evapotranspiration) von März bis Juni bei -300 mm, was sich hemmend auf das Wachstum und die Entwicklung des Getreides auswirkte.

Die Ähren sind bereits gebildet und in der Kornfüllungsphase ist der Wasserbedarf geringer als während der Blüte. Das Korn befindet sich in der Reifephase und es werden ein paar Ähren untersucht, um die Qualität des Weizens zu überprüfen. Jedoch - einige der Körner wirken verrunzelt und ihre Größe ist nicht optimal. Es stellt sich heraus, dass zum dritten Mal in dieser Vegetationszeit ein weiterer agroklimatischer Indikator die Ernte beeinflusst hat. Der Frühling war warm, die maximale Temperatur lag bei $> 25^{\circ}\text{C}$ (bzw. 30°C , wenn man in Südeuropa ist) an mehr als 20 Tagen zwischen Mai und Juni. Zusammen mit geringeren Niederschlägen verursachte dies eine frühere Abreife des Getreides."

Dies sind nur drei Beispiele für agroklimatische Indikatoren, die Einfluss auf die Quantität und Qualität der Ernte haben können. In Kapitel 4 "Fallstudien und nachhaltige Anpassungsmaßnahmen" werden weitere agroklimatische Indikatoren beschrieben, die für andere Kulturpflanzen und Bedingungen relevant sind. Ein großer Vorteil des im Projekt entwickelten Tools ist, dass die agroklimatischen Indikatoren nicht nur auf die Nutzpflanze, sondern auch auf die verwendeten Sorten und das geografische Gebiet abgestimmt werden können. Agroklimatische Indikatoren können beispielsweise bei allen Weizenarten angewendet werden, aber die Feinkalibrierung der Indikatoren (z.B. hinsichtlich der benötigten Niederschlagsmenge) kann sich von Betrieb zu Betrieb bzw. von Sorte zu Sorte ändern.



ABB. 10. Wassermangel im Weizen, sehr kleine Ähren. Quelle: FGN.

3.2. KLIMAPROJEKTIONEN

Nachdem die Klimabeobachtungen der letzten 30 Jahre gesammelt und über 65 agroklimate Indikatoren erfolgreich identifiziert wurden, die die Kulturen in der jüngsten Vergangenheit (recent past - RP) betreffen, sollen nun deren Entwicklung in der nahen Zukunft (near future - NF), d.h. in den kommenden 30 Jahren betrachtet werden.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft in den verschiedenen Klimazonen zu veranschaulichen, haben die Projektpartner europaweit repräsentative Standorte für die verschiedenen Klimaregionen ausgewählt. Die Daten für die Klimabeobachtungen und -projektionen wurden von der Plattform Agri4Cast übernommen. Dabei wurde das SRES-Szenario A1B für die Projektionen verwendet. Diese Daten dienen als Grundlage für die Klimarisikobewertung auf den Pilotbetrieben.

Für die Bewertung wurde nur ein einziges Klimamodell verwendet, um den am Pilotprojekt teilnehmenden Landwirt*innen die Auswirkungen des Klimawandels vereinfacht darzustellen. Es ist unbestritten, dass dies lediglich ein Beispiel für die Klimaprojektionen sein kann und dass die Verwendung nur eines Klimamodells seine Grenzen hat. Das verwendete Modell ist das wärmste und trockenste der auf Agri4Cast verfügbaren Modelle.

In diesem Kapitel werden einige ausgewählte relevante agroklimate Indikatoren beschrieben, um ihre Entwicklung von der jüngsten Vergangenheit (RP, 1987-2016) bis in die nahe Zukunft (NF, 2017-2046) zu veranschaulichen.

Der erste Indikator betrifft Getreide und wird als **die Anzahl der Tage mit Temperaturen über 25 °C zwischen dem 15. April und dem 15. Juli** gemessen. Mit einem Anstieg der Tage über 25 °C (30 °C in den südlichen Regionen), steigt die Anfälligkeit von Getreide in den nördlichen und gemäßigten Regionen.

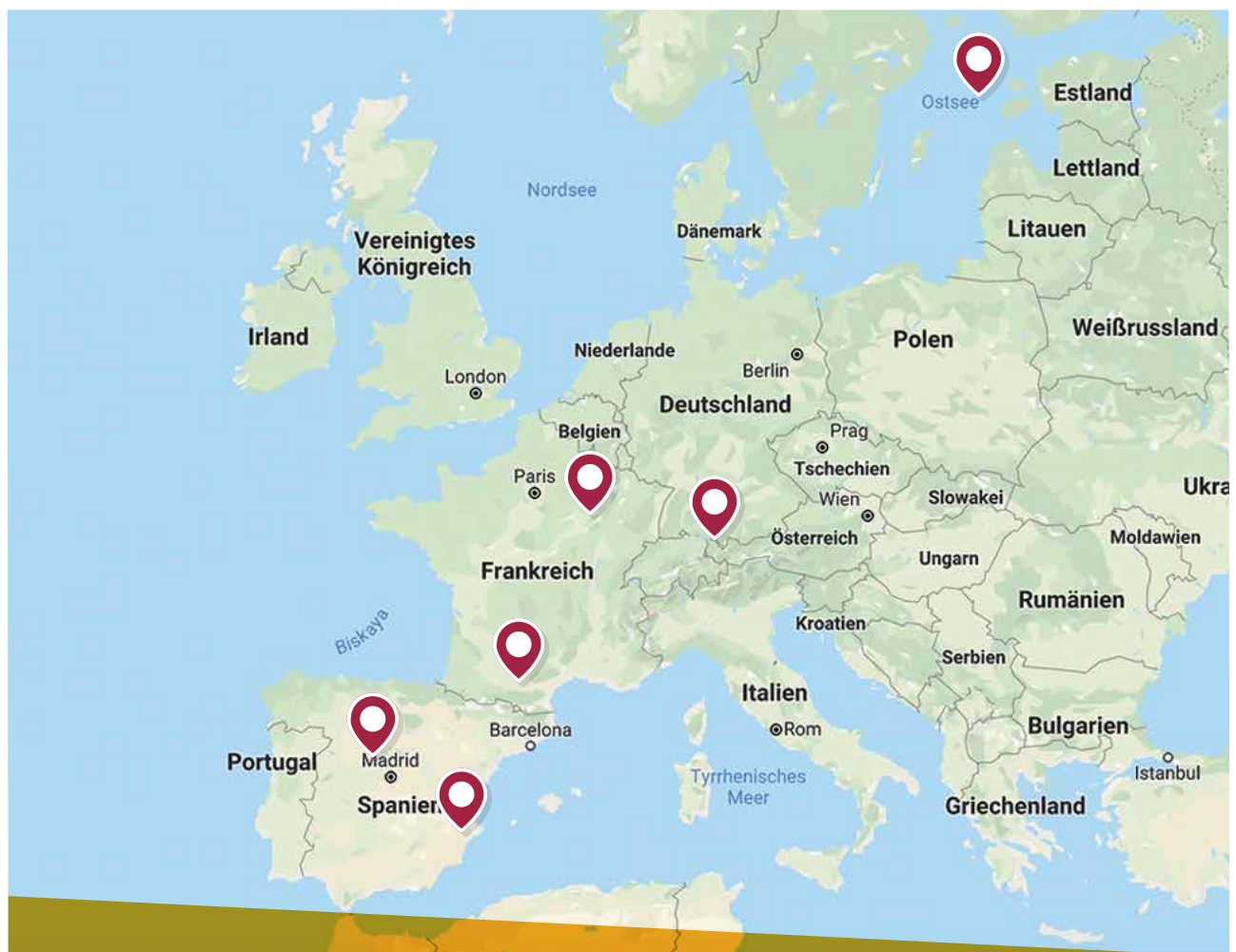


ABB. 11. Transekt von Süd- nach Nordeuropa (rote Pins) zur Veranschaulichung der Klimabeobachtungen und -projektionen in den vier verschiedenen Klimazonen. Quelle: AgriAdapt.

ACI Hitzestress für Getreide

(Tx > 25°C 15.04. bis 15.07.)

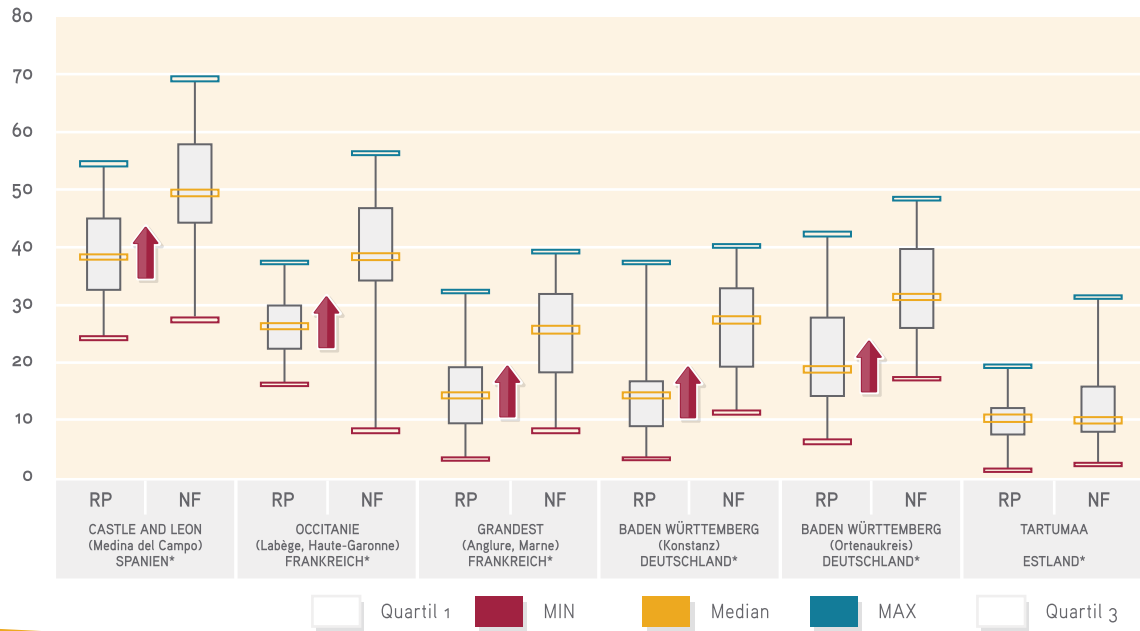


ABB. 12. Entwicklung der Tage > 25 °C im Zeitraum 15.04. - 15.07. von der jüngsten Vergangenheit (RP) bis zur nahen Zukunft (NF). Relevanter Indikator für Getreide. Quelle: Agri4Cast.

ACI Klimatische Wasserbilanz (Mai - August)

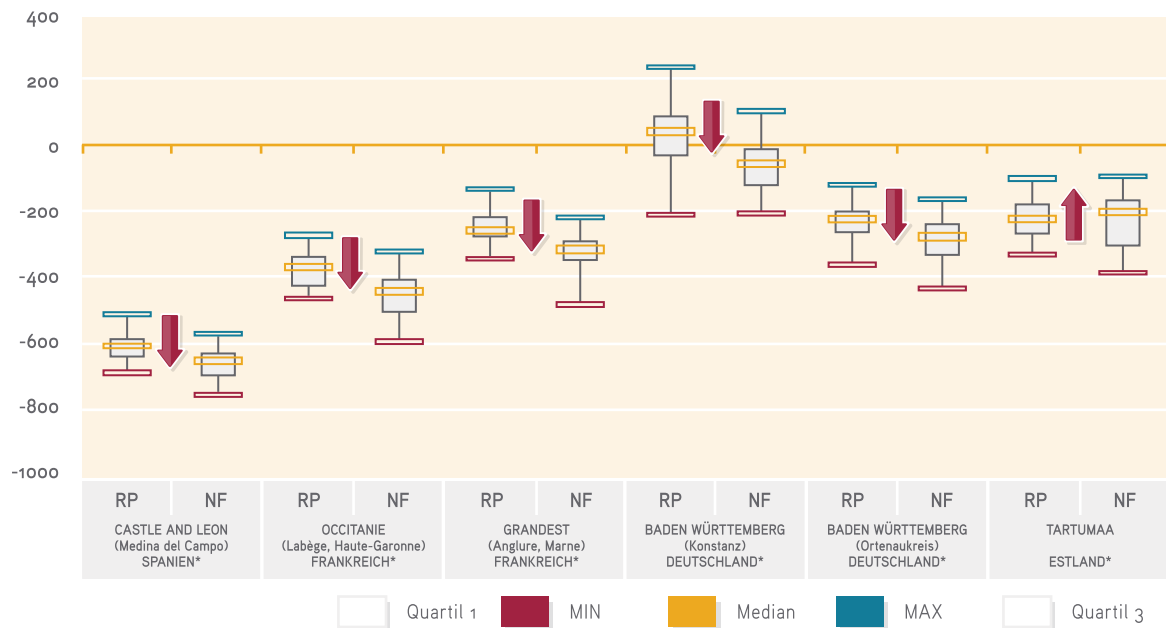


ABB. 13. Entwicklung der durchschnittlichen klimatischen Wasserbilanz von Mai bis August von der jüngsten Vergangenheit (RP) bis in die nahe Zukunft (NF). Relevanter Indikator für Getreide. Quelle: Agri4Cast.

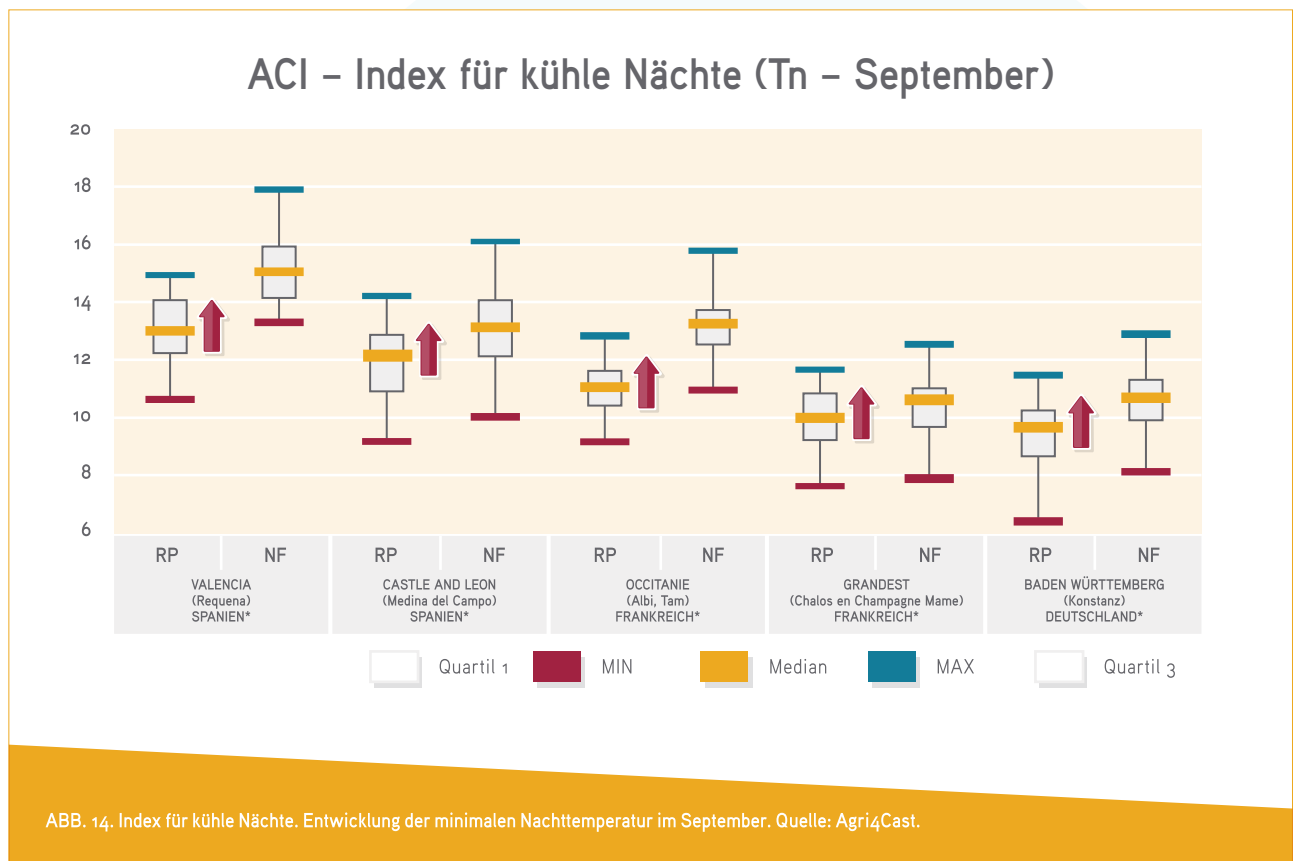
Temperaturen über 25 °C bzw. 30°C während der Blüte- oder Kornfüllungsphase von Getreide können zu niedrigeren Erträgen führen, da, besonders in Kombination mit Trockenheit, die effektive Kornfüllung oberhalb dieser Temperatur eingestellt wird und das Getreide die Notreife einleitet. Nach dem verwendeten Modell wird diese Temperatur in allen Regionen um rund 10 Tage häufiger überschritten werden, mit Ausnahme der Region Tartumaa (Estland) (siehe Abb. 12).

Bei der Wasserproblematik im Zusammenhang mit Getreide (siehe Abb. 13) wird die **durchschnittliche jährliche klimatische Wasserbilanz im Zeitraum Mai bis August** in allen Regionen (außer in der Region Tartumaa) deutlich sinken, was ebenfalls zu niedrigeren Erträgen führen kann. Die Wasserbilanz berechnet sich aus der projizierten Niederschlagsmenge (P = precipitation) abzüglich der potentiellen Evapotranspiration (EVP = evapotranspiration).

Bei Dauerkulturen, insbesondere beim Weinanbau, ist der **Cool Night Index** (Index für kühle Nächte) ein wichtiger Faktor bei der Reifung der Trauben. Um einen guten Qualitätswein zu erzeugen, müssen gewisse minimale Nachttemperaturen erreicht werden.

Wie in Abb. 14 zu sehen ist, die die Entwicklung der minimalen Nachttemperatur im September zeigt, zeigt sich ein Anstieg der Nachttemperatur in allen Regionen, insbesondere in Südspanien und Frankreich (Region Valencia und Okzitanien). Dies kann dazu führen, dass (neue) Sorten angebaut werden, die den veränderten Bedingungen besser entsprechen, so dass die Qualität des Weins nicht beeinträchtigt wird.

In Tierhaltungsbetrieben ist der **Temperatur-Feuchtigkeitsindex (THI – Temperature Humidity Index)**, der das Risiko von Hitzestress bewertet, ein relevanter Indikator für Rinder (sowohl Milchkühe als auch Fleischrinder). Für die Pilotbetriebe wurde die Anzahl der Tage mit einem Stressfaktor von 72-79 (mäßiger Stress) berechnet. Abb. 15 zeigt die Entwicklung der verschiedenen Belastungsgrenzwerte. Die Anzahl der Tage mit mäßigem Stress wird in allen Regionen steigen, vor allem aber in Spanien und Südfrankreich. Das stellt dahingehend ein Problem dar, da eine mäßige Belastung bereits die Atmung und Herzfrequenz der Kühe erhöht, was wiederum zu einer leichten Verringerung der Milchproduktion und Fruchtbarkeit sowie zu einer geringeren Futteraufnahme führen kann.



Tage/Jahr mit Hitzestress

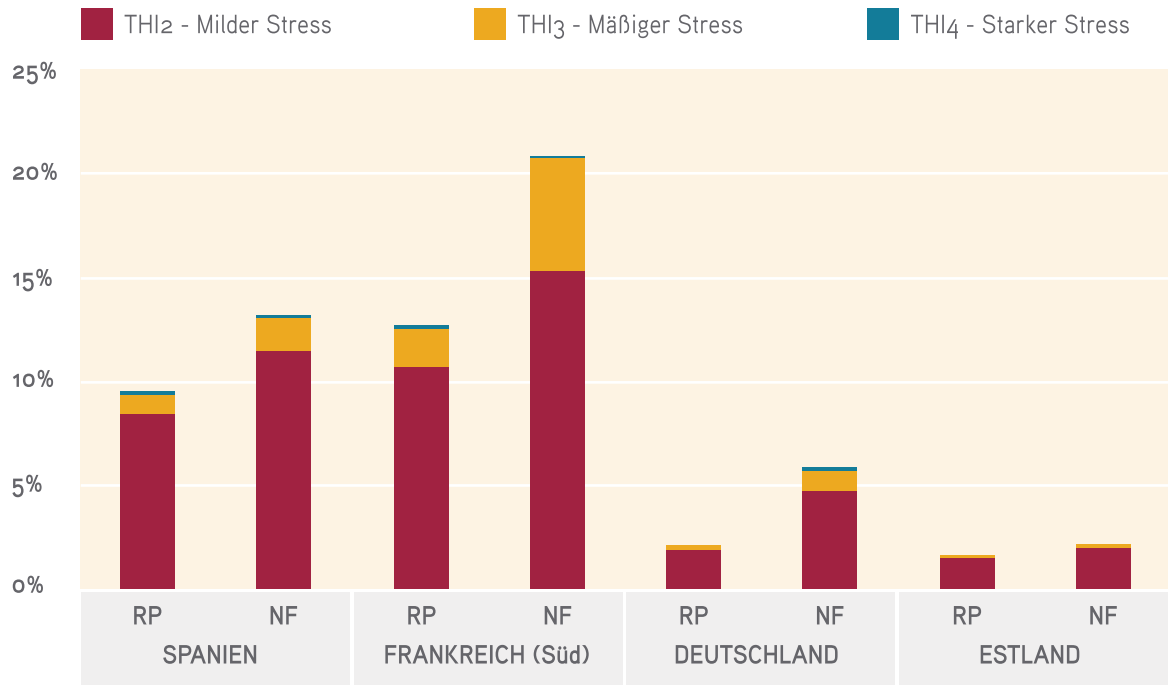


ABB. 15. Prozentsatz der Tage mit unterschiedlichen Belastungsgrenzwerten für Rinder. Leichter bis milder Stress 69-71, mäßiger Stress 72-79, starker Stress 80-89. Quelle: Agri4Cast.

3.3. PILOTBETRIEBE SWOT-ANALYSE

Um zu den passenden nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen für die Betriebe zu kommen, ist es hilfreich, eine sogenannte SWOT-Analyse durchzuführen. Es ist eine gebräuchliche Methode um herauszufinden, wo die **Stärken** und **Schwächen** des **Betriebes** liegen, welche **Chancen**

man nutzen könnte und welchen **Risiken** man sich gegenüber sieht. Aus den entstandenen Analysen wurde für jede Region eine **SWOT-Analyse** zusammengefasst. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für jede an diesem Projekt beteiligte Region dargestellt.

REGION	STÄRKEN	SCHWÄCHEN
SÜD	<ul style="list-style-type: none"> • Landwirtschaftliche Versicherungen • Gut angepasste Sorten • Anbausysteme mit verschiedenen Kulturen, extensive Agroforstsysteme 	<ul style="list-style-type: none"> • Zunehmende Abhängigkeit von Monokulturen • Unzureichende Bewirtschaftung von Grünland
ATLANTIK	<ul style="list-style-type: none"> • Diversifizierte Anbausysteme • Gutes Futtermanagement • Bewässerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Anbau von nicht angepassten Kulturen und/oder geringe genetische Vielfalt • Einschränkungen bei der Bewässerung • Unzureichender Wärmekomfort für Tiere
KONTINENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von Zwischenfrüchten vor Sommerungen • Mehrere Einkommensstandbeine • Hohe Futterautonomie der Milchviehbetriebe 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Anteil einer bestimmten Kulturpflanze • Pflug als Haupt-Bodenbewirtschaftungsart • Nur drei Fruchtfolgeglieder (insbesondere Milchviehbetriebe)
NORD	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Kulturpflanzenvielfalt und geeignete Böden für Dauerkulturen • Vielfalt der angebauten Sorten • Hohe Futterautonomie 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Bewässerung bei Dauerkulturen • Geringe Verfügbarkeit geeigneter Brachflächen für Ackerbaubetriebe • Schlechte Bodenentwässerung in Tierhaltungsbetrieben
REGION	CHANCEN	RISIKEN
SÜD	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Produktivität in temperaturbegrenzten Bereichen bei ausreichendem Wasservorkommen • Erhöhte Weideproduktion im Herbst/Winter durch Temperaturerhöhung • Möglichkeit für neue Kulturen durch wärmere Winter 	<ul style="list-style-type: none"> • Zunahme der Hitzewellen im Frühjahr und Sommer: Zunahme der Ertragsschwankungen und Hitzestress für Tiere • Weniger Niederschläge im Winter/Frühling • Vermehrter Wassermangel im Frühjahr und Sommer
ATLANTIK	<ul style="list-style-type: none"> • Bessere klimatische Bedingungen im Herbst • Deutlicher Rückgang der Anzahl der Frosttage/Jahr • Möglichkeit für neue Kulturen durch die Erhöhung der Wachstumsgrad-Tage 	<ul style="list-style-type: none"> • Anstieg der Ertragsschwankungen aufgrund von klimatischem Stress im Mai/Juni • Vermehrter Wassermangel im Frühjahr und Sommer • Erhöhung des Hitzestresses für Tiere
KONTINENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeit für neue Kulturen oder Sorten • Längere Vegetationszeit positiv für Grünland- und Knollenkulturen • Reduktion von feuchtigkeitsliebenden Krankheitserregern 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Ertragsschwankungen • Erhöhung des Hitzestresses bei Milchkühen • Risiko von mehr und neuen Schädlingen/ Krankheiten/Unkräutern durch höhere Temperaturen und längere Vegetationszeit
NORD	<ul style="list-style-type: none"> • Längere Wachstumsperiode, potentielle Steigerung von Ertrag und Qualität • Vielfalt der Kulturen und Sorten steigt an • Der Energiebedarf für die Beheizung von Stallungen geht zurück 	<ul style="list-style-type: none"> • Mehr klimatische Extreme erwartet, höheres Risiko für Dauerkulturen • Steigendes Risiko für neue Schädlinge und Krankheiten • Geringere Leistung der Tiere aufgrund von Hitzestress, insbesondere im Freien

Tabelle 2: SWOT-Analyse für die vier wichtigsten EU-Klimarisiko-Regionen.



04 Fallstudien und nachhaltige Anpassungsmaßnahmen

Fallstudien zu Pilotbetrieben in Spanien, Frankreich, Deutschland und Estland sollen veranschaulichen, mit welchen klimatischen Fragen sich die Pilotbetriebe auseinandersetzen und welche nachhaltigen

Anpassungsmaßnahmen (SAM – Sustainable Adaptation Measures) sie umsetzen, um diesen Fragen zu begegnen. Dazu wurden repräsentative Pilotbetriebe in den untersuchten Betriebstypen ausgewählt.



Nachhaltige Anpassungsmaßnahmen (SAM)

In diesem Handbuch zeigen Texte mit diesem Symbol für nachhaltige Anpassungsmaßnahmen, wie Landwirt*innen in Europa Anpassungsstrategien in die Praxis umsetzen.

4.1. ACKERBAU: GETREIDE, LEGUMINOSEN, FUTTERKULTUREN, ÖLSAATEN, GEMÜSE

Im Gegensatz zu anderen Anbausystemen sind Ackerflächen sehr dynamisch und ihre Beschaffenheit erlaubt es, die Landschaft mit einer Vielfalt von Kulturen zu bereichern. Auf den Ackerflächen gedeihen Getreide, Leguminosen, Futterkulturen und Ölsaaten, aber auch Gemüse wie Tomaten, Zuckerrüben oder Kartoffeln.

4.1.1. Diversifizierung des Nutzpflanzenanbaus und verbessertes Bodenmanagement in Melque de Cercos · SPANIEN

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: sechszeilige Gerste, Hartweizen, Roggen, Futterwicke und Sonnenblume.



Der erste Betrieb liegt in der Mitte Spaniens in Melque de Cercos, einem Dorf in der Provinz Segovia, etwas nordwestlich von Madrid. Auf dem Bio-Betrieb mit 110 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) werden folgende Hauptkulturen angebaut: sechszeilige Wintergerste, Futterwicke (*Vicia monantha*), Roggen, Sonnenblumen und Hartweizen. Zusätzlich sind jedes Jahr 5% der LN brachliegend. Der Betrieb hat hellen sandigen Lehmboden und keine bewässerten Flächen. Seitdem der Boden mit dem Tiefengrubber bearbeitet wird, besteht eine geringe Erosionsgefahr. Die Anbauflächen sind klein und einige stehen in Kontakt mit semi-arider Vegetation.

Die wichtigsten Herausforderungen des Klimawandels in diesem Betrieb sind Dürren, Wüstenbildung, Bodenverschlechterung, extreme Temperaturen (Hitzewellen), häufigere Schädlinge und Krankheiten sowie der Verlust der biologischen Vielfalt aufgrund der immer extremer werdenden Bedingungen.






ABB. 16. Gerstenfeld in Melque de Cercos. Quelle: FGN.

Aus diesen Projektionen lässt sich ableiten, dass nachhaltige Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel dringend erforderlich sind. Ausgehend von dem im Rahmen des Projekts durchgeführten Klimawandel-Checks auf diesem Betrieb wurden eine Reihe von Anpassungsmaßnahmen vorgeschlagen, von denen einige bereits umgesetzt werden.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
01.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP) < -300mm			☀️	☀️	☀️	☀️								↑ 9%
02.	DÜRREPERIODEN > 15 Tage ohne Regen			☀️	☀️	☀️	☀️								↑ 100%
03.	DÜRREPERIODEN > 15 Tage ohne Regen								☀️						↑ 33%
04.	T MAX > 30°C (Anzahl der Tage)				🌡️										↑ 150%
05.	HITZEBELASTUNG > 30 °C					🌡️	🌡️	🌡️	🌡️						↑ 92%

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:

-  ACIs 1 und 4: Austrocknen des Korns. Niedrigere Erträge.
ACI 2: wirkt sich auf das Ährenschieben sowie die Kornentwicklungs- und Kornfüllungsphasen aus. Niedrigere Erträge.
-  ACIs 1 und 4: verlangsamt das Wachstum.
ACI 2: beeinflusst die Wachstumsrate. Niedrigere Erträge.
-  ACI 2: verlangsamt das Wachstum.
ACIs 3 und 5: negative Auswirkungen auf die Dicke der Pflanzenstängel. Niedrigere Erträge.



Eine der ersten Maßnahmen, die ergriffen wurden, war die **Erweiterung der Fruchtfolge**. Der Landwirt hat nun eine fünfgliedrige Fruchtfolge (Hartweizen-Wicken-Gerste/Hafer-Roggen-Sonnenblume). Die Leguminose (Wicke) sorgt für eine bessere Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel durch eine Verbesserung der Nährstoffversorgung des Bodens sowie des Bodengefüges.

Eine weitere Anpassungsmaßnahme war der **Anbau eines Getreide-Leguminosengemenges als Futterpflanze** zur Ertragssteigerung. Die Gemengekulturen haben einen unterschiedlichen Nährstoffbedarf und die Leguminosen wachsen durch das Klettern entlang der Stängel des Getreides besser bzw. deren Standfestigkeit wird dadurch erhöht. Andere Möglichkeiten für ein Gemenge wären z.B. Gerste und Wicke oder Hafer und Alfalfa (Luzerne).

Zur Verringerung des Wasser- und Hitzestresses am Ende des Wachstumszyklus wurden **traditionelle Sorten** verwendet, die gut an das lokale Klima angepasst sind. Zudem führt eine **frühe Aussaat** von Sommerungen dazu, die Bodenfeuchte vom Winter besser auszunutzen. Die **Aussaat von Sommerungen** (z.B. Hafer) im Januar-Februar ermöglicht auch dann eine Getreideernte, wenn der Herbst z.B. zu trocken war und das Auflaufen der gesäten Winterung beeinträchtigt wurde.

Außerdem wurden Maßnahmen zur Bodenbewirtschaftung ergriffen. Man ließ die Stoppeln stehen und setzte mindestens alle zwei Jahre organischen Dünger ein. 80 Schafe (einheimische Rasse) wurden auf Brachflächen geweidet, um diese Flächen weiter zu düngen. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, durch eine verbesserte Bodenstruktur die Widerstandsfähigkeit des Betriebes zu erhöhen. Darüber hinaus wurden Ackerrandstreifen angelegt, um die Bodenerosion zu reduzieren und die Biodiversität zu verbessern (unter anderem Bestäuber und Nutzinsekten). *“In den ersten zwei Jahren gab es einige Unkrautprobleme an den Ackerrandstreifen, aber sie hörten auf, sobald die Vegetation gut etabliert war”*, berichtete der Landwirt.



ABB. 17. Gemenge von Wicke und Gerste, die zusammen geerntet werden. Quelle: FGN.

4.1.2. Mehr Diversifizierung und frühzeitige Aussaat für mehr Widerstandsfähigkeit und Stabilität · SÜDFRANKREICH

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: Mais (bewässert), Sojabohnen, Wintergerste und Winterweichweizen



Im Südwesten Frankreichs bewirtschaftet Herr De Vulpinière einen 80 Hektar großen Familienbetrieb (EARL des Canongesses), der 40 km südlich von Toulouse liegt. In der Vergangenheit konzentrierte sich dieser Betrieb auf Milchvieh und Weinbau. Die Rebflächen wurden jedoch 1976 gerodet, was durch einige GAP-Subventionen gefördert wurde. Es wurde ein Pivot Beregnungssystem für die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (ca. 170 000 m³ Wasser pro Jahr) eingeführt. Der Betrieb spezialisierte sich auf Ackerkulturen und stellte 1982 die gesamte Viehzucht ein, um weniger Arbeitskräfte zu binden.

Im Rahmen ihrer Spezialisierung auf Ackerkulturen baut der Betrieb Mais, Sojabohnen, Wintergerste und Winterweichweizen unter konventionellen Bedingungen an. Die meisten Böden des Betriebs sind empfindlich gegenüber Trockenheit und weisen eine geringe Fruchtbarkeit auf. Seit 10 Jahren wird der Betrieb pfluglos bewirtschaftet. Der Landwirt teilt sich auch ein Stück Land mit seinen Nachbarn, wo grüner Spargel (3 ha) und fünf Sorten Felderdbeeren (0,5 ha) angebaut werden mit dem Ziel, sie regional zu vermarkten.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF		
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)															↑ 22%
02.	DÜRREPERIODEN (Anzahl der Sequenzen von 10 aufeinanderfolgenden Tagen ohne Regen)															↑ 13%
03.	T MAX > 25°C (Anzahl der Tage)															↑ 55%
04.	T MAX > 32°C (Anzahl der Hitzetage)															↑ 240%
05.	ANZAHL DER FROSTTAGE															↓ 50%
06.	SUMME DER TEMPERATUREN (Basis 0 °C)															↑ 9%

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:



ACIs 1, 2 und 3: weniger Biomasse, frühere Reifung, kleinere Korngrößen und geringere Erträge.
ACI 5: geringeres Risiko von Ertragseinbußen aufgrund von Frostschäden.



ACIs 1, 2 und 4: Befruchtung, Kornbildung und Kornfüllungsphase können beeinträchtigt werden. Erhöhung des Bewässerungsbedarfs.
ACI 5 und 6: Eine frühzeitige Aussaat kann mit weniger Risiken durchgeführt werden, da ein Temperaturanstieg während des gesamten Zyklus eine frühere Abreife ermöglicht und somit den klimatischen Stress im Sommer meidet.



ACIs 1, 2 und 4: Befruchtung, Kornbildung in den Hülsen und die Kornfüllungsphase können beeinträchtigt werden. Erhöhung des Bewässerungsbedarfs.
ACI 5 und 6: frühzeitige Aussaat kann mit weniger Risiken durchgeführt werden. Zwei Ernten im Jahr häufiger (Aussaat von Sojabohnen nach einer frühen Ernte von Wintergerste).

Der Sohn von Herrn De Vulpière, Thibault, der den Betrieb übernehmen wird, freut sich über den Klimawandel-Check als nützliches Instrument, um einen guten Start zu ermöglichen!

Die lokalen Klimaprojektionen für den Zeithorizont 2046 (nahe Zukunft) sagen voraus, dass die jährlichen Niederschläge im Schnitt um etwa 8% zurückgehen werden – vor allem im Sommer (-18%) – während sie im Zeitraum von Oktober bis Dezember zunehmen werden (+13%). Die durchschnittliche Jahrestemperatur wird steigen (ca. +0,3 °C pro Jahrzehnt), die Anzahl der Hitzewellen wird sich verdoppeln (ca. 4 Sequenzen pro Jahr im Durchschnitt) und der Wassermangel wird insbesondere im Frühjahr und Sommer zunehmen (+25%). Die Zahl der Frosttage wird dagegen sinken und mit durchschnittlich nur 11 Tagen pro Jahr sehr niedrig sein. Die wichtigsten agroklimatischen Indikatoren, die sich auf die Ernteerträge auswirken, sind vor allem Dürre und extreme Temperaturen.



ABB. 18. Ernte von Erdbeeren. Quelle: Solagro.



Angesichts der Größe der landwirtschaftlich genutzten Fläche (80 ha) und der Bedeutung von bewässertem Mais auf Betriebsebene (50%) besteht eine der wichtigsten Anpassungsmaßnahmen darin, die **Zahl der Hauptkulturen innerhalb des Betriebs zu erhöhen** (ein oder zwei zusätzliche Nutzpflanzen). Auch eine **Erhöhung der Anzahl der Sorten, die als Hauptkulturen** angebaut werden (unter Berücksichtigung der wichtigsten klimatischen Risiken: Hitze- und Wasserstress), ist anzustreben. Mehr Vielfalt führt zu **mehr Widerstandsfähigkeit und Ertragsstabilität**.



ABB. 19. Frühe Maissorte. Quelle: Solagro.

Aufgrund der geringeren Spätfrostgefahr wird im März (innerhalb der ersten 10 Tage des Monats) **eine frühe Aussaat** von Mais und Soja durchgeführt. Diese Maßnahme ermöglicht es den Kulturen, ihren Wachstumszyklus früher zu beginnen und damit den klimatischen Problemen der letzten Sommermonate weitgehend zu entkommen: hoher Wassermangel, hohe Temperaturen und Dürren. Ergänzend zu dieser Anpassungsmaßnahme baut der Landwirt nun **frühreifende Maissorten** an, so dass die durch die klimatischen Bedingungen im Sommer verursachten Belastungen reduziert werden.

Wasser sparen hilft, die direkten Kosten zu senken und in naher Zukunft dem Wassermangel entgegenzutreten. Entscheidungsunterstützende Instrumente wie z.B. **tensiometrische Sonden** helfen Herrn De Vulpinière, eine bessere Wasserbewirtschaftung zu erreichen, bei der die Bewässerung nur dann durchgeführt wird, wenn die Kulturen sie eindeutig benötigen. Ein nächster Schritt wäre, einen Teil der bewässerten Maisfläche durch Kulturen mit geringerem Wasserbedarf zu ersetzen (z.B. Kichererbsen), um die Wasserabhängigkeit des Betriebes weiter zu verringern.

Als weitere Maßnahme pflanzt der Landwirt in den windigsten Gebieten Hecken, um die Kulturpflanzen besser vor Kälte, Hitze, Verdunstung und starken Winden zu schützen. Ein weiterer Vorteil der Heckenpflanzen ist, dass sie die Biodiversität erhöhen und Lebensraum für Nützlinge zur biologischen Kontrolle bieten und Bestäuber beherbergen. Dadurch wird ein indirekter Beitrag zur Verbesserung der Erträge und der Gesundheit der Pflanzen geleistet.

4.1.3. Direktsaat, Zwischenfrüchte und weite Fruchtfolgen zur Anpassung an Ackerkulturen · NORDFRANKREICH

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: Winterweichweizen, Wintergerste, Sommergerste, Zuckerrüben, Hanf, Mohn, Linsen und Luzerne.



Im Nordosten Frankreichs besitzt Herr Chambrillon einen 97,5 Hektar großen Betrieb (EARL Arc en Ciel) in der Champagne (einer der besten Böden Frankreichs). Der Betrieb wurde 1996 gegründet und arbeitet mit 8 verschiedenen Kulturen: Winterweichweizen (33 ha), Zuckerrüben (15 ha), Hanf (10 ha), Mohn (9 ha), Sommergerste (9 ha), Linsen (8 ha), Luzerne (7 ha) und Wintergerste (6 ha). Die weite Fruchtfolge und die Anbauplanung ist so ausgestaltet, dass durch diese Vielseitigkeit die Kulturen sehr stark voneinander profitieren können. Um einen Rückgang der organischen Substanz des Bodens und einen Verlust an Nährstoffen zu vermeiden, verwendet der Betrieb eine Mischung aus Senf, Wicke, Rettich, Phacelia und Hafer als Zwischenfrucht und sorgt gleichzeitig dafür, dass der

Boden den größten Teil des Jahres bedeckt ist. Seit 2010 wird ein Direktsaatverfahren angewendet, um die Bodenstruktur zu verbessern und die Arbeitskosten zu senken.

Im Norden Frankreichs ist das Klima freundlicher als im Süden. Aber auch die Betriebe hier entkommen dem Klimawandel nicht. Nach dem für diesen Standort durchgeführten Klimawandel-Check zeigen Klimaprojektionen, dass die jährlichen Durchschnittstemperaturen (+0,4 °C pro Jahrzehnt), der Wassermangel (+39%) und die Anzahl der heißen Tage (+66%) einen steigenden Trend aufweisen. Auf der anderen Seite verringert sich die Anzahl der Frosttage pro Jahr (-66%), was einen längeren Wachstumszyklus einiger Kulturen ermöglicht.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF		
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)															↑ 20%
02.	T MAX > 25°C (Anzahl der Tage)															↑ 92%
03.	T MAX > 32°C (Anzahl der Hitzetage)															↑ 300%
04.	DURCHSCHNITTSTEMPERATUR															↑ 11%
05.	ANZAHL DER FROSTTAGE															↓ 50%

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:

- ACIs 1 und 2: frühere Reife, kleinere Korngrößen und geringere Erträge.
- ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut-, Insekten- und Krankheitsdruck aufgrund wärmerer Bedingungen.
- ACI 5: Geringeres Risiko von Ernteaufgängen.
- ACIs 1 und 3: geringere Wachstumsrate, geringere Biomasse mit geringeren Erträgen.
- ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut-, Insekten- und Krankheitsdruck aufgrund wärmerer Bedingungen.
- ACIs 1, 2 und 3: geringere Wachstumsrate, geringere Biomasse mit geringeren Erträgen.
- ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut-, Insekten- und Krankheitsdruck aufgrund wärmerer Bedingungen.
- ACIs 1 und 2: Verringerung der Anzahl der Blüten und Samen.
- ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut-, Insekten- und Krankheitsdruck aufgrund wärmerer Bedingungen.
- ACIs 1 und 2: weniger Blüten, geringere Fruchtbarkeit und Ertragsminderung.
- ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut-, Insekten- und Krankheitsdruck aufgrund wärmerer Bedingungen.
- ACIs 1 und 2: weniger Biomasse, niedrigere Erträge.
- ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut-, Insekten- und Krankheitsdruck aufgrund wärmerer Bedingungen.



Die Einführung der **pfluglosen Bodenbearbeitung** ab 2010 war ein großer Vorteil für diesen Betrieb. In dieser Region und unter diesen klimatischen Bedingungen entwickelt ein ungestörter Boden eine bessere Struktur und eine komplexere biologische Aktivität. Der Landwirt kann von einer erheblichen Kostensenkung profitieren. Die pfluglose Bearbeitung wurde mit der **Direktsaat umgesetzt**, was die Anschaffung neuer Maschinen erforderlich machte. Die Anschaffungskosten für die Maschinen haben sich jedoch angesichts der niedrigeren Lohnkosten und der verbesserten Böden schnell amortisiert. Ein so **breites Spektrum an verschiedenen Kulturen und Sorten** auf einem Betrieb stellt eine Anpassung an sich dar. Jede Nutzpflanze und jede Sorte wird von bestimmten klimatischen Bedingungen unterschiedlich beeinflusst, wodurch das Risiko von erheblichen Ertragsausfällen, die die Rentabilität des Betriebs beeinträchtigen könnten, verringert wird.

Eine sorgfältig geplante **Fruchtfolge** dieser Sorten (damit sie nicht Jahr für Jahr auf derselben Fläche wachsen) unterbricht Unkraut-, Schädlings- und Krankheitszyklen und ermöglicht es Herrn Chambrillon, unter anderem Pestizide und Herbizide einzusparen. Mit dieser weiten Fruchtfolge wird auch die Bodenfruchtbarkeit verbessert, wodurch Einsparungen bei Düngemitteln erzielt werden.

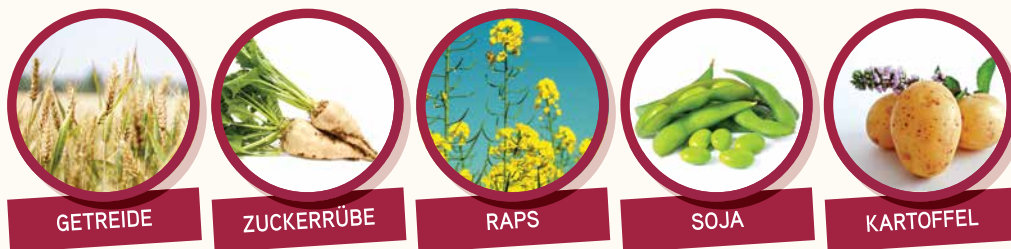
In den kommenden Jahren wird es für den Landwirt eine Herausforderung sein darauf zu achten, diese Vielfalt an Kulturen auf Betriebsebene zu erhalten, die Komplementarität der verschiedenen Sorten zu verbessern und Untersaatpraktiken zu entwickeln, um die Widerstandsfähigkeit des Betriebs gegenüber dem Klimawandel weiter zu verbessern.



ABB. 20.Mohn ist fast erntereif. Quelle: Solagro.

4.1.4. Verbesserung der Bodenstruktur im hügeligen Kraichgau · DEUTSCHLAND

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: Winterweichweizen, Zuckerrüben, Winterraps, Soja, Kartoffeln.



Ein weiterer Pilotbetrieb liegt im Kraichgauer Hügelland im Landkreis Heilbronn, 50 km nördlich von Stuttgart, auf 120-250 m ü. NHN. 80% des Bodens sind lehmhaltiger Ton mit hoher Wasserspeicherfähigkeit. Der Schwerpunkt des Betriebs liegt auf dem Anbau von Kartoffeln (mit Bewässerung) und Zuckerrüben. Von den 240 ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) werden 90 ha in der Rheinebene angebaut, wo die Durchschnittstemperatur um 1 °C höher liegt. Diese Bedingungen ermöglichen es dem Landwirt, sich in diesem Gebiet auf Frühkartoffeln und Sojabohnen zu konzentrieren. Die jährliche Durchschnittstemperatur am Hauptproduktionsstandort liegt bei etwa 10 °C mit etwa 720 mm Niederschlag pro Jahr. Über 50% der Flächen sind mittel bis stark erosionsanfällig. Die Hauptfruchtfolge ist: Zuckerrüben, Winterweichweizen, Winterraps, Winterweichweizen, Kartoffeln und Winterweichweizen. Im Falle der Rheinebene: Soja, Winterweichweizen, Winterraps, Winterweichweizen. Weitere Einkommenssäulen des Betriebes sind Direktvermarktung, Photovoltaik und Christbaumanbau.



ABB. 21. Vielfältige Zwischenfrucht Mischung. Quelle: Bodensee-Stiftung

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
01.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)														↑ 42%
02.	T MAX > 25°C (Anzahl der Tage)														↑ 80-100%
03.	T MAX > 30°C (Anzahl der Hitzetage)														↑ 27%
04.	DURCHSCHNITTSTEMPERATUR														↑ -
05.	SPÄTFROSTGEFAHR (T min < -4 °C (Anzahl der Frosttage))														↑ -

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:



ACIs 1 und 2: frühere Reifung, kleinere Korngrößen und niedrigere Erträge.
ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut, Insekten und Krankheiten.



ACIs 1 und 2: geringere Wachstumsrate, niedrigere Erträge, geringerer Zuckergehalt.
ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut, Insekten und Krankheiten.



ACIs 1 und 3: Einstellung des Knollenwachstums, größere Abhängigkeit von der Bewässerung, geringere Qualität. Während der Ernte können harte Bodenverdichtungen, die aus ausgetrocknetem Boden resultieren, die Kartoffelschale beschädigen.
ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut, Insekten und Krankheiten.
ACI 5: Absterben der Blätter in der Jungpflanzenphase, wodurch es zu einer Verzögerung der Entwicklung kommt.



ACIs 1 und 3: Verringerung des Ölgehalts der Samen und frühere Reifung. Niedrigere Erträge.
ACI 4: erhöhtes Risiko für Unkraut, Insekten und Krankheiten.



Aufgrund all der oben genannten Klimaänderungen konzentriert sich der Betrieb auf die Verbesserung der Bodenstruktur, um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen. Eine gute Bodenstruktur mit einem aktiven und vielfältigen Bodenleben nimmt (starke) Niederschläge gut auf und ist in der Lage, diese über einen längeren Zeitraum im Boden zu speichern. Dies führt u.a. dazu, dass Nährstoffverluste sowie Wind- oder Wassererosion reduziert werden können. Um die Bodenstruktur zu verbessern, setzt der Betrieb bereits vier verschiedene und sehr **vielseitige Zwischenfruchtmischungen** mit bis zu 15 verschiedenen Komponenten (z.B. Meliorationsrettich, Klee, Phacelia, Erbse, Sandhafer, Wicke und Senf) ein. Alle Arten haben unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich Wurzelentwicklung, Wurzelexsudate, Resistenz gegen Schädlinge und Krankheiten und Nährstoffbedürfnissen.

Besonders hoch ist die Gefahr der Bodenerosion im hügligen Kraichgau im Frühjahr beim Pflügen vor der Kartoffelpflanzung. Neben der Verbesserung der Bodenstruktur hat der Landwirt eine spezielle **Technik entwickelt, mit der er den Boden zwischen den Kartoffelreihen aufhäufeln kann**. Zusätzlich **sät** der Betrieb **Weizen zwischen den Reihen** nach der Kartoffelpflanzung, um eine Erosion des Bodens bei (starken) Niederschlägen zu vermeiden. Eine weitere Maßnahme, die auf dem Betrieb umgesetzt wird, um die Bodenerosion zu reduzieren, ist die **Bearbeitung waagrecht zum Hang** und die Durchführung einer **reduzierten Bodenbearbeitung** (Ausnahme: vor der Pflanzung der Kartoffeln wird gepflügt). Zum Schutz der Bodenstruktur wird **der Reifendruck der auf dem Feld eingesetzten Fahrzeuge reduziert**.

Neben einer verbesserten Bodenbewirtschaftung werden auch andere Maßnahmen wie die **Einbeziehung neuer, besser an den Klimawandel angepasster Sorten** umgesetzt. Wie bereits erwähnt, sind die Klimabedingungen in der Rheinebene bis zu 1 °C wärmer und auch trockener. Infolgedessen ersetzt der Betrieb Klee gras durch **Alfalfa (Luzerne)**, da Luzerne die Fähigkeit hat, sehr tief zu wurzeln und trocken toleranter ist als Klee. In diesem Gebiet baut der Betrieb auch eine **früher reife Winterweizenart „Rubisco“** an, die noch vor der Hitze im August geerntet werden kann. Diese Sorte hat auch unter trockenen Bedingungen ein hohes Ertragspotenzial und ihre langen Grannen schützen die Pflanze vor Hitzestress. Darüber hinaus werden jedes Jahr rund sechs verschiedene



ABB. 22. Luzerne. Quelle: Solagro.



ABB. 23. Sojabohnenkultur. Quelle: Pixabay.

Winterweichweizensorten auf einer kleineren Fläche angebaut, um die für den Betrieb am besten geeignete Sorte zu finden.

Aufgrund der wärmeren Bedingungen in der jüngeren Vergangenheit hat der Betrieb mit dem Anbau von **Sojabohnen** begonnen, die unter wärmeren Bedingungen wie in der Rheinebene gut gedeihen. Bisher hat der Anbau sehr gut funktioniert, so dass die Sojafläche ausgeweitet wird.

Ebenfalls werden die **Aussaattermine an den Temperaturanstieg im Herbst und Frühjahr angepasst**. Durch einen späteren Herbstaussaattermin bei gleichzeitig steigenden Herbsttemperaturen werden die Pflanzen nicht so üppig in den Winter gehen, was die Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber Schädlingen wie Blattläusen und Zikaden, die Überträger von Krankheitserregern sein können, reduziert. Eine frühere Aussaat im Frühjahr führt zu einer früheren Ernte und einer Ausnutzung der Winterfeuchte. Damit wird eine reduzierte Belastung durch die Sommerhitze und -trockenheit erreicht.

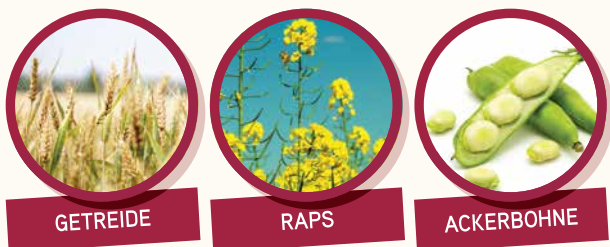
Ein großer Vorteil ist, dass der Betrieb bereits mit **Bewässerungsanlagen** ausgestattet ist, die üblicherweise für Kartoffeln verwendet werden. Das Wasser stammt aus dem hauseigenen Brunnen, einem nahegelegenen Bach und einem selbstgebauten Wasserbecken (ca. 2000 m³). Die Bewässerung reduziert das Risiko von sehr hohen Verlusten bei den Kartoffelerträgen. In heißen Sommern wie im Jahr 2018, als es im Juli/August ungewöhnlich viele Tage mit Temperaturen über 30 °C gab, hatte der Betrieb die Möglichkeit, die Kartoffeldämme abzukühlen, um eine Überhitzung der Knollen zu vermeiden.

Der Betrieb verwendet zusätzlich **Algenprodukte**, die die Bewurzelung der Hauptkulturen verbessern. Besonders in trockenen Jahren erhöht dies die Widerstandsfähigkeit der Kulturen.

In den kommenden Jahren wird sich der Betrieb noch weiter verstärkt auf die Verbesserung des Bodens konzentrieren, in dem er Ansätze aus der regenerativen Landwirtschaftsmethode umsetzen möchte.

4.1.5. Agrotechnologie und eine sorgfältig ausgewählte Fruchtfolge in Haage · ESTLAND

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: Winterweichweizen, Sommergerste, Winterraps, Ackerbohne.



Der nördlichste Ackerbaubetrieb im Rahmen dieses Projekts liegt in Haage, im Kreis Tartumaa in Estland. Hier werden auf 1510 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen angebaut. Der Betrieb wurde im Jahr 1993 als Gemischtbetrieb (Tierzucht und Pflanzenproduktion) gegründet. Mitte 2015 beschloss der Landwirt, die Viehhaltung einzustellen. Die Hauptkulturen sind Winterweichweizen, Sommergerste, Winterraps und Ackerbohne; etwa 10% der LN sind Dauergrünland und etwa der gleiche Anteil wird zum Feldfutterbau bewirtschaftet. Die Mehrheit der Felder hat

sandige Lehm Böden (867 ha), lehmige Sandböden (390 ha) und andere Bodenarten (Sand/Lehm 30 ha, Sand 85 ha und Torf 140 ha). 26% der Betriebsflächen sind von Staunässe bedroht, wobei nur weniger als 2% ohne Entwässerungssystem geblieben sind. Das Erosionsrisiko ist gering, mit Ausnahme von Winderosionen im trockenen Herbst (20% der Jahre) und in geringerem Maße von Wassererosion durch starke Niederschläge.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
01.	NIEDERSCHLÄGE														↑ 10%
02.	DURCHSCHNITTSTEMPÉRATUR														↑ 33%
03.	SPÄTFROST														↑ 10 days later
04.	T MAX > 30°C (Anzahl der Tage)														↑ 10%
05.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)														↑ 6%
06.	STARKE REGENFÄLLE (Möglichkeit des Hagels)														↑ 24%
07.	STARKE REGENFÄLLE (Möglichkeit des Hagels)														↑ 88%

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:



ACIs 1, 6 und 7: erhebliche Verluste bei Qualität, Lagerung, Ertragsausfälle und Unterbrechungen der Ernte. Auch Behinderung bei der Aussaat.
 ACI 2: Mangelnde Schneedecke und gelegentliche Frostperioden für die Pflanzen. Frostschäden während 2-3 Blattstadium und Bestockungsphase.
 ACI 3: Frostschäden bei Frühjahrsgetreide.
 ACIs 4 und 5: wirkt sich bei Wintergetreide negativ auf die Kornfüllungsphase und das Ährenschieben und bei Frühjahrsgetreide auf die Bestockungsphase aus.



ACI 1: erhebliche Qualitätsverluste, Ertragseinbußen und Unterbrechungen der Ernte. Auch Behinderung der Aussaat.
 ACI 2: Mangelnde Schneedecke, dadurch höhere Gefahr der Pflanzen gegenüber Frostschäden.
 ACIs 6 und 7: Schäden durch Hagel und starke Regenfälle, Beschädigung der Schoten und Hülsen bis zum Ernteausfall.



ACIs 1, 6 und 7: erhebliche Qualitätsverluste, Ertragseinbußen und Unterbrechungen bei der Ernte.
 ACIs 4 und 5: mangelnde Düngewirkung, Ertrags- und Qualitätsverlust.
 ACI 2: Mangelnde Schneedecke, dadurch höhere Gefahr der Pflanzen gegenüber gelegentlichen Frostschäden.
 ACIs 6 und 7: Schwierigkeiten bei der Aussaat.

Die klimatischen Bedingungen der Gegend sind äußerst unterschiedlich, was es schwierig macht, rundum richtige Managemententscheidungen zur Sicherung der Erträge zu treffen. Schneelose Winter, die mit starken Winterfrösten oder Frost-Tau-Zyklen zusammenfallen, können das Überleben der Kulturen sowie den Ertrag und die Rentabilität der Produktion gefährden. Abgesehen davon sind die größten regionalen Bedrohungen Dürre und übermäßige Niederschläge. So ist beispielsweise die Ackerbohnenenernte in mehreren aufeinander folgenden Jahren gescheitert: 2017 durch langanhaltende Niederschläge (+172% im Vergleich zur Norm) und 2018 durch die Sommerdürre (Niederschläge -62% im Vergleich zur Norm). Auch wenn steigende Temperaturen und eine längere Vegetationsperiode einige Vorteile in Bezug auf Ertragsmenge oder -qualität bringen können, sind die Risiken durch den Klimawandel aufgrund der zunehmenden Schwankungen und der Unberechenbarkeit des Wetters höher. Was die möglichen Ertragsschwankungen betrifft, so liegen diese bei 68% für Sommergerste, 65% für Winterweichweizen, 41% für Ackerbohne, 200% für Winterraps und 47% für Sommerraps.

Zunächst wird besonderes Augenmerk auf die **Optimierung der Fruchtfolge** gelegt, um einen übermäßig hohen Anteil an Winterungen zu vermeiden. Zusätzlich wurde eine **spät reifende Sommergerste** eingeführt, um das Erntefenster nach dem Sommerweizen zu nutzen und so die Risiken zu streuen sowie Arbeitsspitzen zu vermeiden.



ABB. 24. Getreideernte. Quelle: Enn Lauringson.



Zudem werden **Sorten ausgewählt**, die über eine hohe Standfestigkeit verfügen und wenig anfällig für Lager sind. Ebenso legt der Betrieb hohen Wert auf **Sorten, die eine geringe Neigung zum Austreiben auf der Ähre besitzen**. Weitere wichtige Maßnahmen sind die **Verbesserung der eingesetzten Technologie** z.B. durch den Einsatz von Raupen- oder Halbkettenmäherwerken (die sich besser für nasses Gelände eignen und die Bodenverdichtung reduzieren) oder die Optimierung der Getreidetrocknung, um die Nutzung kurzer Pausen für die Ernte zwischen langen Regenperioden zu ermöglichen. Die Gesamteffizienz kann auch durch die Ausrüstung der Erntemaschinen mit präzisen landwirtschaftlichen Werkzeugen (Ertragskartierung) und die Erhöhung der Erntekapazität (z.B. Umstellung auf effizientere Mähdrescher) gesteigert werden.

Auch dieser Landwirt führte eine **späte Aussaat** für Wintergetreide und **frühe Aussaat** für Sommergetreide ein, um üppige Bestände von Winterungen zu vermeiden sowie die Wachstumsperiode der Sommerungen zu verfrühen und so den Hitzestress zu minimieren. Ein optimaler Anteil an Winter- und Sommerungen sollte beibehalten werden, um die an bestimmte Zeiten gebundene Bewirtschaftung der Flächen (v.a. Ernte) anhand der verfügbaren technischen Kapazität durchführen zu können.

Eine weitere Anpassungsmaßnahme in diesem Betrieb ist die **Diversifizierung der Kulturen und die Auswahl neuer Kulturen/Sorten, die besser an den Klimawandel angepasst sind**. So ist Roggen beispielsweise für leichtere Böden aufgrund seines stärkeren Wurzelsystems sehr gut geeignet. Neuartige Hybride haben eine gute Produktivität gezeigt und können anstelle von Weizen angebaut werden, wenn die Vermarktungsbedingungen dies ermöglichen. Außerdem wird die Auswahl **verschiedener und früherer Sorten** von Ackerbohnen zur Risikoverteilung umgesetzt. In dürregefährdeten Regionen kann **Winterraps durch Rübsen ersetzt** werden, die weniger produktiv, aber schneller in der Entwicklung sind und somit der kritischen Sommerdürre entkommen.



ABB. 25. Faba-Bohnenfeld. Hervorragende Eignung für die Stickstofffixierung im Boden. Quelle: Enn Lauringson.

Beim Thema Hitzebelastung (Temperaturen über 25 °C) wird sorgfältig geprüft, ob die Exposition der Pflanzen gegenüber **zusätzlichen abiotischen Stressfaktoren wie Wachstumsregulatoren und anderen Agrochemikalien (z.B. Pestiziden) reduziert** werden kann. Wenn ein Mittel angewendet wird, dann findet die **Ausbringung nachts** statt.

Auch die Verbesserung oder Anpassung der Saattechnik kommt zum Tragen. Bei den Ackerbohnen hilft eine tiefere Aussaat in leichtem Boden (7-8 cm Tiefe), indem sie die Nutzung der Bodenfeuchte verbessert und die Pflanzen ein kräftigeres Wurzelsystem entwickeln können. Auch die Optimierung der Gerätetechnik zur Verbesserung des Saatbettes, in dem die Saalfurche optimal gestaltet wird, gibt den Pflanzen wie Winterraps gute Startbedingungen, gut durch den Winter zu kommen.

Ein weiteres Ziel ist, **den Einsatz von Düngemitteln, Wachstumsregulatoren und Biostimulatoren** zu optimieren, um gesunden Pflanzen und fruchtbaren Böden eine höhere Pufferkapazität gegenüber ungünstigen Witterungsbedingungen zu bieten. So wird beispielsweise bei der Anwendung von Pflanzenbiostimulatoren im Getreide vorsichtig vorgegangen, da sie die Wachstumsphase der Pflanzen verlängern können, wodurch diese wiederum während der Dürreperioden stärker gefährdet sein können. Wachstumsregulatoren und Schotenversiegelungen werden in Winterraps eingesetzt, um Winterschäden (Pilzkrankheiten) zu reduzieren und die Pflanzenresistenz zu erhöhen.

Schließlich wird die Gesamteffizienz durch die **Ausrüstung der Maschinen mit präzisen landwirtschaftlichen Geräten** (Ertragskartierung, GPS-gestützte Sprüheräte und eine bedarfsgerechte Düngung, die unter anderem in digitalen Bodenkarten angegeben sind) erhöht. Pflanzenspritzen sind so ausgestattet, dass Verluste und übermäßige Dosierungen und damit verbundene Schäden (z.B. Lagerung) vermieden werden.





4.2. DAUERKULTUREN: WEINREBEN

Dauerkulturen sind eine langfristige Investition. Sobald die Hauptkultur etabliert ist, dauert es in der Regel mehrere Jahre, bis sie produktiv wird und einige weitere Jahre, bis die Produktion ihren Höhepunkt erreicht. Man könnte meinen, dass Anpassungsmaßnahmen hier nicht so einfach umzusetzen sind wie bei Ackerkulturen, da die Vielfalt der Kulturen innerhalb des Systems fehlt. Es gibt jedoch auch in Dauerkulturen viele Anpassungsmöglichkeiten in den Bereichen der Bodenfruchtbarkeit, der Schädlingsbekämpfung sowie des Nährstoff- und Wassermanagements. Darüber hinaus können auch weitere Kulturen zwischen den Reihen der Hauptkulturen angebaut werden, die als Begrünung, Zwischenfrucht oder Gründünger fungieren und gleichzeitig neue Einkommensquellen bieten können (z.B. Futtermittelerzeugung).



4.2.1. Qualitativ hochwertige Weinherstellung und Bodenpflege - die beste Voraussetzung für die Anpassung an den Klimawandel in Terres dels Alforins · SPANIEN

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: Weinreben.



In Terres dels Alforins, in der Provinz Valencia (Spanien), liegt der Familienbetrieb Los Frailes. Das Weingut liegt auf 700 m ü. NHN, mit nur 450 mm Niederschlag pro Jahr und produziert auf 130 ha ökologischen Rebflächen rund 400 Tonnen Trauben – ohne Bewässerung. Der Betrieb besteht hauptsächlich aus kleinen und mittleren Parzellen mit den folgenden Sorten: Monastrell 60 ha, Cabernet Sauvignon 25 ha, Garnacha Tintorera 15 ha, Marselan 20 ha, Sauvignon Blanc 3 ha, Viognier 1 ha, Muscat 2 ha und Verdil 1 ha. Dieser Standort bietet immer noch gute Bedingungen für Weinreben (kalte Winter, mäßige Sommer), liegt aber sehr nah an anderen Gebieten, die für die Weinproduktion kritisch werden. Glücklicherweise ist die neue Generation, die den Betrieb leitet, sehr sensibel und offen gegenüber Bodenmanagement und der Klimaentwicklung und auch im Hinblick darauf, wie man mit Veränderungen umgehen sollte.

In diesem Gebiet sind die Niederschlagsschwankungen sehr hoch und die Niederschläge im Herbst, Winter und Frühling sind entscheidend für gute Erträge. Die Sommer werden wärmer mit mehr Tagen mit Höchsttemperaturen über 35 °C, was auch für die Erträge (Menge und Qualität) von entscheidender Bedeutung ist.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	HUGLIN INDEX (HI) TEMPERATURSUMME													6%
02.	INDEX FÜR KÜHLE NÄCHTE (CI)													7%
03.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)													20%
04.	HITZEWELLEN (Anzahl der Tage T max > 35 °C)													6%
05.	SPÄTFROST ANZAHL DER Tage T min < 0 °C													-

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:



ACI 1: Überreifen der Trauben, frühere Reifezeiten. Dies kann zu Änderungen der Art des Weinbaus und der für das Gebiet geeigneten Sorten führen.

ACI 2: kann die Ausfärbung und das Aroma der Trauben negativ beeinflussen.

ACI 3: Qualität und Reifepotenzial können beeinträchtigt werden.

ACI 4: entkoppelt die technologische (Zucker) und poliphenolische (Aroma) Reife der Trauben.

ACI 5: beeinflusst Qualität und Produktion.

In diesem Bereich gibt es, wie in vielen Weinbaugebieten der Welt, zwei Ansätze für die Landwirtschaft: eine ist die Produktion großer Mengen von Trauben, die an Weinkellereien verkauft werden und die andere ist die Produktion für die eigene Verarbeitung. Im ersten Fall wird der Schwerpunkt auf sehr hohe Erträge gelegt, um höchstmögliche Umsätze zu erzielen. Im zweiten Fall ist es das Ziel, ein qualitativ hochwertiges Produkt zu produzieren, die Quantität ist eher zweitrangig. Los Frailes hat sich für den zweiten Weg entschieden und setzt dabei seit mehr als einem Jahrzehnt auf biologische und biodynamische Produktion. Für sie hat es sich als richtig erwiesen, da diese Entscheidung geholfen hat, sich auf dem Markt zu differenzieren, aber vor allem auch im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel. Wenn der Weinberg nicht zu hohen Erträgen gezwungen ist, nimmt die Anfälligkeit des Systems ab und die Einnahmen aus hochwertigem Wein werden in der Lage sein, dieses Managementsystem zu unterstützen.



ABB. 26. Weingut Los Frailes. Quelle: FGN.



Mehr als 50% ihrer Reben sind **lokal angepasste Sorten** (z.B. Monastrell, Garnacha tintorera, Verdil), die sich in den Ertragsaufzeichnungen der letzten zehn Jahre wie Langstreckenläufer verhalten haben: Sie sind nicht sehr produktiv, aber sie sind auch in den klimatisch schlechtesten Jahren ertragsstabil. Interessanterweise verfügt Los Frailes auch über 20 ha Marselan, eine natürliche Kreuzung aus Cabernet Sauvignon und Garnacha aus mediterranen Gebieten in Südfrankreich, die sich perfekt an dieses Klima angepasst haben und sich wie die einheimischen Trauben verhalten. Dies zeigt, dass sowohl lokale Sorten als auch andere **aus ähnlichen Gebieten stammende Sorten** gute Chancen für die Landwirtschaft bieten.

Von großer Bedeutung ist auch die Art der Bewirtschaftung der Reben. Deshalb führt der Betrieb während der Wachstumsphase einen **Grünschnitt** durch, um das Verhältnis von Frucht zu Blatt auszugleichen. Die **Ausdünnung der Trauben** hilft, die Produktion zu kontrollieren und sie an die physiologischen Möglichkeiten der Pflanzen anzupassen, die von Jahr zu Jahr variieren. Das **Schnittmanagement** spielt ebenfalls eine Rolle, das die Menge der Strahlung, die zu den Trauben gelangt, sowie die Temperatur beeinflusst. Das bedeutet für einige Sorten, dass sie ihr traditionelles Wachstum (Kelchbusch) beibehalten oder ihr Wachstum in den Spalieren anpassen müssen. Es gibt die Möglichkeit, den letzten Draht nicht zu verwenden, sondern die Reben herunter hängen zu lassen, um ein Kronendach auszubilden, das die Trauben beschatten kann. In anderen Betrieben führte die **Anwendung von Kaolinit** zu einer erhöhten Hitzetoleranz der Reben (und zur Reduzierung von Schadinsekten). So oder so, alle diese Optionen verursachen höhere Produktionskosten aufgrund der fehlenden Mechanisierung und der erforderlichen Arbeitskräfte. Aber sie sind es wert, um ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erhalten.

Das Hauptanliegen des Betriebes ist eine optimale Bewirtschaftung des Bodens. So hat Los Frailes eine Studie im Betrieb durchgeführt, um die Eigenschaften und Herausforderungen ihrer Böden besser zu verstehen. Von diesem Zeitpunkt an standen die Zunahme der organischen Substanz und die biologische Revitalisierung des Bodens im Vordergrund ihrer Anstrengungen. Unter solchen mediterranen Bedingungen und ohne Bewässerungsmöglichkeiten kann das Gleichgewicht der organischen Substanz leicht negativ sein: geringer Eintrag von organischen Materialien, niedrige Luftfeuchtigkeit und begrenzte Möglichkeiten des Anbaus von Zwischenfrüchten aufgrund des wasserbedingten Wettbewerbs. Deshalb wenden Miguel und María José verschiedene Strategien an, die alle darauf abzielen, den Gehalt von organischer Substanz im Gleichgewicht zu halten: **Schafe weiden** im Winter auf dem Weinberg, **Kompost aus Schafstreu- und Weingutresten** wird ausgebracht, **Kompostierung von Ernteresten** (Weinstöcke) mit anderen Pflanzenresten, **Bodenbedeckung im Winter** durch wilden Aufwuchs und Versuche mit **gesäten Deckfrüchten**. Aus klimatischer Sicht sind solche Böden viel widerstandsfähiger gegenüber Temperaturschwankungen, haben die Fähigkeit, langfristig mehr Wasser aufzunehmen, sind besser auf Krankheiten vorbereitet, die durch Stress entstehen, und bieten den Pflanzen ein besseres Nährmedium. Miguel und Maria José wollen zudem eine Studie durchführen, um die Makro- und Mikroerosionsprozesse zu stoppen, die an einem einzigen Tag mit Starkniederschlag den über Jahre aufgebauten wertvollen Boden wegwaschen können.

Laut Los Frailes und anderen Weingütern in Terres dels Alforins bietet neben dem

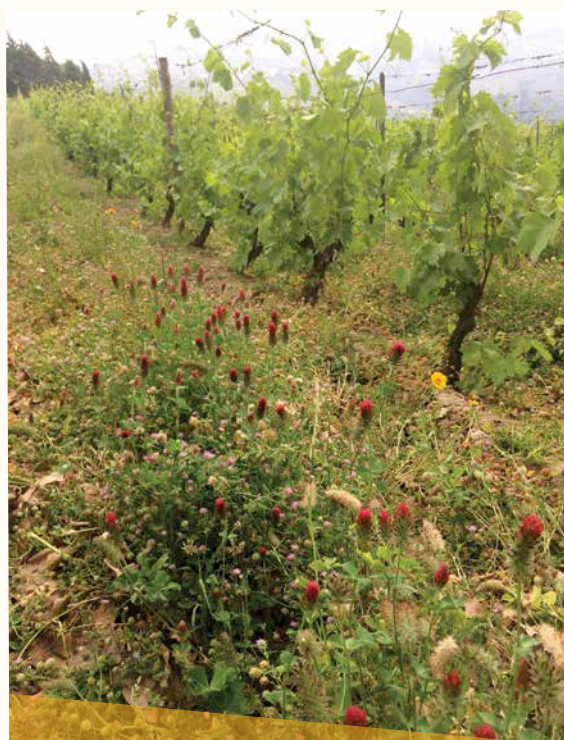


ABB. 27. Winterbedeckung in einem Weinberg.
Quelle: FGN.

Weinanbau auch der **Weinherstellungsprozess** einige Anpassungsmöglichkeiten. Es gibt Standardprozesse in der Weinherstellung, die entwickelt wurden, um besseren Wein zu keltern (z.B. kältere Mazeration, die das aromatische Profil erhöht) und fortgeschrittene Verfahren, wie z.B. pH-Korrektur mit Kationenaustauschern, Verwendung von Hefestämmen, die eine Anpassung des Weinprofils ermöglichen und zudem auch die Auswirkungen von Klimafaktoren reduzieren können. Wie weit jedes Weingut in diese Richtung geht, ist eine persönliche Entscheidung. Qualitätswinzer*innen haben, wie oben gezeigt, mehr Chancen, hochwertigen Wein zu erzeugen, und können mit bestem Gewissen den Verbraucher*innen Weine anbieten, die sich von Jahr zu Jahr durch natürliche Gegebenheiten ändern. Schließlich sind sich die Winzer*innen bewusst, dass sich die Vorlieben der Verbraucher*innen im Laufe der Jahre ändern. In diesem Sinne können **Änderungen der Weinsorten** eine gewisse Flexibilität bieten. In einem Szenario, in dem der Alkoholgehalt von Rotweinen aufgrund neuer klimatischer Bedingungen steigen kann, erhöht beispielsweise eine **frühe Ernte** den Säuregehalt und macht den Wein trinkbarer.



ABB. 28. Kompost aus Schafstreu- und Weinkellerresten. Quelle: FGN.



ABB. 29. Detail des Komposts. Quelle: FGN.

4.2.2. Mulch-, Kompost- und Entscheidungshilfen auf der Halbinsel Höri · DEUTSCHLAND

UNTERSUCHTE NUTZPFLANZEN: Weinreben.



Ein weiterer Pilotbetrieb liegt im Landkreis Konstanz/Baden-Württemberg. Er bewirtschaftet auf der Halbinsel Höri 5,5 Hektar konventionelle Rebflächen und keltert seinen Wein selbst. Der Betrieb liegt auf einer Höhe von 450 m ü. NHN und hat einen durchschnittlichen jährlichen Niederschlag von 912 mm.

Der Betrieb leidet bereits unter geringen Niederschlägen, schweren Dürren und einem Anstieg der Temperaturen. Besonders problematisch sind diese Wetterbedingungen für 1,3 ha seiner Rebflächen, die auf kiesigem Untergrund mit sehr schlechtem Wasserspeicherungspotential stehen. An dieser Stelle werden die Reben bei Bedarf mit einem Wasserfass bewässert, das an ein Schlauchsystem

angeschlossen wird. Im Jahr 2018 verlor der Betrieb aufgrund der schweren Dürre innerhalb von drei Wochen etwa fünf Tonnen Traubenmasse. Der Betriebsleiter war sehr überrascht über die Geschwindigkeit und das Ausmaß des Verlustes. Dies gibt eine Vorstellung davon, welche Folgen wetterbedingte Veränderungen für diesen Bereich haben können.

Welche Strategie verfolgt der Betrieb? Ein wärmeres Klima mit weniger Niederschlägen erfordert eine verbesserte Wasserspeicherkapazität des Bodens und ein wesentlich effizienteres Bewässerungssystem, inklusive Entscheidungshilfen für eine adäquate Bewässerung.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	HUGLIN INDEX (HI) TEMPERATURSUMMEN													29%
02.	DURCHSCHNITTS- TEMPERATUR													25%
03.	NIEDERSCHLÄGE													9%
04.	SPÄTFROST (Anzahl der Tage T min < 0 °C)													6%

AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN:



ACI 1: Überreife der Trauben, frühere Reifetermin. Dies kann zu Änderungen in der Bewirtschaftung des Weinbaus und der für das Gebiet geeigneten Sorten führen.

ACI 2: erhöhtes Risiko für Unkraut, Schädlinge und Krankheitsüberträger.

ACI 3: Qualität und Reifepotenzial können beeinträchtigt werden.

ACI 4: beeinflusst Qualität und Produktion; kann zu massiven Ernteeinbußen führen.



Um die Wasserspeicherkapazität des Bodens zu verbessern, wird jedes Jahr **Kompost** aufgetragen, um den Gehalt an organischer Substanz zu erhöhen. Eine **Mulchschicht zwischen den Reihen** aus Gartenpflegematerial trägt ebenfalls dazu bei, die Wasserverdunstung zu reduzieren, und eine übermäßige Bodenstrahlung zu verhindern, die die Temperatur auf der Oberfläche erhöhen könnte.

Um die Verluste von 2018 nicht zu wiederholen, werden **Tensiometer** zur Messung der Bodenfeuchte eingesetzt, damit der Landwirt in Dürreperioden rechtzeitig reagieren und die Reben mit ausreichend Wasser versorgen kann.

Der Betrieb erwägt auch den Anbau **neuer Rebsorten mit einer späteren Knospung** (z.B. Sauvignon Gris), um die Auswirkungen von Spätfrost zu vermeiden; von **spätreifenden Sorten** (z.B. Cabernet Sauvignon und Cabernet Franc), um die Auswirkungen von Hitzestress im Sommer in den letzten Phasen der Weinreben zu reduzieren; oder **Sorten, die besser für wärmere Klimazonen geeignet sind.**



ABB. 30. Cabernet Sauvignon. Quelle: Pixabay.

Es wird auch eine Verzögerung des **Schnittes** erwogen, um die Reifung der Trauben zu verzögern und die Auswirkungen des Hitzestresses während des Sommers auf die fast erntereifen Trauben zu verhindern. Eine Verzögerung des Schnittdatums um eine Woche nach dem Knospenaustrieb / -bruch verzögert die Reifung um eine Woche.

Verschiedene Arten von Frostschutzmaßnahmen, wie z.B. **Frostschutzkerzen** oder **mobile Gasturbinen**, sind geeignet, um das Risiko von Spätfrost zu reduzieren.



4.3. TIERHALTUNGSBETRIEBE: MILCHVIEH- UND RINDERMASTBETRIEBE

Auf Tierhaltungsbetrieben gibt es verschiedene Ansätze für eine nachhaltige Anpassung an den Klimawandel. Auf der einen Seite kann die direkte Verbesserung der Gesundheit und des Tierwohls in mehr Milch-/Fleischproduktion umgesetzt werden. Eine gute Belüftung, verbesserte Hygiene oder besseres Grundfutter sind unter anderem Faktoren, die sich direkt auf die Tiere auswirken. Andererseits sind die meisten Landwirt*innen auch darauf angewiesen, ihr eigenes Futter zu produzieren. Und gerade in diesem zweiten Ansatz können sie nachhaltige Anpassungsmaßnahmen umsetzen, die mehr mit dem Ackerbau als mit der Viehhaltung zu tun haben und einen enormen Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit des Betriebs haben.



4.3.1. Verbesserung der Nachhaltigkeit in Milchviehbetrieben bei gleichzeitiger Erhöhung der Widerstandsfähigkeit · SPANIEN

UNTERSUCHTES BETRIEBSSYSTEM: Milchvieh.



Die europäischen Milchviehhalter wurden in den letzten Jahren mit großen Veränderungen konfrontiert. Neben politischen Änderungen stellen die Klimawandelprojektionen für diesen Bereich eine zusätzliche Herausforderung dar.

Die Fundación Global Nature (FGN) arbeitet im Rahmen dieses Projektes mit einem der wichtigsten Molkereiunternehmen Spaniens zusammen: Calidad Pascual. Dieses Unternehmen bezieht Milch von 330 kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betrieben, in den meisten Fällen Familienunternehmen mit einer langjährigen Beziehung zur Molkerei, die in den letzten 30 Jahren aufgebaut wurde. Die durchschnittliche Anzahl der Tiere pro Betrieb beträgt 120 (zwischen 27 und 851). Die Jahresproduktion liegt zwischen 6.000 und 14.000 kg Milch pro Kuh. Vor einigen Jahren beschloss Calidad Pascual ein Programm zu starten, dessen Konzept über die Erhaltung der Milchqualität hinausgeht. Es umfasst u.a. einen effizienten Transport, aber auch Proteineffizienz und Tierwohl. Aktuell wird an der Verminderung negativer Auswirkungen auf die Landwirtschaft gearbeitet. Dabei werden Aspekte wie Lebensmittelselbstversorgung, nachhaltige Landwirtschaft, biologische Vielfalt, Wasserwirtschaft, Energie und Klimawandel betrachtet. Das Konzept wird bereits auf 100% der Betriebe umgesetzt. Ursprünglich stand die Förderung der Nachhaltigkeit im Vordergrund. Bei genauerer Betrachtung bietet dieses Konzept jedoch auch Hilfestellung zur Anpassung der Betriebe an den Klimawandel.

Im Hinblick auf den Klimawandel stehen die Milchviehhalter vor folgenden Herausforderungen: Auf der einen Seite sind sie wie die Ackerbaubetriebe den Auswirkungen des Klimawandels im Ackerbau (Kraftfutter) ausgesetzt, zum anderen spielt vor allem die zunehmende Hitze für die Tiere sowie die zunehmenden Trockenperioden für die Grundfutterproduktion eine immer größere Rolle.

Während der Projektzeit wurden sechs Milchviehbetriebe in verschiedenen Klimaregionen (von trocken- mediterranen bis atlantischen Bedingungen) analysiert. Für diese sechs Betriebe wurde die landwirtschaftliche Produktion sowie die Tierhaltung bezüglich der Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel bewertet. Dafür stand u.a. eine vollständige Aufzeichnung der letzten 10 Jahre der täglichen Milchproduktion zur Verfügung.

Im Hinblick auf den Klimawandel wird die Widerstandsfähigkeit des Futtermittelanbaus entscheidend sein, insbesondere für Betriebe in trockeneren Klimazonen. Die Produktion von Futtermitteln erfordert in den meisten Fällen bewässerte Flächen, die jedoch nicht ausreichend verfügbar sind. Zunehmend auftretende widrige klimatische Bedingungen wie höhere Temperaturen und weniger Niederschläge erfordern mehr Wasser, das in den meisten Fällen jedoch nicht verfügbar sein wird. Die mediterranen Betriebe verfügen jedoch über ein hohes Maß an Autonomie in Bezug auf die

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	GRUNDFUTTER-AUTONOMIE													
02.	KRAFTFUTTER-AUTONOMIE													
03.	TIERWOHL													

AUSWIRKUNGEN AUF DIE TIERHALTUNG (MIT AUSNAHME VON ACIS, DIE SPEZIELL FÜR KRAFTFUTTER (GETREIDE) GELTEN):



ACI 1: beschreibt die wirtschaftliche Autonomie der Grundfutterproduktion, einer der anfälligsten Bereiche der landwirtschaftlichen Produktion unter mediterranen Bedingungen. Kann in ertragsschwachen Jahren zu erheblichen Mehrkosten führen.

ACI 2: wie oben, jedoch weniger kritisch aufgrund des leichteren Marktzugangs auch in schwierigen Jahren.

ACI 3: direkte Auswirkungen auf die Milcherzeugung, können Auswirkungen auf die Quantität und Qualität haben.

Futtermittelproduktion. Der Kraftfutterzukauf wird auch in ertragsschwachen Jahren relativ gut zu realisieren sein, während das Grundfutter aufgrund der niedrigen Verfügbarkeit sehr teuer wird und hohe Transportkosten anfallen werden.

Hinsichtlich der Tierhaltung besteht bei den Betrieben eine grundsätzliche Übereinstimmung, dass Hitzewellen die Milchproduktion beeinträchtigen. Um diese Auswirkungen zu reduzieren, verfügen alle untersuchten Betriebe über eine aktive Belüftung (Ventilatoren), was in den Sommermonaten teilweise zu erheblichen Energiekosten führt. Die Messung der tatsächlichen Auswirkungen von Hitzewellen auf die Milchproduktion ist jedoch schwierig, da sich die Anzahl der gemolkene Tiere in den Betrieben von Woche zu Woche ändert. Darüber hinaus wirken sich weitere Bedingungen wie die Zusammensetzung/Qualität der Futtermittel auf die Produktion aus. Eine Herausforderung bestand auch darin, Werte zu finden, die mit der Milchqualität und dem THI-Wert korrelieren. Dazu wurden die Betriebe mit schlechteren Stallbedingungen ausgewählt. Auf der anderen Seite wurden Zeiträume ausgewählt, in denen der THI-Wert grundsätzlich höher war und hohe Temperaturen (Zeitraum von sieben Jahren mit Tagesdaten) auftraten. Unter Berücksichtigung dieser Perioden, der Milchmenge (Liter) und der Qualitätsparameter (Fett- und Proteingehalt, Trockenfettgehalt, somatische Zellzahl, Gehalt an fettfreier Milchtrockenmasse) wurden Korrelationen gesucht. Obwohl die Betriebe sich dahingehend äußerten, dass Hitzeperioden zu einer geringeren Milchleistung führen, konnte auf Basis der oben genannten Aspekte diesbezüglich keine Korrelation festgestellt werden. In Bezug auf die Qualität wurden in einigen Fällen geringfügige Korrelationen (aber nicht vollständig untersucht) zwischen dem Fettgehalt und dem Gehalt an fettfreier Milchtrockenmasse beobachtet.

In Bezug auf die Anpassungsmöglichkeiten ist die Reduzierung von Hitzestress für die Tiere in technischer Hinsicht einfach.

Viele junge Betriebsleiter*innen, haben in neue Stallanlagen investiert. Diese Ställe sind i.d.R. offen, als hohe Gebäude (acht Meter Höhe) konzipiert, die sich in alle vier Windrichtungen vollständig öffnen lassen. Strohballen und andere herausnehmbare Schutzwände können z.B. verwendet werden, um kalte Winde im Winter zu verhindern. Es zeigte sich jedoch, dass darüber hinaus eine **passive Belüftung** unabdingbar ist. Die Anpassung an die Hitzewellen hat in diesen mediterranen Regionen eine höhere Priorität als der Schutz vor kalten Winden. Milchviehbetriebe, die in neue Ställe investiert haben, berichten von reduziertem Hitzestress für die Tiere. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch eine enorme Investition, die nicht für alle Betriebe machbar ist.

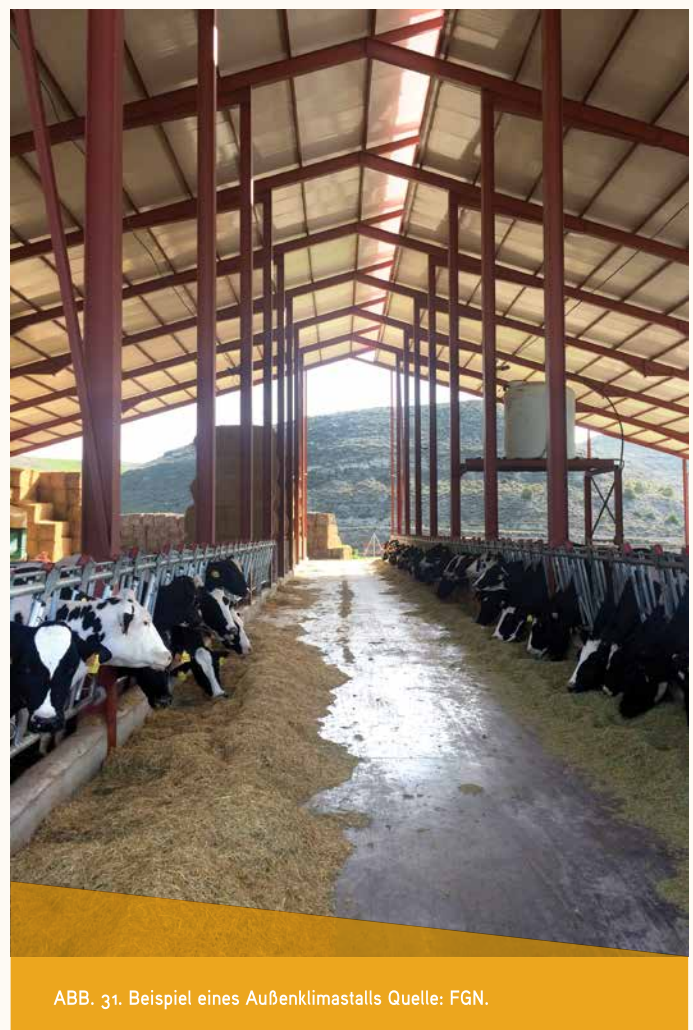


ABB. 31. Beispiel eines Außenklimastalls Quelle: FGN.



Flexible Stallstrukturen, die geöffnet oder geschlossen werden können, sind auch dann eine gute Option, wenn ein kompletter Stallneubau nicht möglich ist. Auch die **Dämmung von Dächern und die Beschattung einiger Stallbereiche** hat sich bewährt. Aktive Belüftung ist in den meisten Betrieben eine Lösung, aber der Energieverbrauch kann erheblich steigen und die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe beeinträchtigen (bis zu 220 €/Monat in einem der untersuchten Betriebe, in dem die Lüfter von Mai bis September 24 h pro Tag laufen). Ein **angepasster Tierbesatz in Ställen** ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt, der dazu beiträgt, den Stress der Tiere zu reduzieren. In anderen trockenen Ländern werden **Wassersprinkler** eingesetzt, um die Luft zu kühlen und das Tierwohl zu verbessern.



ABB. 32. Beispiel für passive Belüftung. Quelle: Calidad Pascual.

Diese kamen in diesen Pilotbetrieben allerdings nicht zum Einsatz. Der Geruch von Urin im Stall ist ein guter Indikator für die Beurteilung des Tierwohls. An warmen Tagen deutet ein starker Ammoniakgeruch auf eine schlechte Belüftung und/oder auf einen zu hohen Tierbesatz hin.

Die **Zugänglichkeit der Tränkestellen** ist eine weitere wichtige Anpassungsmaßnahme. Das bedeutet nicht nur eine ausreichende Anzahl an Tränkestellen, sondern auch eine optimale Verteilung im Stall. Das ist wichtig, damit auch die rangniedrigen Tiere jederzeit Zugang zum Wasser haben. Während der Hitzeperioden steigt der Wasserbedarf der Tiere, um deren Wärmehaushalt auf einem bestimmten Niveau zu halten. Dies führt zu einem verbesserten Tierwohl und kann dadurch auch einem Rückgang der Milchleistung entgegenwirken.

Eine **Züchtung hin zu einer höheren Hitzetoleranz** ist eine längerfristige Option. Mehrere Studien mit der friesischen Rasse zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Rasse in Bezug auf die Hitzestressempfindlichkeit.

In Hinblick auf die Futtermittel drehte sich die Diskussion mit den Landwirt*innen hauptsächlich um das zunehmende Ertragsrisiko beim Futterbau und um eine **größere Futtermittelautonomie**, die von den Landwirt*innen als viel kritischer wahrgenommen wurde als die Getreideproduktion. An vielen Stellen ist die



ABB. 33. Silageernte. Quelle: FGN.

Futtermittelproduktion mit der Bewässerung verbunden. Die Futterproduktion ohne Bewässerung und die diversere Fruchtfolge unter den vorhandenen Bedingungen stießen als Anpassungsmaßnahmen auf großes Interesse. **Kulturen mit mehreren Nutzungsmöglichkeiten** waren, zumindest in einem der Pilotbetriebe, eine gute Lösung. Gerste kann zum Silieren geerntet werden, wenn die Produktion anderer Futtermittel gefährdet ist oder sie kann als Körnergetreide geerntet werden, wenn der Betrieb mit Futtermitteln ausreichend versorgt ist. In den atlantischen Gebieten mit günstigeren Bedingungen für die Futtermittelproduktion bestand die Herausforderung darin, die **Produktion zu diversifizieren**. Die Fruchtfolge wird hier eindeutig von Silomais dominiert, der hohe Erträge liefert, aber in einigen Fällen das Risiko trägt, die einzige Futterquelle zu sein. Gute Beispiele, die diesem

Risiko entgegenwirken können, ist der Anbau von Ackergras und Erbsen, die zusammen mit Silomais einsiliert werden können. Oder der Anbau von Luzerne, die ohne Bewässerung im Vergleich zur bewässerten Variante zwar mit niedrigeren Erträgen aufwartet, aber immer noch eine hochwertige Futterquelle darstellt und auch als Silage verwendet werden kann. Fast alle Pilotbetriebe verfügen über **gute Silagetechniken und -anlagen**, da dieser Punkt für die Verbesserung der Futterautonomie entscheidend ist. Auch die **Anpassung der Rationen** steht im Vordergrund. Tierernährungswissenschaftler von Calidad Pascual entwickelten ein ehrgeiziges Programm zur Verbesserung der Proteineffizienz. Sie sehen darin Potenzial zum Abbau von Hitzestress durch eine Änderung der Rationszusammensetzung und zu einem Ausgleich des Faser-, Fett- und Proteingehalts in den Rationen, um die erzeugte Temperatur durch die Verdauung während Hitzeperioden zu reduzieren.

Schließlich werden von der landwirtschaftlichen Branche **verbesserte Versicherungsmodelle** zur Abdeckung der allmählich bekannten Auswirkungen des Klimawandels gefordert. Ein System mit einem objektiven Bewertungssystem, Schwellenwerten für kritische Wetterereignisse und messbaren Auswirkungen würde es den landwirtschaftlichen Betrieben ermöglichen, negative Auswirkungen durch außergewöhnliche Wetterereignisse finanziell abzudecken, die ihre landwirtschaftliche Produktion und das Tierwohl beeinträchtigen.

4.3.2. Beweidungs-Managementplan und Keyline-Design in El Baldío · SPANIEN

UNTERSUCHTER BETRIEBBEREICH: Dehesa - Extensive Viehhaltung in einem Agroforstsystem mit extensivem Grünland.



In Talaván, einem Dorf in der Region Extremadura im Westen Spaniens, besitzt die Fundación Global Nature (FGN) eine Dehesa (beweidete Eichenhaie) von 232 ha. Sie wird für die extensive Viehzucht mit lokalen Rinder- und Schafrassen genutzt. Der Betrieb verfügt über einen sehr gesunden, offenen Eichenwald. Der Boden zeichnet sich jedoch durch einen hohen Anteil an unbewachsenen Stellen aus, was ein hohes Erosionsrisiko und eine geringe Wasserspeicherkapazität darstellt.

Die größten Herausforderungen hinsichtlich des Klimawandels sind für diesen Betrieb die zunehmenden Dürren, sinkender Niederschlag, Wüstenbildung, Bodenverschlechterung, extreme Temperaturen (Hitzeperioden), zunehmender Schädlings- und Krankheitsbefall sowie der Verlust der biologischen Vielfalt aufgrund der immer extremer werdenden Bedingungen.



ABB. 34. Blanca Cacereña Kühe, El Baldío. Quelle: FGN.

Ausgehend von diesen Projektionen sind nachhaltige Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel dringend erforderlich. Aufgrund der im Rahmen des Projekts für diesen Betrieb durchgeführten Klimawandel-Checks wurden eine Reihe von Anpassungsmaßnahmen vorgeschlagen, von denen einige bereits umgesetzt werden.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF			
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12				
01.	NIEDERSCHLAG < 159mm																↑ 5%
02.	NIEDERSCHLAG < 97mm																↑ 18%
03.	NIEDERSCHLAG < 25mm																↑ 21%
04.	DÜRREPERIODEN (Anzahl der Perioden von 12 Tagen ohne Niederschläge)																↑ 30%
05.	DURCHSCHNITTSTEMPORATUR < 8°C																↓ 12%

AUSWIRKUNGEN AUF DIE GRÜNLANDPRODUKTION:



ACI 1: beeinflusst das Grünlandwachstum im Herbst, das 25% der Jahresproduktion entspricht.

ACIs 2 und 3: beeinflusst das Grünlandwachstum im Frühjahr, das 75% der Jahresproduktion entspricht. Die Vegetationszeit für Grünland wird durch die Kombination von sinkenden Niederschlägen und höheren Temperaturen verkürzt.



ACI 4: beeinflusst die Qualität des Grünlandes. Leguminosen benötigen periodische Niederschläge für ein optimales Wachstum, da ihre Wurzeln sehr oberflächlich sind - die Oberseite des Bodens sollte feucht sein.

ACI 5: beeinflusst die Grünlandproduktion, indem sie die Quantität erhöht, aber die Qualität durch das Ausbleiben der Vernalisation der Leguminosen verringert.

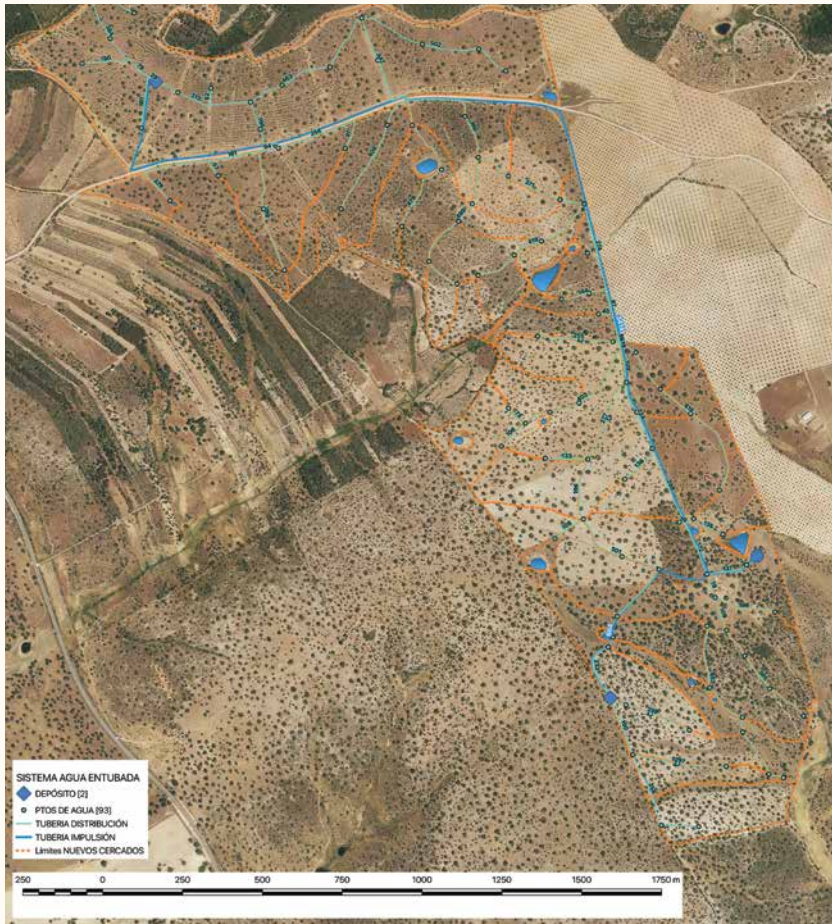


ABB. 35. Paddock-System und Wasserstellengestaltung für El Baldío. Quelle: FGN.

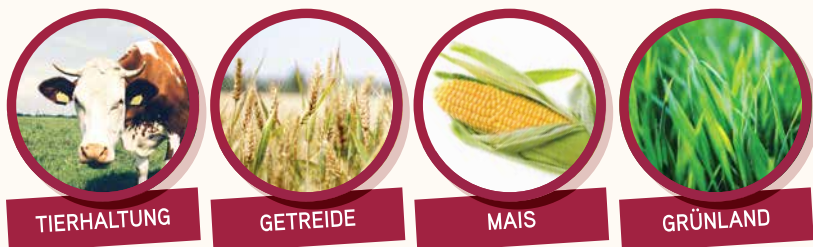
Eine der ersten Maßnahmen, die vom Betrieb ergriffen wurden, war die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Bodens und eines verbesserten Wasserkreislaufs durch ein **Keyline-Design**.

Keyline Design ist eine Landschaftsbautechnik zur Maximierung der Nutzung von natürlichen Wasserressourcen auf Betriebsebene. Die zentrale Idee hinter Keyline Design ist es, Wasser in größtmöglicher Höhe einzufangen und durch Schwerkraft auf die trockeneren Bereiche zu verteilen. Ziel ist es, die Verweildauer des Wassers im Betrieb zu maximieren, indem es gleichmäßig verteilt wird und Verluste durch schnellen Abfluss vermieden werden. Dieser Entwurf basiert auf einer umfassenden topographischen Analyse und seine Umsetzung basiert auf präzisen Pfluglinien, die mit spezifischen Geräten durchgeführt werden - dem Yeoman-Pflug, einem Tiefenlockerer mit sehr dünnen und geraden Schäften.

Des Weiteren wurde ein **verbesserter Weidemanagementplan** entwickelt, der sich darauf konzentriert, sowohl die Größe der Parzellen zu reduzieren, in denen die Tiere weiden und sich ausruhen als auch die Zeit, in der sie dort bleiben. Diese kürzeren Weidezeiten auf einer kleineren Fläche sorgen für eine sehr hohe Belastung der Wiesen in sehr kurzer Zeit, was jedoch zu einem besseren Graswachstum und zu weniger Krankheitsproblemen (Parasiten benötigen meist sieben Tage, um ihren Lebenszyklus abzuschließen) beiträgt sowie eine positive Auswirkung auf die Tiere hat. Nach der Weidezeit bekommen alle Parzellen genügend Erholungszeit.

4.3.3. Futtersorghum, Futtergemenge - ein besonderes Augenmerk auf die Anpassung in der Milchviehhaltung · FRANKREICH

UNTERSUCHTE BEREICHE: Milchkühe, Fleischrinder, Futterbau und Getreideerzeugung.



Im Südwesten Frankreichs betreiben Herr Assemat und sein Sohn Viehzucht und bewirtschaften 380 ha LN (landwirtschaftliche Nutzfläche). Derzeit werden 240 Milchkühe (23 Millionen Liter Milch pro Jahr) und 80 Fleischrinder gehalten. Neben 145 ha Dauergrünland werden Silomais (80 ha, bewässert), Getreidegemenge (60 ha), Weichweizen (60 ha) und Wechselgrünland (35 ha) angebaut. Sie nutzen jährlich 2.000 m³/ha Wasser für die Silomaisbewässerung, was insgesamt 170.000 m³ entspricht. Sie sind zu 100% unabhängig in ihrer Futtermittelproduktion und arbeiten nach konventionellem Anbausystem. Kürzlich wurde auch eine Biogasanlage in Betrieb genommen, um das Einkommen des Betriebs zu diversifizieren und die Energie aus der Gülle der Nutztiere sinnvoll zu nutzen.



ABB. 36. Biogasanlage. Quelle: Solagro.

Die Klimaprojektionen, die zur Unterstützung des Klimawandel-Checks herangezogen wurden, zeigen erneut, dass der Betrieb unter reduzierten Niederschlägen (-6% pro Jahr und einem Rückgang um 66 mm im Sommer), höheren

Temperaturen (+0,3 °C pro Jahrzehnt der Jahrestemperatur, einer Durchschnittstemperatur von etwa 20 °C im Sommer), einem höheren Wassermangel (+24%) und häufigeren Hitzeperioden leiden wird. Die Anzahl der Tage über 25 °C pro Jahr wird sich voraussichtlich verdoppeln.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)				☀️	☀️	☀️	☀️						↑ 22%
02.	T MAX > 25°C (Anzahl der Tage)			🌡️	🌡️	🌡️	🌡️							↑ 67%
03.	T MAX > 32° C (Anzahl der Tage)						🌡️	🌡️	🌡️	🌡️				↑ 167%
04.	NIEDERSCHLÄGE IM FRÜHJAHR				💧	💧	💧							↓ 15%
05.	HITZESTRESS (Anzahl der Tage pro Jahr)					🌡️	🌡️	🌡️	🌡️	🌡️				↑ 68%



AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN UND TIERE:

ACIs 1, 2 und 4: frühere Reifung, weniger Biomasse, kleinere Körner und geringere Erträge.



ACIs 1, 3 und 4: Befruchtung, Getreidentwicklung und Kornfüllungsphase können beeinträchtigt werden.



ACIs 1 und 4: Die Grünfutterproduktion könnte um 10% sinken.
ACIs 2 und 3: Begrenzung des Grünlandwachstums im Sommer.



ACI 5: Der Temperatur-Feuchtigkeitsindex (THI) entspricht dem Hitzestress durch hohe Temperaturen in Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit, was zu einer geringeren Milchproduktion und einer möglichen Verschlechterung der Milchqualität führt.



Die Futterbiomasse, die jährlich aus Dauer- und Wechselgrünland erzeugt wird, wird in naher Zukunft abnehmen, vor allem aufgrund von zunehmender Trockenheit während der Frühjahrs/Sommer-Periode. Deshalb besteht eine der in Betracht gezogenen Anpassungsmaßnahmen darin, die **Rindermast einzustellen**. Durch die Reduzierung des Tierbestandes können dann die Milchkühe ausreichend mit Futter versorgt werden, indem der Anteil des Weidefutters in ihrer Ernährung erhöht wird. Mit der zunehmenden Variabilität der Futterqualität aufgrund von Klimaveränderungen kann der Betrieb den Grünlandaufwuchs nun zur Energiegewinnung (Biogasanlage) einsetzen, wenn die Futterqualität für die Ernährung der Tiere nicht ausreicht. Darüber hinaus werden im Betrieb Strategien zur Vermeidung von unbewachsenen Flächen entwickelt, indem **Zwischenkulturen für die Biogaserzeugung angebaut** werden, die den Boden gleichzeitig vor Erosion schützen und seine Fruchtbarkeit verbessern.

Unter Berücksichtigung der Probleme, die sich aus dem hohen Wasserbedarf von Silomais ergeben, gibt es betriebliche Überlegungen, **Sorghum** zur Silageerzeugung einzuführen und den Mais nach und nach durch diese weniger wasserintensive Nutzpflanze zu ersetzen. Eine Verringerung der bewässerten Maisfläche führt gleichzeitig dazu, dass der Betrieb in Zukunft über ausreichend Wasser für die Bewässerung von Getreide verfügt, um stabile Getreideerträge zu erzielen und weniger abhängig von externen Futtermittelkäufen zu sein.

Wenn es um Tierernährung und den Milch-/Rindfleischertrag geht, ist Eiweiß ein Schlüsselfaktor. Daher wird der **Ersatz von Weichweizen durch Getreidegemenge** (mit einem höheren Proteingehalt) eine bessere Ernährung mit einer geringeren Futtermenge gewährleisten.

Im Hinblick auf den negativen Trend des Wärmekomforts der Kühe (THI) aufgrund der Zunahme der Anzahl von Hitzewellen hat sich der Betrieb entschlossen, die Belüftung des Gebäudes zu verbessern. Dies wird durch **Lüfter oder Ventilatoren** und auch **Vernebelungsanlagen** gewährleistet, um die Auswirkungen auf die Tiere (Rückgang der Milchleistung, Fruchtbarkeitsstörung, -ausfall) zu reduzieren, zumal der Preis für die Milch im Sommer höher ist. Ebenso wird der Betrieb in diesen kritischen Zeiten mehr Aufmerksamkeit auf das Management der Herde richten (**Fütterung nachts und Anpassung des Energiegehalts der Fütteration**).



ABB. 37. Holstein Milchkuh. Quelle: Solagro.

4.3.4. Verbesserter Komfort und nachhaltigere Futterproduktion im Bodenseekreis · DEUTSCHLAND

UNTERSUCHTE BEREICHE: Milchkühe und Nachzucht, Futtermittelproduktion.



TIERHALTUNG



GETREIDE



MAIS



GRÜNLAND

Der Milchviehbetrieb liegt im Landkreis Bodenseekreis auf 460 m ü. NHN. Der Schwerpunkt des Betriebs liegt auf der Milchviehhaltung mit Nachzucht. Auf dem Betrieb werden etwa 115 Milchkühe (Fleckvieh-Rasse) gehalten, deren durchschnittliche Milchproduktion bei etwa 8.600 Liter Milch pro Kuh und Jahr liegt. Sämtliche 100 ha LN (landwirtschaftlicher Nutzfläche) werden für die betriebliche Futtermittelproduktion genutzt. Wichtig ist dem Betrieb, dass der Boden möglichst das ganze Jahr über bedeckt ist. Folgende Fruchtfolge wird eingehalten: (Silo-)Mais, Winterweizen, Wintergerste.

Seit 2017 hat der Betrieb durch die Investition in einen Selbstbedienungsautomaten eine weitere Einkommenssäule geschaffen. Damit bieten sie 24 h am Tag verschiedene Produkte für die Kunden an (Milch, Wurst, Fleisch, Honig, Eier...).

Die größten klimatischen Herausforderungen für den Betrieb sind die zunehmenden jährlichen Durchschnittstemperaturen, die Zunahme der Tage über 25 °C und die Verringerung der klimatischen Wasserbilanz.



ABB. 38. Fleckviehkalb. Quelle: Bodensee-Stiftung.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
01.	KLIMATISCHE WASSERBILANZ (P-ETP)														↑ 132-160%
02.	T MAX > 25°C (Anzahl der Tage)														↑ 70%
03.	T MAX > 28°C (Anzahl der Tage)														↑ 122%
04.	DURCHSCHNITTSTEMPERATUR														↑ 17%
05.	NIEDERSCHLÄGE														↓ 8-15%
06.	THI VON MÄSSIGEM STRESS (Anzahl der Tage)														↑ 325% 9 days



AUSWIRKUNGEN AUF NUTZPFLANZEN UND NUTZTIERE:

ACIs 1 und 2: frühere Reifung, kleinere Körner und niedrigere Erträge.

ACI 4: Verlängerung der Wachstumsperiode, aber auch Zunahme des Schädlings-, Krankheits- und Unkrautdrucks.



ACIs 1, 3 und 5: Befruchtung, Getreidentwicklung und Kornfüllungsphase können beeinträchtigt werden.

ACI 4: Verlängerung der Wachstumsperiode, aber auch Zunahme des Schädlings-, Krankheits- und Unkrautdrucks.



ACIs 1, 3 und 5: beeinflusst das Wachstum negativ und kann sogar zum Ausfall von ganzen Schnitten führen.

ACI 4: Verlängerung der Wachstumsperiode, aber auch Zunahme des Schädlings-, Krankheits- und Unkrautdrucks.



ACI 6: Vermehrter Stress durch hohe Temperaturen, was zu einer geringeren Milchproduktion und gesundheitlichen Einschränkungen führen kann



Um den in der obigen Abbildung dargestellten negativen Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen, gehen betriebliche Überlegungen dahin, zusätzlich **Kleegras** in die Fruchtfolge einzuführen. Dies würde sich positiv auf den Boden auswirken, indem es einen Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit leistet und den Humusgehalt verbessert. Durch den Einsatz von angepasstem Kleegrassaatgut (diverse Mischung mit hitze-/trockentoleranten Mischungspartnern) kann auf die Anforderungen der sich verändernden Bedingungen relativ kurzfristig reagiert werden, wodurch die Widerstandsfähigkeit des Betriebs verbessert werden kann. Eine Erhöhung der Biodiversität in der Fruchtfolge geht einher mit einem vielseitigeren Bodenleben, das wiederum zu einem gesunden Boden und gesunden Pflanzen beiträgt.

Bisher wird auf dem Betrieb vor allen Hauptkulturen gepflügt. **Eine Erweiterung der reduzierten Bodenbearbeitung**, z.B. vor Mais, kann dazu beitragen, die Bodenmikroorganismen zu fördern und eine stabile Bodenstruktur sowie die Wasserspeicherkapazität zu verbessern. Somit kann der Boden Niederschläge besser aufnehmen und die Bodenfeuchte länger bewahren. Dies kann bei extremen Wetterbedingungen wie Starkniederschlägen und längeren Trockenperioden von großer Bedeutung sein.

Eine weitere Anpassungsmaßnahme auf Betriebsebene ist die Verwendung von **trockentoleranten und früh reifenden Getreidesorten** (z.B. begrannter Winterweizen), um den stärksten Hitzestress im Juli und August zu vermeiden. Diese Maßnahme wurde durch die **frühere Aussaat von Mais** im Frühjahr und der Verwendung **spätreifer Maissorten** ergänzt. Dies trägt dazu bei, dass der Mais im Sommer mit Hitze- und Wasserknappheit besser zurechtkommt und diese Belastung während der empfindlichsten Entwicklungsphasen (Blüte, Kornbildung) reduziert werden kann. Einige der trockensten Weideflächen werden bereits heute u.a. mit **trockentoleranten Arten und Sorten nachgesät**.

Im Hinblick auf das Wohlbefinden der Rinder wurden bereits **weitere Ventilatoren** und **Sprinkler** im Stall für die Milchkühe und Jungrinder installiert, um den Hitzestress der Tiere zu reduzieren. Um die Wärmeentwicklung im Stall im Sommer weiter zu reduzieren ist geplant, zukünftig auch einige Tiergruppen auf die **Weide** zu bringen. Wichtig dabei ist, für eine **ausreichende Wasserversorgung** und für **Schattenplätze** auf den Weideflächen zu sorgen. Damit der Verlust von Mineralien durch das vermehrte Schwitzen der Tiere während Hitzeperioden ausgeglichen wird, ist es wichtig, die **Mineralfuttermgaben** zu erhöhen (+20%) und zusätzliches Viehsalz anzubieten.



ABB. 39. Mehr Ventilatoren. Quelle: AgriAdapt.

4.3.5. Neues Futterlager und höhere Viehbesatzdichte in der Region Valgamaa · ESTLAND

UNTERSUCHTE BEREICHE: Fleischrinder.



Im Süden Estlands (nahe der lettischen Grenze) liegt ein Biobetrieb, der seit 20 Jahren Fleischrinder hält. Der Betrieb bewirtschaftet 1.200 Hektar, davon 600 ha naturnahes Grünland (100 ha Natura 2000-Flächen) und 57 ha Wald. Es werden 160 Hereford-Kühe gehalten (eine Rasse mit beträchtlichen Hörnern) und 7 Pferde (Zugtiere). Die meisten Flächen befinden sich im Landschaftsschutzgebiet Koiva-Mustjõe, das von Flüssen, Flussauen und Wäldern durchzogen ist. Die Wiesen im Schutzgebiet sind das Ergebnis jahrhundertelanger Mahd und Beweidung. "Der Schutz von Naturschutzgebieten ist unsere Haupttätigkeit und unser Hauptziel, die Rindfleischproduktion sekundär", sagt der Landwirt.

Nach der Durchführung des Klimawandel-Checks wurde festgestellt, dass die größten Herausforderungen des



ABB. 40. Viele Bäume und Sträucher - typische Weideflächen für Fleischrinder. Quelle: Estonian University of Life Sciences.

Klimawandels für diesen Betrieb mit einem Anstieg der jährlichen Durchschnittstemperatur und der Zunahme der Anzahl der heißen Tage verbunden sein werden. Bei Frühlingshochwasser und starken Niederschlägen werden die Uferwiesen zu nass. Die spezifischen agroklimatischen Indikatoren sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Wichtigste agroklimatische Indikatoren (ACIs), Projektionen für die nahe Zukunft (NF) und Auswirkungen

Nr.	ACIs	KALENDER												NF	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
01.	DURCHSCHNITTSTEMPERATUR														↑ 14%
02.	T > 25° C (Anzahl der Tage)														↑ 11%
03.	DATUM DES ERSTEN WEIDEAUSTRIEBES														↓ 5 days earlier
04.	STARKE REGENFÄLLE														↑ 11%
05.	THI VON MÄSSIGEM STRESS (Anzahl der Tage)														↑ Peaks



AUSWIRKUNGEN AUF GRÜNDLAND UND NUTZTIERE:

ACIs 1 und 2: beeinflusst das Wachstum positiv, verlängert die Vegetationszeit und erhöht die Produktion.

ACI 3: Grünland kann früher beweidet werden, was zu Einsparungen bei Futtermitteln führt.



ACI 4: Überschwemmungen verursachen erhebliche Ertragseinbußen, Unterbrechungen bei der Beweidung und Ernte.

ACIs 1, 2 und 5: die THI-Werte bleiben stabil, aber es wird erhebliche Temperaturhöchstwerte geben, die das Tierwohl und damit die Milchproduktion beeinträchtigen.



Aufgrund der günstigeren Bedingungen für die Grünlandproduktion und des früheren Datums der ersten Beweidung erwägt der Betrieb die Anschaffung von weiteren Kühen. Eine **höhere Viehbesatzdichte** auf einer **kleineren Fläche mit kürzerer Standzeit**, gefolgt von einer längeren Erholungszeit, erhöht die Menge des auf der Weide produzierten Grases und damit die Qualität und Produktivität des Futters. Eine solche Grünlandbewirtschaftung verbessert darüber hinaus die Wurzeltiefe und -qualität der Pflanzen. Dieses System ist zum einen für den Schutz und Erhalt der Lebensräume und zum anderen für eine Rentabilität des landwirtschaftlichen Betriebes geeignet.

Der Betrieb hat seine **Futterlagerkapazität erhöht**, um das eingelagerte Futter während langer Dürreperioden im Sommer nutzen zu können. Auch im Frühjahr und Herbst, wenn die Flussauen von Starkregen oder Überschwemmungen betroffen sind, werden vermehrt Futterreserven benötigt.

Obwohl die Temperaturen in naher Zukunft steigen werden, wird ein **geeigneter Stall** dazu beitragen, dass alle Tiere im Winter oder bei extremen Wetterbedingungen im Stall bleiben können, was wiederum die tägliche Gewichtszunahme im Winter und damit die Rentabilität des Betriebs erhöht. Die Stallhaltung reduziert somit auch das Risiko der Nährstoffauswaschung in niederschlagsreichen Wintern.

Angedacht ist, **die Abkalbezeit in das frühe Frühjahr zu legen**, da zu dieser Zeit weniger Bremsen und andere Ektoparasiten vorhanden sind.



ABB. 41. Erhöhte Lagerkapazität für Futtermittel. Quelle: Estonian University of Life Sciences.





05 Schlussfolgerungen

und Leitlinien durch nachhaltige Anpassungsmaßnahmen

Es gibt noch viele weitere Beispiele für eine nachhaltige Anpassung an den Klimawandel. Die Beispiele der Pilotbetriebe machen es aber deutlich: Eine nachhaltige Anpassung an den Klimawandel in Europa wird auf die eine oder andere Weise (unabhängig von der Region) notwendig sein und es ist die Aufgabe des Agrarsektors, darauf vorbereitet zu sein. Erstens, um die Ertragsstabilität zu gewährleisten, zweitens, um zur weltweiten Ernährungssicherheit beizutragen und schließlich, um den Erhalt der Umwelt zu gewährleisten, von der Menschen und viele andere Lebewesen abhängig sind. Der Agrarsektor wird sicherlich eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Herausforderungen spielen, die der Klimawandel mit sich bringt.

Obwohl es Unterschiede in der Art und Weise gibt, wie sich der Klimawandel auf die einzelnen Klimarisiko-Regionen in Europa auswirken wird, sind nachhaltige Anpassungsmaßnahmen in der Regel sehr ähnlich. Es bedarf kleinere Anpassungen je nach Region, Betrieb oder Betriebstyp. Dies ermöglicht den Vorschlag einer Vielzahl von nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen, die europaweit umgesetzt werden können, um den Anpassungsprozess zu erleichtern und die Kräfte zu bündeln.

Im Wesentlichen befassen sich die nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen mit sieben entscheidenden Komponenten für die Anpassung: Bodenmanagement, Nährstoffmanagement, Wassermanagement, Schädlings- und Krankheitsmanagement, Erträge und Gewinn, Risiken und Tierwohl. Die Bedeutung jedes dieser Elemente wird im Folgenden erläutert:

- **BODENMANAGEMENT:** Der Boden spielt eine Schlüsselrolle bei der Pflanzenernährung, der Wasserspeicherung und der Gesundheit unserer Pflanzen. Daher müssen Struktur, Gehalt an organischer Substanz und Bodenleben (u.a. nützliche Pilze, Bakterien oder Arthropoden) gut gepflegt werden. Lebende Böden mit

einem hohen Anteil an organischer Substanz können Wasser besser aufnehmen und länger speichern und sind in der Lage, gegen die Auswirkungen bestimmter klimatischer Bedingungen Widerstand zu leisten.

- **NÄHRSTOFFMANAGEMENT:** Nährstoffe sind für die Pflanzenentwicklung unerlässlich. Die Bodenfruchtbarkeit sollte jedoch nicht als isolierter Faktor verstanden werden, der durch den Einsatz von chemischen Düngemitteln angegangen wird, sondern als integriertes Element, in dem Nährstoffbedarf, organische Substanz (unter anderem Zwischenfrüchte, Ernterückstände), Bodenleben und Bodenstruktur in der Pflanzenernährung zusammenwirken.

- **WASSERMANAGEMENT:** Wasser ist eine grundlegende, knappe und gefährdete Ressource. Aufgrund des Klimawandels und des steigenden Wasserbedarfs für den menschlichen und industriellen Verbrauch wird die Verbesserung der landwirtschaftlichen Systeme hin zu einer geringeren Wasserabhängigkeit von großer Bedeutung sein. Beim Wassermanagement geht es nicht nur um die Bewässerung. Es müssen Techniken zur Verringerung des Wasserbedarfs, zur Verbesserung der Wasserrückhaltung und -speicherung im Boden sowie zur Verbesserung der Wassernutzungseffizienz eingesetzt werden.

- **SCHÄDLINGS- UND KRANKHEITSMANAGEMENT:** Seit der "grünen Revolution" galten chemische Pflanzenschutzmittel als Antwort auf die Frage nach besseren Erträgen und Gewinnen. Die Verwendung von Chemikalien ist jedoch mit Risiken wie der Resistenzentwicklung durch viele Schädlinge und Krankheiten (mit kritischen Ausbrüchen von Schädlingspopulationen) sowie einem erheblichen Rückgang der Nutzfauna (räuberische Nützlinge, und parasitäre Arthropoden, Nutzpilze oder Vögel, u.a.) verbunden. Ziel sollte es sein, die Pflanzen und Anbausysteme resistenter gegen Schädlinge und Krankheiten zu gestalten, ohne Chemikalien verwenden zu müssen.

- **ERTRÄGE UND GEWINN:** Aufgrund des Klimawandels werden zusätzliche Produktionskosten notwendig sein, um die Erträge zu erhalten oder zu verbessern. Fast jede Anpassungsmaßnahme wird am Ende zu besseren Erträgen oder Gewinnen führen (z.B. durch Einsparungen bei Wasser, Düngemitteln oder Arbeitszeit). Vor allem werden die Maßnahmen, die speziell zur Verbesserung oder Sicherung von Erträgen und Gewinnen bestimmt sind, erheblich dazu beitragen.

• **RISIKEN:** Extreme Witterungsbedingungen, insbesondere in kritischen Wachstumsphasen der Pflanzen, können zu enormen Ertragseinbußen führen. In diesem Sinne müssen auch Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in der Lage sein, diese Risiken auszugleichen. Falls sie nicht allein durch landwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen ausreichend reduziert werden können, könnte eine Versicherungspolice den wirtschaftlichen Schutz gewährleisten.

• **TIERWOHL:** Hitzestress in der Tierhaltung führt zu einer geringeren Milch- oder Fleischproduktion und zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen beim Tier. Der Temperatur Feuchtigkeitsindex (THI) ist der Faktor, der den Stress des Tieres unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit misst. Jede Maßnahme, die dazu bestimmt ist, diesen Stress zu verringern und den Komfort der Tiere zu erhöhen, wird bei der Anpassung helfen.

Außerdem gibt es eine **achte Komponente, die von diesen nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen betroffen ist: die Biodiversität.** Die Biodiversität kann als die Anzahl und Vielfalt der Organismen betrachtet werden, die sich ein Ökosystem teilen (Pflanzen, Vögel, Säugetiere oder Reptilien; aber auch kleine Arthropoden, Pilze, Bakterien oder sogar die Nutzpflanzen, die wir anbauen). Sie ist in jeder der anderen sieben Komponenten enthalten. Bessere Böden sorgen für mehr Bodenleben. Eine grüne Fläche sichert eine höhere Vielfalt der Organismen, die Diversifizierung der Nutzpflanzen führt zu mehr Arten im Ökosystem und eine höhere Effizienz bei

der Bewässerung verhindert, dass die Gewässer austrocknen. Deshalb wurde dieses achte Element nicht isoliert betrachtet, sondern als ein wichtiger Faktor, der einen festen Bestandteil in allen Elementen darstellt.

Die im letzten Kapitel vorgestellten Fallstudien beinhalten verschiedene nachhaltige Anpassungsmaßnahmen. Viele weitere davon finden Sie auf der Website des Projekts LIFE AgriAdapt (www.agriadapt.eu), unterteilt in Regionen und Anbausysteme. Sie können sehr einfach eingesehen oder in Form von Maßnahmenblättern heruntergeladen werden. Die verschiedenen Maßnahmen werden sehr praxisnah dargestellt, ebenso wie ihr Nutzen, die Klimarisiko-Region, die meteorologischen Ereignisse, an die sich der Betrieb anpasst, die Einführungszeit (lang-, mittel- oder kurzfristig) und die Informationen darüber, wie sich diese Maßnahmen auf mehrere Nachhaltigkeitskomponenten auswirken können (Treibhausgasemissionen, Boden, Luftqualität, Wasser, Biodiversität, Tierwohl, wirtschaftliche, soziale und technische Tragfähigkeit).

Um einen Eindruck davon zu vermitteln, sind einige der am häufigsten durchgeführten Maßnahmen in der folgenden Tabelle aufgeführt. Es werden einzelne Maßnahmen bezogen auf die landwirtschaftlichen Betriebstypen vorgestellt, in denen sie umgesetzt werden können sowie die Komponenten benannt, auf die sie sich auswirken. Die meisten Maßnahmen betreffen mehrere Komponenten und können in mehr als einem Anbausystem umgesetzt werden.



ABB. 42. Viehzucht "El Baldío" (Spanien). Eine verbesserte Weide mit mehr Artenvielfalt verhindert Erosion, lässt mehr Wasser in den Boden eindringen, sorgt für eine bessere Tierernährung und verbessert die Nutzfauuna (Bestäuber, Vögel, Reptilien, nützliche Arthropoden, Pilze oder Bakterien). Außerdem bieten die großen Eichen Schatten, der von den Tieren zur Verringerung ihres Hitzestresses und von einigen Grünlandarten genutzt werden kann, um trotz der hohen Temperaturen im Sommer weiter zu wachsen. Biodiversität ist der Schlüssel! Quelle: FGN.

Die Betriebstypen sind in dieser Tabelle wie folgt gekennzeichnet:

- Ackerbau
- Dauerkulturen
- Tierhaltung

MASSNAHMEN	BODEN-MANAGEMENT	NÄHRSTOFF-MANAGEMENT	WASSER-MANAGEMENT	SCHÄDLINGS- UND KRANKHEITSBEKÄMPFUNG	ERTRÄGE/GEWINN	RISIKEN	TIERWOHL	BETRIEBSTYP
Vielfältige Fruchtfolge								● ●
Erhöhung der Sortenvielfalt								● ● ●
Ackerrandstreifen mit einheimischer Vegetation, Hecken, Windschutz und Einzelbäumen								● ● ●
Anbau neuer Nutzpflanzen und Sorten aus ähnlichen Klimazonen (z.B. Sojabohnen, Sonnenblumen)								● ● ●
Verwendung von lokal angepassten und traditionellen Sorten								● ● ●
Fokus auf Qualität statt Quantität								● ● ●
Anpassung der Aussaat-, Schnitt- und Erntetermine								● ● ●
Grünschnitt zum Ausgleich von Blatt- und Fruchtmasse								●
Ausdünnung von Früchten/Büscheln								●
Verwendung von Zwischenfrüchten, Gründüngung und Untersaaten zur Vermeidung von unbedeckten Böden								● ● ●
Reduzierte Bodenbearbeitung								● ● ●
Vermehrte Zugabe von organischen Düngern								● ● ●
Keyline-Technik								● ● ●
Effizientes Bewässerungssystem								● ● ●
Austausch von bewässerungsbedürftigen Kulturen								● ●
Einsatz von Instrumenten zur Entscheidungsunterstützung								● ● ●
Hagel- und Frostschutz (Hagelnetze, Kerzen)								● ● ●
Nutzung neuer technologischer Verbesserungen								● ● ●
Angemessene Tierdichte in Ställen								●
Verbesserte Kühlsysteme (offene Ställe, Ventilatoren, Beschattung von Ställen, Schutz für Tiere im Freien)								●
Erhöhung der Futterlagerkapazität								●
Erhöhung der Futterautonomie								●
Verbesserung der Erreichbarkeit von Tränken im Stall und auf der Weide								●
Verbesserung des Weidemanagements zur Steigerung der Quantität und Qualität von Weiden								●
Genetische Verbesserungen (Rassenkreuzung, Fremdbestäubung, Veredelung)								● ● ●

06 Kontakte



Bodensee-Stiftung (Deutschland)

PATRICK TRÖTSCHLER
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell am Bodensee, DEUTSCHLAND
+49 (0) 7732 9995 40 · +49 (0) 7732 9995 49
p.troetschler@bodensee-stiftung.org
www.bodensee-stiftung.org



Eesti Maaülikool (Estland)

RAGNAR LEMING
Kreutswaldi 1,
Tartu 51006, ESTLAND
+372 731 3001
ragnar.leming@emu.ee
www.emu.ee



Fundación Global Nature (Spanien)

EDUARDO DE MIGUEL
C/Tajo, 2
28231, Las Rozas de Madrid, SPANIEN
+34 91 710 44 55
edemiguel@fundacionglobalnature.org
www.fundacionglobalnature.org



Solagro (Frankreich)

NICOLAS MÉTAYER
75 Voie du TOEC, cs 27608
31076 Toulouse Cedex 3, FRANKREICH
+33 5 67 69 69 69
nicolas-metayer@solagro.asso.org
www.solagro.org

07 Danksagung

Die Partner des Projekts **AgriAdapt** bedanken sich herzlich für die Teilnahme der Landwirt*innen und Unternehmen, die sich freiwillig dem Netzwerk von mehr als 120 Pilotbetrieben in Deutschland, Frankreich, Estland und Spanien angeschlossen haben. In den drei Jahren des Projektes war ihr Engagement für die Durchführung von Bewertungen in sehr unterschiedlichen Regionen und landwirtschaftlichen Systemen unerlässlich. Ihr Interesse und ihr Verständnis für das Problem haben einen sehr konstruktiven Gedankenaustausch gefördert, der zur Umsetzung zahlreicher nachhaltiger Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel auf betrieblicher Ebene geführt hat. Deren Nutzen hat sich bestätigt. Diese Erfahrungen ermöglichen es, das Wissen zu erweitern, das für alle Landwirt*innen und Unternehmen nützlich ist, die ihre Betriebe an den Klimawandel anpassen wollen.

Redaktion:

Mitglieder des AgriAdapt-Teams

Grafik:

Natalia Martín Lago

November 2019

© AgriAdapt

Kofinanzierung Frankreich:



Kofinanzierung Deutschland:



LANDRATSAMT
BODENSEEKREIS




rentenbank



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM
UND VERBRAUCHERSCHUTZ

info@agriadapt.eu
www.agriadapt.eu



LIFE15 CCA/DE/000072