



KLIMA- UND LANDSCHAFTSWANDEL IN RHEINLAND-PFALZ

LANDWIRTSCHAFT

THEMENBLATT



Impressum

Herausgeber:
Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

Hauptstraße 16
67705 Trippstadt

Telefon: +49 (0) 6306 / 911-0
Telefax: +49 (0) 6306 / 911-200
Internet: www.klimlandrp.de
www.klimawandel-rlp.de

Verantwortlich:
Der Leiter des Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen

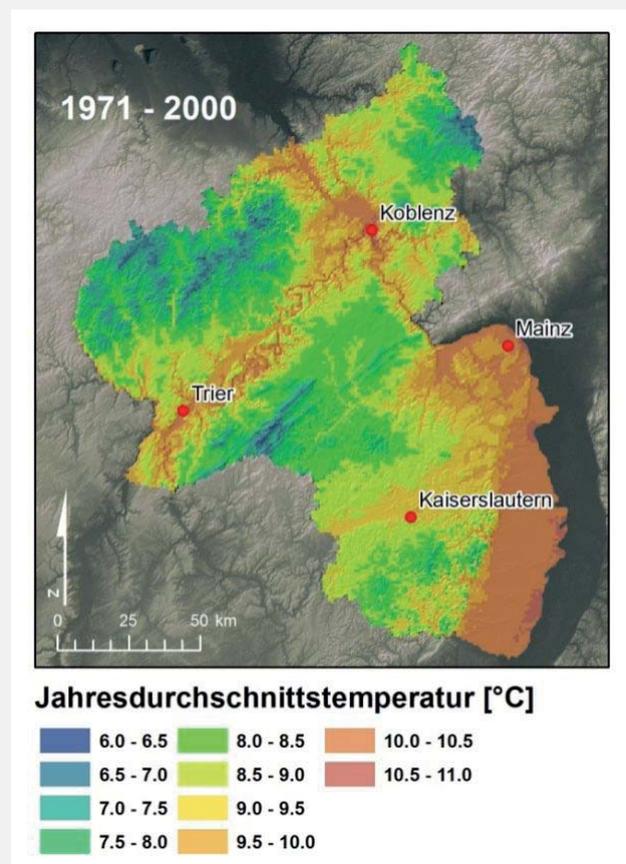
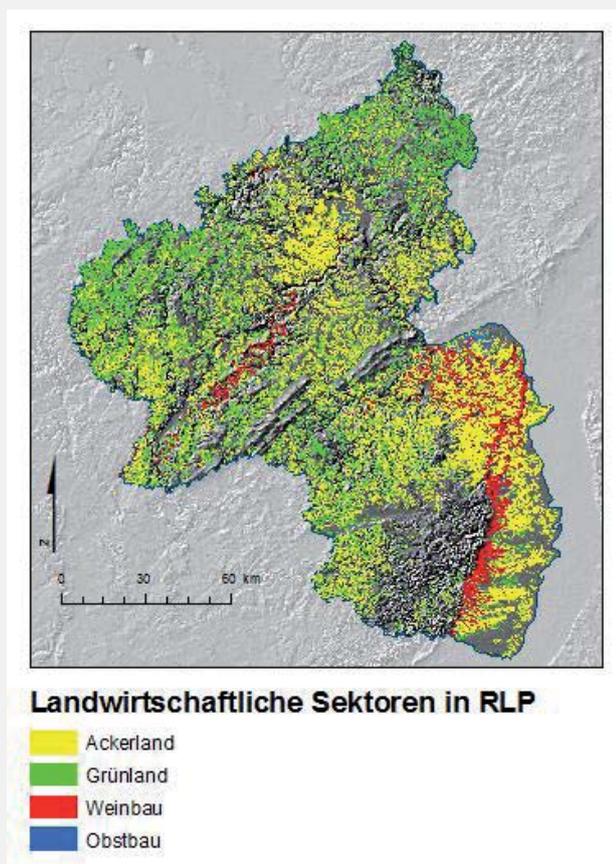
Einleitung

Etwa 36% der Landesfläche von Rheinland-Pfalz werden landwirtschaftlich genutzt (Abb. 1, links), das entspricht ca. 700.000 Hektar, die von mehr als 20.000 Betrieben bewirtschaftet werden. Den größten Sektor stellt der Ackerbau mit über 400.000 Hektar dar. Der zweite große landwirtschaftliche Zweig ist die Dauergrünlandbewirtschaftung mit etwa 233.000 Hektar, gefolgt von Weinbau mit knapp über 66.000 Hektar und dem Obstbau mit ca. 5000 Hektar (STATISTISCHES LANDESAMT 2012). Ackerbau wird in ganz Rheinland-Pfalz betrieben, wobei Rhein-

hessen flächenmäßig von besonderer Bedeutung ist. Grünlandbewirtschaftung findet sich verstärkt in den niederschlagsreichen und kühleren Mittelgebirgsregionen des Hunsrücks, der Eifel und des Westerwaldes. Weinbau (siehe hierzu Themenblatt „Weinbau“) findet aufgrund seines klimatischen Anspruchs vorwiegend in den Gunsträumen der größeren Flusstäler statt (Abb. 1, rechts). Hierzu zählen die Täler von Rhein, Mosel, Nahe und Ahr. Obst- und Gemüsebau wird überwiegend zwischen Bingen und Mainz, in der Vorderpfalz sowie im Koblenzer-Neuwieder Becken betrieben.

ABBILDUNG 1:

Landwirtschaftliche Nutzungen in Rheinland-Pfalz (Datengrundlage: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz RLP 2010) (links). Mitteltemperaturen in Rheinland-Pfalz für den Zeitraum 1971-2000, (Datengrundlage Deutscher Wetterdienst und Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht) (rechts).



Der Klimawandel zeigt sich durch veränderte mittlere klimatische Bedingungen auf unterschiedlichen Zeitskalen. Diese reichen von langjährigen bis hin zu saisonalen Änderungen. Darüber hinaus verändert sich die Klimavariabilität kurzfristiger Ereignisse (WEINBERGER 2009). Beides stellt die rheinland-pfäl-

zische Landwirtschaft vor Herausforderungen. Die Jahresmitteltemperatur hat sich im Zeitraum von 1901 bis 2011 um ca. 1,1 °C erhöht. Für die Zukunft wird je nach Emissionsszenario eine mittlere Erwärmung bis in das Jahr 2100 um weitere 2,5 bis 3,5 °C angenommen. Bereits heute wird eine Zunah-

me der Häufigkeit von Westwindwetterlagen festgestellt, welche verstärkt in den Wintermonaten, zum Teil aber auch im Herbst und Frühjahr zu tendenziell höheren Niederschlagssummen führen. Im Sommer hingegen wird ein Rückgang der Niederschläge beobachtet. Diese Entwicklung wird von einer großen Anzahl von Klimamodellen auch für die Zukunft projiziert. Neben diesen langjährigen bzw. saisonalen klimatischen Änderungen zeigen sich verstärkt auch kurzfristige Extremwettererscheinungen, wie Starkniederschläge oder intensive und länger anhaltende Hitze- und Trockenperioden.

Die Landwirtschaft ist ein klimasensitiver Wirtschaftszweig und muss sich daher an ein verändertes Klima, einschließlich einer höheren Variabilität und einer Zunahme von Extremereignissen, anpassen. Tab. 1 zeigt mögliche Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf Pflanzen. Die Vulnerabilität landwirtschaftlicher Flächen ist eng verbunden mit deren Standorteigenschaften. Von den Eigenschaften hängt die Eignung für eine landwirtschaftliche Nutzung ab. Wichtige Standortparameter sind direkt an das Klima gebunden und werden durch Klimaveränderung beeinflusst (OLESEN & BINDI, 2003). Im Modul Landwirtschaft wurde eine landesweite Analyse der naturräumlichen Ausstattung (Boden, Topographie) der

landwirtschaftlich genutzten Standorte und deren Toleranz bzw. Vulnerabilität gegenüber klimatischen Veränderungen durchgeführt.

Für eine Einschätzung der zukünftigen klimatischen Entwicklung wurde das Emissionsszenario A1B betrachtet. Es gilt zurzeit als realitätsnahes Szenario, da es die derzeitige Entwicklung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre gut abbildet. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass mit der Verwendung von nur einem Emissionsszenario und nur einem Klimamodell die Bandbreite der möglichen Klimaentwicklungen nicht wiedergegeben werden kann. Die Projektion des zukünftigen Witterungs- und Klimaverlaufs ist naturgemäß mit großen Unsicherheiten behaftet, weshalb das zukünftige Klima am sinnvollsten in Form eines Korridors oder einer Bandbreite mit mehreren verfügbaren Klimaprojektionen dargestellt wird (Ensemble-Darstellung). Diese Vorgehensweise konnte in dieser Arbeit u.a. aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht umgesetzt werden. Die flächenhaften Klimaanalysen stützen sich auf den Simulationslauf WETTREG2006 A1B-trocken. Im Themenblatt „Klimamodelle und Klimaprojektionen“ ist diese Klimaprojektion in die Bandbreite aller verfügbaren Regionalisierungen eingeordnet.

TABELLE 1:

Zusammenfassung möglicher Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf Pflanzen (verändert und ergänzt nach HERTSTEIN et al. 1994)

Charakteristikum	Pflanzliche Reaktion
Vegetationsperiode	Verlängerung
Vegetationsbeginn	Verfrühung
Vegetationsende	Verspätung
Vernalisation	vernalisationsrelevante Temperaturen werden seltener erreicht
Winterfestigkeit	Bedarf an winterfesten Arten geht zurück
Hitzestress	Hitzeschäden treten vermehrt auf
Ertrag	Zunahme bei ausreichender Wasserversorgung
Verdunstung	Anstieg um ca. 5 % pro Grad Temperaturerhöhung
Zellteilung	Verkürzung des Zellzyklus und Erhöhung der Zellteilungsrate
Photosynthese	Zunahme im unteren Temperaturbereich, bis ein Maximalwert erreicht wird
CO ₂ -Assimilation	Zunahme bei C4-Pflanzen, bei C3-Pflanzen nur geringe Zunahme
Respiration	Zunahme
Keimung	gleichmäßig und schneller
Wachstumsrate	höher
Frostgefahr	reduziert
Frostresistenz	Abnahme

Basistoleranz – Klimatische Wasserbilanz – Standortklimaindex

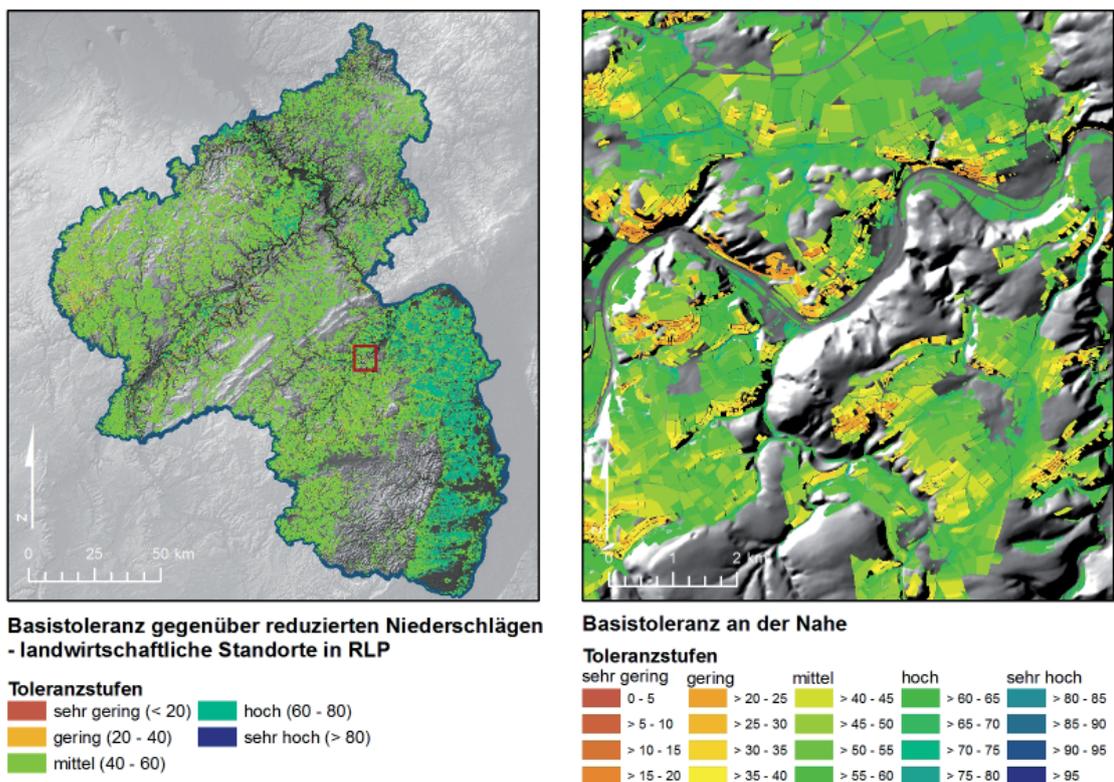
Eine ausreichende Wasserversorgung ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Nutzung (siehe auch Themenblatt „Boden“). Länger andauernde Trockenphasen führen bei vielen Kulturpflanzen zu Wasserstress und sinkendem Ertrag. Im Modul Landwirtschaft wurde daher der Standortindex „Basistoleranz“ entwickelt, der auf einer Skala von 0-100 Indexpunkten eine Abschätzung der Toleranz eines Standorts gegenüber Trockenstress erlaubt. Er setzt sich aus den drei Parametern Topographischer Feuchteindex, Topographische Sonneneinstrahlung und Nutzbare Feldkapazität des Bodens zusammen. Der Index ermöglicht landesweit eine Angabe der Trockenstresstoleranz für jede land-

wirtschaftlich genutzte Fläche und macht diese untereinander vergleichbar. Mit dem Index lassen sich besonders von Trockenstress gefährdete Risikoräume identifizieren, er liefert so erste Aussagen über vulnerable Bereiche in Rheinland-Pfalz.

Die Ergebnisse der Analyse (Abb. 2) zeigen, dass ein Großteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Rheinland-Pfalz eine mittlere bis gute Fähigkeit besitzt, Trockenperioden zu überbrücken. Nur etwa 8% der Flächen haben eine ungünstige naturräumliche Ausstattung mit weniger als 40 Indexpunkten. Durch die Einbindung und Verschneidung mit Anbaudaten kann der Standortindex „Basistoleranz“ auch zur Abschätzung der Toleranz wichtiger Kulturen gegenüber Trockenperioden dienen.

ABBILDUNG 2:

Standortindex der Basistoleranz gegenüber reduzierten Niederschlägen – landwirtschaftliche Standorte in Rheinland-Pfalz (links), Teile des Naheinzugsgebiet (rechts), (Datengrundlage Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz).



Im Fokus der flächenhaften Klimadatenauswertungen stand die Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz während der Hauptvegetationsperiode von Anfang Mai bis Ende Oktober. Als wichtige Größe berücksichtigt die klimatische Wasserbilanz neben dem Niederschlag die Verdunstung. Die Berechnung erfolgte nach dem Konzept der Grasreferenzverdunstung nach ALLEN et al. (1998). Der Ansatz definiert das Verdunstungspotential über die Standardvegetation einer reichlich mit Wasser versorgten Grasfläche und wird auf Basis der Penman-Monteith-Gleichung berechnet. Dabei ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht die exakte Bestimmung der realen kulturspezifischen Verdunstung, sondern die Abschätzung von möglichen klimawandelbedingten relativen Änderungen der Wasserversorgung in der Landwirtschaft von heutigen zu zukünftigen Klimaverhältnissen von Bedeutung.

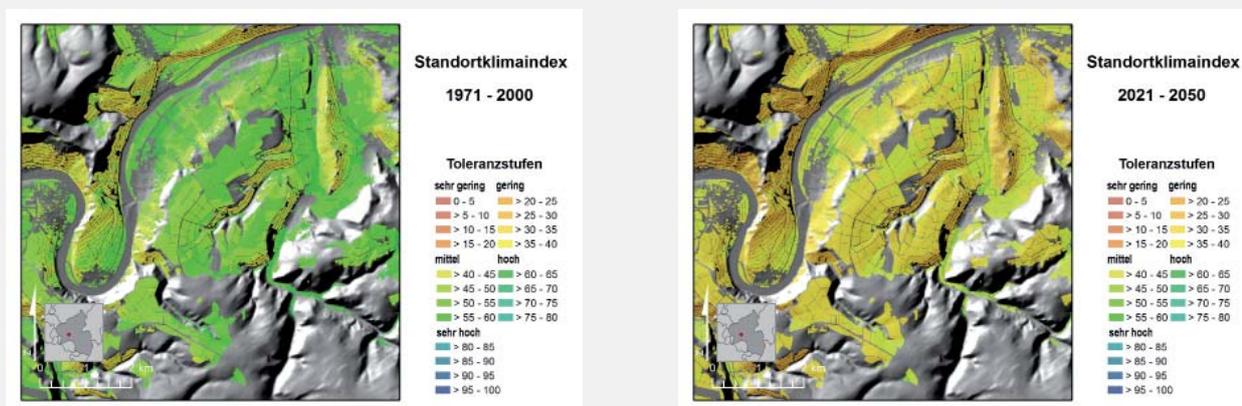
In diesem Zusammenhang wird in einem weiteren Schritt der Standortindex „Basistoleranz“ mit Klimadaten (klimatische Wasserbilanz Hauptvegetationsperiode) kombiniert und so zu einem „Standortklimaindex“ erweitert. Er ermöglicht die Identifizierung besonders von Trockenstress gefährdeter Räume auf verschiedenen Zeit- und Maßstabsebenen. Er kann mit den jeweils neuesten Klimaprojektionen auch in zukünftigen Projekten im-

mer wieder neu berechnet werden und so in Zukunft die Bandbreite der Klimaveränderungen aufzeigen.

Die mit WETTREG2006 A1B-trocken landesweit durchgeführte Analyse zur Entwicklung des Standortklimaindex (Abb. 3) zeigt für die Zukunft eine schlechtere potentielle Wasserversorgung der Standorte. Im Zeitraum 1971-2000 weisen knapp 88% der landwirtschaftlichen Flächen mittlere Werte auf. In der nahen Zukunft (2021-2050) weisen nur noch knapp 42% der Flächen mittlere auf und bereits über 58% der Flächen verzeichnen geringe Werte. In der fernen Zukunft (2071-2100) könnten über 85% der landwirtschaftlichen Standorte von einer geringen potentiellen Wasserversorgung betroffen sein. Diese negative Entwicklung ist auf niedrigere klimatische Wasserbilanzen für ganz Rheinland-Pfalz in den Sommermonaten zurückzuführen. Räumlich gesehen dürften die heute schon trockenen Gebiete entlang des Oberrheingraben besonders vulnabel gegenüber ausbleibenden Sommerniederschlägen und verlängerten Trockenperioden sein. Die Bewässerungsbedürftigkeit könnte sich durch die projizierten Verhältnisse deutlich erhöhen.

ABBILDUNG 3:

Standortklimaindex auf landwirtschaftlich genutzten Standorten an der Mittelmosel für den Referenzzeitraum (1971-2000) (links) und die nahe Zukunft (2021-2050) (rechts) (Datengrundlage Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz & Deutscher Wetterdienst, Projektion: WETTREG2006 A1B-trocken).



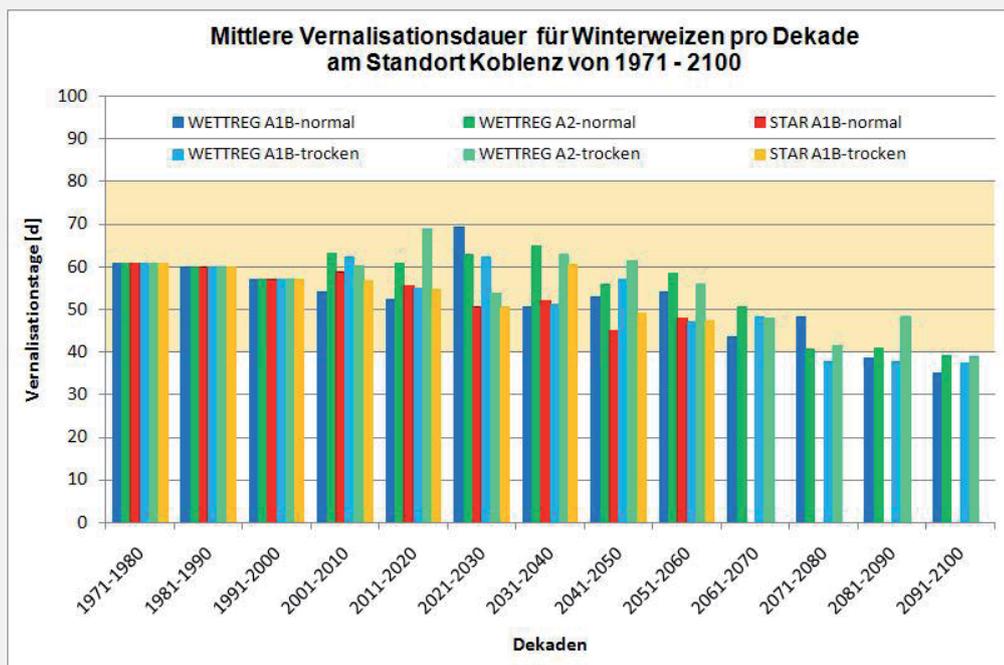
Kulturspezifische Untersuchungen

Neben den allgemeinen Standortuntersuchungen wurden kulturspezifische Fragestellungen vor dem Hintergrund verschiedener Klimaprojektionen untersucht. Diese Auswertungen erfolgten sowohl am Punkt, d.h. an kulturspezifisch repräsentativen Klimastationen, als auch in der Fläche. Im Grünland wurden Fragestellungen bezüglich des Beginns und der Dauer der Vegetationsperiode, der Veränderung der klimatischen Wasserbilanz und zur Trockenstressproblematik bearbeitet. Im Ackerbau wurden beispielsweise die zukünftigen Vernalisationsverhältnisse bei Winterweizen (siehe unten) und Ertragschwankungen bei der Zuckerrübe unter Betrachtung ertragsrelevanter Witterungsparameter analysiert.

Ackerbau

Die einzelnen Kulturen verfügen über stark unterschiedliche Verdunstungseigenschaften, welche in der jeweiligen Wachstumszeit und -dauer begründet liegen. Wintergetreide-Sorten, welche einen Teil ihrer Entwicklung in den kühleren Monaten (Herbst, Frühjahr) vollziehen, haben einen geringeren Wasserverbrauch als die entsprechenden Sommerkulturen. Kartoffeln und Zuckerrüben haben auf der anderen Seite einen höheren Wasserbedarf als Getreide, aufgrund ihrer verhältnismäßig langen Vegetationszeit (CHMILIEWSKI 2007). Die wichtigsten Kulturen in Rheinland-Pfalz zeigen allesamt ein deutlich zunehmendes Trockenstressrisiko aufgrund sich verschlechternder klimatischer Wasserbilanzen während der Sommermonate.

ABBILDUNG 4:
Mittlere Vernalisationsdauer für Winterweizen pro Dekade am Standort Koblenz
(Projektionen: WETTREG2006 und STAR II).



Winterweizen stellt hinsichtlich seiner Flächengröße die wichtigste ackerbauliche Kultur in Rheinland-Pfalz dar. Er besitzt besondere Ansprüche an das Klima. Im Winter benötigt er tiefe Temperaturen für eine uneingeschränkte Entwicklung der Pflanze im folgenden Frühjahr (Vernalisation). Die durchgeführten Analysen zeigen eine deutlich ver-

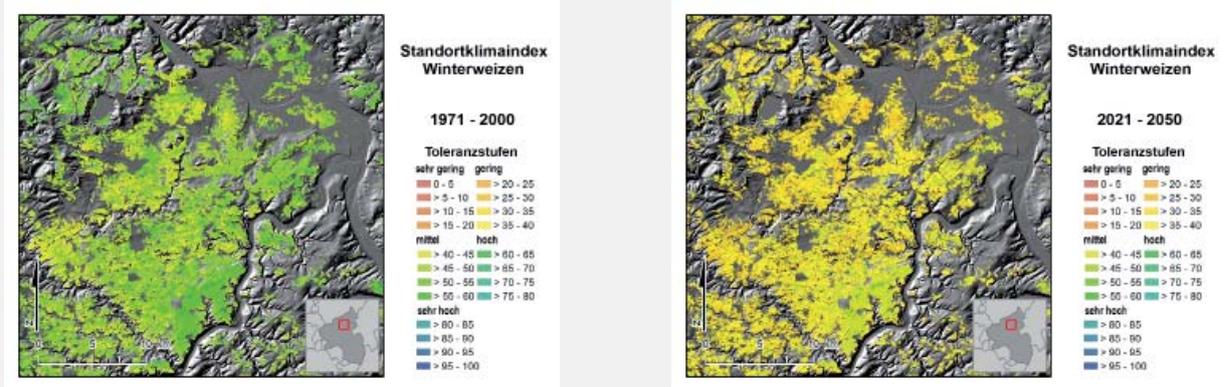
ringerte Vernalisationsdauer. In wärmebegünstigten Regionen werden in der Zukunft die als kritisch angesehenen 40 Einwirkungstage kalter Temperaturen (0-5°C) im Winter aufgrund höherer Temperaturen zum Teil deutlich unterschritten (Abb. 4). Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse auf die Fläche ist aufgrund der Heterogenität des Reliefs in Rheinland-

Pfalz schwierig. Dennoch lässt sich festhalten, dass bei einem Eintritt der hier verwendeten projizierten Temperaturveränderungen nur in wärmebegünstigten Lagen in Zukunft mit Vernalisationsproblemen zu rechnen sein wird, während höher gelegene Standorte von diesen voraussichtlich nicht betroffen sein werden. Die Wasserversorgung würde sich nach den Auswertungen der beiden Indizes „Standortindex Basistoleranz“ und „Standortklimaindex“ sowie der

klimatischen Wasserbilanz auf den Winterweizenstandorten deutlich verschlechtern (Abb. 5). Grund hierfür ist die saisonale Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in den Winter bei gleichzeitigem Temperaturanstieg und höherer Verdunstung. Neben Vernalisationsproblemen beim Winterweizen kann es demnach zu einer vermehrten Gefährdung durch Trockenstress kommen.

ABBILDUNG 5:

Trockenstresstoleranz auf Winterweizenstandorten südlich des Koblenzer Beckens auf Basis des Standortklimaindex für den Referenzzeitraum (1971-2000) (links) und die nahe Zukunft (2021-2050) (rechts) (Datengrundlage: Landwirtschaftliche Betriebsdatenbank Rheinland-Pfalz 2010, Projektion WETTREG2006 A1B-trocken).

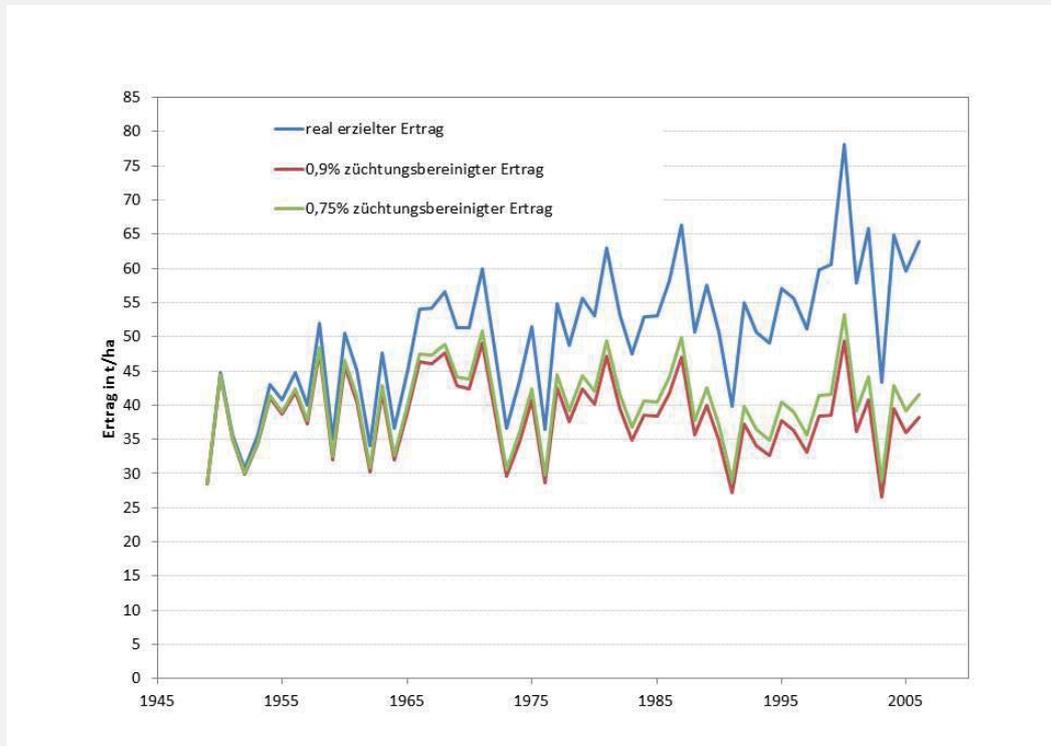


Auswertungen zur **Zuckerrübe** zeigen eine deutliche Häufung von potentiell ertragsschwachen Jahren für die Zukunft, deren Auftreten aus züchtungsbereinigten Erträgen und Klimadaten der letzten 3-5 Dekaden abgeleitet wurden. Auf Basis eines multifaktoriellen „Fingerabdrucks“ konnten zukünftige Klimazeitreihen nach potentiell ertragsschwachen Jahren untersucht werden. In diesem Fall wirkt sich eine Kombination aus geringen Niederschlägen und hohen Temperaturen in der Periode Juni-August besonders negativ auf den Ertrag aus. Es zeigte sich in allen zu Grunde gelegten Simulationen eine deutliche Häufung ertragsschwacher Jahre für die Zukunft. Zwischen 40-50% der jährlichen Ertragsschwankungen sind auf die Witterung während der Hauptvegetationsperiode in den Sommermonaten zurückzuführen (RÖSTEL 1999). Um die Zusammenhänge zwischen Witterung und Ertrag besser erklären zu können, wurden mit Hilfe einer eigens entwickelten Zinseszinsformel die Erträge züchtungsbereinigt. Ohne Züchtungsfortschritt würden die ermittelten

Zuckerrübenenerträge bereits in der Vergangenheit eine negative Tendenz zeigen (Abb. 6). Besonders ertragsschwache Jahre (z.B. der Hitzesommer 2003) zeigten meist Niederschlagssummen < 110 mm (Juni-August) und Temperatursummen der Tagesmitteltemperatur > 1200 °C (Juli-August). Diese Muster treten verstärkt in zukünftigen Klimazeitreihen auf. Dies würde bedeuten, dass bei Eintreten der zu Grunde gelegten Klimaprojektionen mit einer erhöhten Ertragsvariabilität und ertragsschwachen Jahren zu rechnen sein dürfte (ohne Berücksichtigung von anbautechnischem Fortschritt). Die jährliche Ertragsvariabilität ist neben der vorherrschenden Witterung stark abhängig von der gegebenen Wasserspeicherkapazität des Bodens (WILLMS et al. 2006). Die hier festgestellten Schwellenwerte für ertragsschwache Jahre beziehen sich auf die Bodenverhältnisse der drei Untersuchungsgebiete. Auf andere Anbaugesamte lassen sich die ermittelten Schwellenwerte nur schwer übertragen.

ABBILDUNG 6:

Real erzielter Ertrag, 0,75% züchtungsbereinigter Ertrag, 0,9% züchtungsbereinigter Ertrag in Mainz 1949-2006 (Darst. nach KREMER 2011, Datengrundlage: Verband der hessisch-pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.).



In der Zukunft werden – bei den betrachteten Klima-
projektionen – vor allem die reduzierten Sommer-
niederschläge und die höheren Temperaturen mit
gleichzeitig größerer Verdunstung eine Herausfor-
derung für den Ackerbau darstellen. Besonders vul-
nerabel werden sich Regionen und Standorte zeigen,
welche in niederschlagsarmen Perioden nur bedingt
pflanzenverfügbares Wasser bereitstellen können.
Dies sind verstärkt Standorte mit schlechten Böden,
hohen Verdunstungsraten durch intensive Sonnen-
einstrahlung und Verlustlagen, deren Wasseraustrag
größer als der Eintrag ist. Vulnerabel sind weiter-
hin Standorte, welche bereits heute über schlechte
klimatische Wasserbilanzen in den Sommermon-
aten verfügen. Dies sind hauptsächlich Standorte in
den Leelagen der Mittelgebirge, wie beispielswei-
se in Rheinhessen, der Pfalz oder im Naheeingangs-
gebiet. Eine Lokalisierung dieser Standorte kann über
die vorgestellten Indizes erfolgen. Hinsichtlich ihrer
Trockenstressempfindlichkeit müssen Winterkultu-
ren von Sommerkulturen unterschieden werden.

Prinzipiell ist die Vulnerabilität der Winterkultu-
ren gegenüber Trockenstress weniger stark ausge-
prägt, da sie die Winterfeuchte in den Böden besser
nutzen können. Bei den Sommerkulturen muss zw-
ischen Sommerkulturen mit geringen Wärmeansprü-
chen und verstärkter Trockenstressempfindlichkeit
sowie Wärme liebenden Kulturarten unterschieden
werden. Sommerkulturen mit geringen Wärme-
ansprüchen könnten verstärkt unter Wassermangel
und Hitzestress leiden, falls keine Bewässerung vor-
genommen wird. Hierzu zählen u. a. Sommergetrei-
de, Zuckerrüben und Kartoffeln. Weniger empfindlich
gegenüber steigenden Temperaturen und Hitzestress
sind Wärme liebende Pflanzen, wie Mais, Sojabohne
oder Sonnenblume, allerdings nur bei ausreichender
Wasserversorgung (EITZINGER et al. 2009).

Insgesamt wird die Trockenstressgefährdung der ein-
zelnen Kulturen deutlich ansteigen, weshalb mit
einer Ausdehnung der Bewässerungsflächen zu
rechnen ist. Diese könnte auch Kulturen betreffen,
welche heute noch nicht bewässert werden. Als be-

sonderer Gewinner des Klimawandels könnte sich der Mais als C4-Pflanze erweisen. Durch die höheren Temperaturen könnte es in Zukunft möglich sein, spätreifende und ertragreichere Sorten anzubauen. Außerdem ist es denkbar, dass sich durch die höheren Temperaturen der Anbau von Körnermais ausweitet. Dieser wird unter den aktuellen klimatischen Verhältnissen nur in den Gunstregionen der größeren Täler angebaut. Auf der überwiegenden Fläche der rheinland-pfälzischen Maisstandorte überwiegt der Anbau von Silomais, da hier die eigentliche Kornreife nicht abgewartet werden muss. Auch im Ackerbau könnten sich durch die veränderten Klimaverhältnisse verstärkt Schädlinge und Krankheiten ausbreiten. Probleme könnten sich durch neue Schädlinge, höhere Überwinterungsraten von Schädlingen und eine raschere Ausbreitung ergeben (EITZINGER et al. 2009). In den Wintermonaten könnten die veränderten klimatischen Verhältnisse (insbesondere höhere Temperaturen) z.B. bei Wintergetreide verstärkt zu Vernalisationsproblemen führen.

Grünland

Neben dem Ackerbau ist die Dauergrünlandbewirtschaftung die zweite wichtige landwirtschaftliche Nutzung in Rheinland-Pfalz. Im Vergleich zu den meisten Ackerkulturen ist die Grünlandproduktion aufgrund ihrer hohen Biomasseproduktion auf einen höheren Wasserbedarf angewiesen. Die Pflanzenbestände benötigen für die Transpiration eine möglichst gleichmäßige Niederschlagsverteilung über die gesamte Vegetationsperiode (EITZINGER et al. 2009). Die Mehrzahl der Klimaprojektionen zeigen eine Reduzierung der Sommerniederschläge und damit einhergehend eine geringere klimatische Wasserbilanz während der Hauptvegetationsperiode von Mai bis Oktober. Die Grünlandstandorte weisen gegenwärtig aufgrund ihrer Konzentration in höheren und klimatisch feucht-kühleren Lagen überwiegend positive klimatische Wasserbilanzen auf. Viele der heute genutzten Standorte werden in Zukunft jedoch ungünstigere klimatische Wasserbilanzen während der Hauptvegetationsperiode aufweisen. Das kann die Wasserversorgung der Standorte negativ beeinflussen. Besonders betroffen sind Standorte mit geringer Trockenstresstoleranz und Standorte in den heute schon trockeneren Grünlandgebieten des Oberrheingrabens. Die Folgen wären neben einer erhöhten jährlichen Ertragsvariabilität zusätzliche Kosten durch Nach- oder Neueinsaaten aufgrund durch Trockenstress verursachter Lücken in der Grasnarbe.

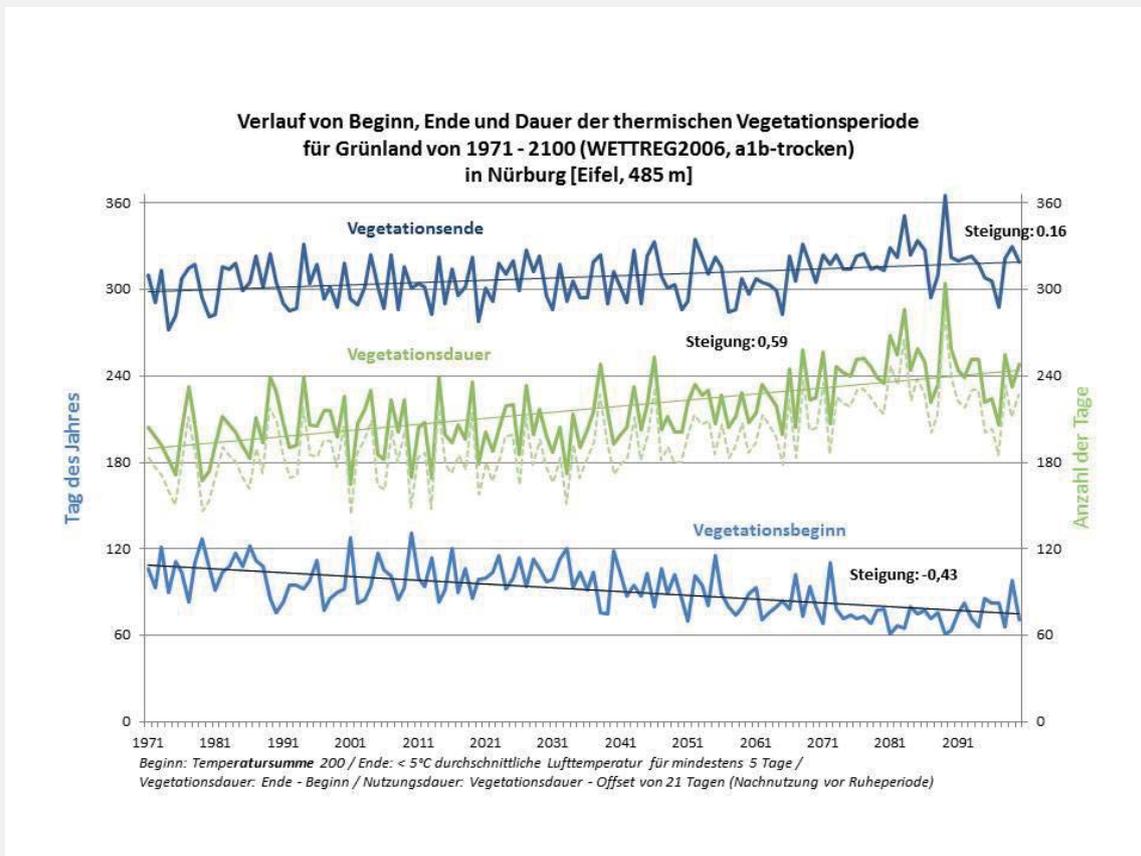
Trockenschäden im Grünland können zudem die Verunkrautung fördern und zu verstärkter Bodenerosion beitragen. In Jahren mit ausreichender ganzjähriger Wasserversorgung könnte sich indes das Produktionspotential aufgrund längerer Wachstumsphasen verbessern (EITZINGER et al. 2009). Die zu Grunde gelegten Klimaprojektionen zeigen eine deutliche Verlängerung der Vegetationsperiode im Grünland, die sich auch in einer Erhöhung der Schnitthäufigkeiten ausdrückt. Verlauf und Dauer der Vegetationsperiode werden dabei entscheidend durch die jeweilige Höhenlage der Grünlandstandorte gesteuert.

Die Analyse zur Veränderung des Verlaufs und der Länge der Vegetationsperiode zeigt eine deutliche Tendenz hin zu einem früher einsetzenden Vegetationsbeginn, einem verspäteten Vegetationsende und einer damit einhergehenden verlängerten Vegetationsperiode. Die Bestimmung des Vegetationsbeginns erfolgte durch die „korrigierte T-Summe 200“ (ERNST & LOEPER 1976). Diese wird errechnet, indem alle positiven Tagesmitteltemperaturen ab dem 1. Januar eines Jahres mit unterschiedlicher Gewichtung aufsummiert werden, bis der Wert 200 erreicht wird. Bei der Berechnung werden die Tagesmittelwerte im Januar zur Hälfte, im Februar zu 75% und ab 01.03. bis zum Vegetationsbeginn voll berücksichtigt. Das Vegetationsende ermittelt sich als erster Tag des Zeitraums ab dem 01.08., ab dem an mindestens 5 aufeinanderfolgenden Tagen die durchschnittliche Lufttemperatur $< 5\text{ °C}$ beträgt (SCHAUMBERGER 2010).

Der Vegetationsbeginn verfrüht sich demnach in allen betrachteten Klimaprojektionen an allen untersuchten Stationen sowie in der Fläche bis zum Ende des Jahrhunderts um durchschnittlich 30-40 Tage und verschiebt sich dabei je nach Höhenlage von Anfang/Mitte April hin zu Anfang/Mitte März (Abb. 7). Die annualen Unterschiede variieren dabei stark. Das Vegetationsende verlagert sich im Mittel um 10-20 Tage nach hinten und fällt damit je nach Höhenlage von September/Oktober in den Oktober bzw. November. Dies ergibt eine verlängerte Vegetationsperiode von im Mittel ca. 40-60 Tage. Eine verlängerte Vegetationsperiode bedeutet bei ausreichender Wasserzufuhr eine zusätzliche Anzahl von Schnitten.

ABBILDUNG 7:

Verlauf und Länge der Vegetationsperiode am Beispiel der Klimastation Nürburg (Projektion WETTREG2006 A1B-trocken). Die Darstellung der Einzeljahre ist keine Vorhersage, sondern soll lediglich die interannuelle Variabilität aufzeigen.



Die Kernfrage der Wasserversorgung im Bereich der Grünlandnutzung wurde auf Basis eines zweistufigen Ansatzes analysiert. Die Grünlandstandorte wurden zunächst hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber Wassermangel/Trockenstress auf Basis des Standortindex „Basistoleranz“ untersucht. Anschließend wurden die Standorte in Bezug auf die klimatischen Wasserbilanz während der Hauptvegetationsperiode von Anfang Mai bis Ende Oktober analysiert. Die Auswertung auf Grundlage des Standortindex „Basistoleranz“ zeigte eine Gefährdung auf etwa 30% der Standorte, diese weisen geringe Indexwerte < 40 Punkte auf. Ein Großteil der Flächen (ca. 70%) zeigt gegenüber ihrer natürlichen Relief- und Bodenausstattung eine mittlere Toleranz gegenüber Wassermangel in den Sommermonaten. Die Untersuchung der klimatischen Wasserbilanz der Grünlandstandorte (Abb. 8) ergab für den Referenzzeitraum 1971-2000 von allen geprüften Kulturen die beste Wasserversorgung. Dies hängt damit zusammen, dass sich die als Grünland

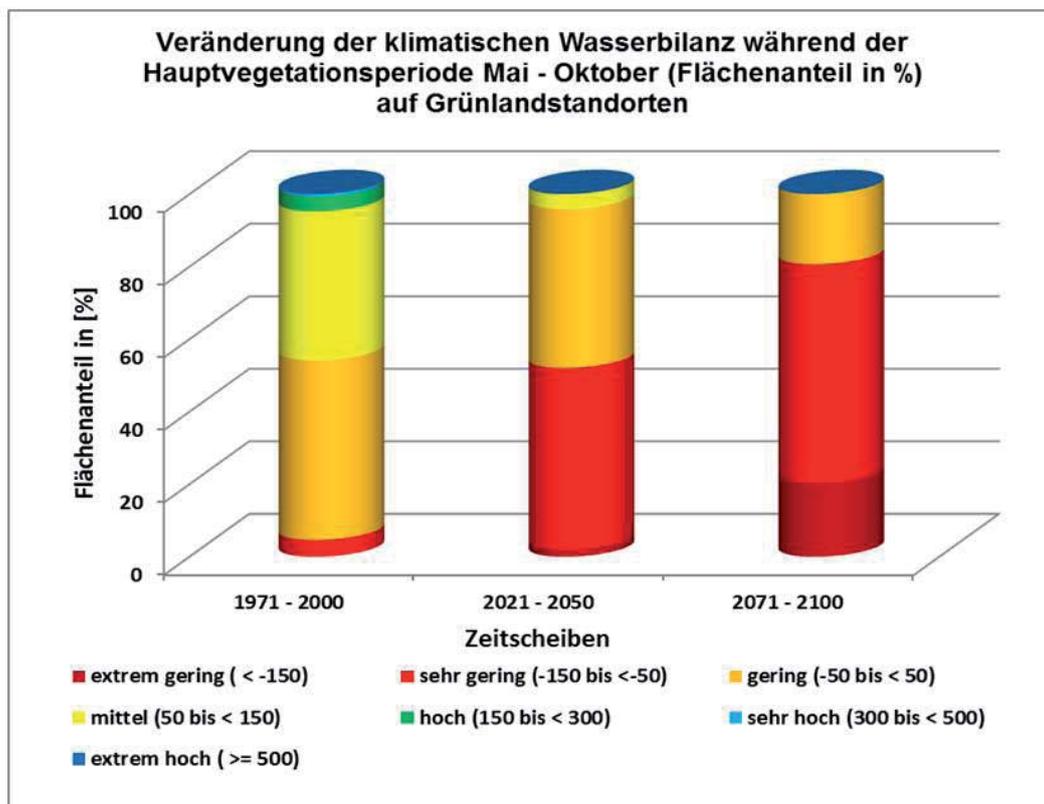
genutzten Flächen meist in kühleren Regionen befinden. Die Mittelgebirgsräume sind durch deutlich höhere Niederschläge und geringere Verdunstungsraten gekennzeichnet und weisen so deutlich höhere Wasserbilanzen als die thermischen Gunsträume in den größeren Flusstälern mit vorwiegendem Acker-, Obst- und Weinanbau auf. Im Zeitraum 1971-2000 verzeichnen knapp 50% der Standorte ausgeglichene Wasserbilanzen zwischen -50 und 50 mm während den Monaten Mai bis Oktober. Über 40% der Standorte befinden sich in Lagen mit positiven Wasserbilanzen zwischen 50 bis 150 mm. Stark negative Wasserbilanzen < -150 mm sind auf knapp 5% der Flächen anzutreffen. Diese Flächen befinden sich zum Großteil entlang des Oberrheingraben. Das Bild für die nahe Zukunft (2021-2050) könnte sich bei Eintreten der zu Grunde gelegten Projektion deutlich verschlechtern. Über 50% der Flächen würden demnach negative Wasserbilanzen zwischen -50 und -150 mm während der Hauptvegetations-

periode verzeichnen. Geringe Wasserbilanzen zwischen -50 und 50 mm werden noch auf knapp 44% der Flächen erzielt. Die ferne Zukunft (2071-2100) zeigt eine weitere Verschlechterung der Wasserbilanzen auf den Grünlandstandorten. Dann könnten über 80% der Flächen einer Gefährdung durch Wassermangel und Trockenstress ausgesetzt sein. Insbesondere im Naheinzugsgebiet können sich Gebiete mit schlechten hygrischen Verhältnissen ausdehnen. Auch Grünlandstandorte im Taunus und der Osthälfte könnten dann verstärkt Trockenstress aufzeigen. Ändern sich die klimatischen Verhältnisse, wie sie in den Projektionen simuliert werden, würde dies für die Grünlandnutzung in Rheinland-Pfalz in weiten

Teilen gravierende Folgen mit sich bringen. Trockenstress dürfte zum Kernproblem auf Grünlandstandorten werden. Neben direkten Ertragseinbußen und einer zunehmenden Ertragsvariabilität könnte das Grünland bei Trockenstressschäden vermehrt unter Bodenerosion leiden. Im Grünland würden bei Eintreten der Klimaprojektionen vermehrt trockenstresstolerante Sorten zum Einsatz kommen, was mit einer geringeren Quantität und minderen Qualität einhergeht. Zudem könnten sich thermophile Schadinsekten (z.B. Engerlinge) ausbreiten (EITZINGER et al. 2009). Das Grünland würde demnach zu den großen Verlierern des Klimawandels zählen.

ABBILDUNG 8:

Entwicklung der Klimatischen Wasserbilanz der Dauergrünlandflächen während der Hauptvegetationsperiode (Projektion: WETTREG2006 A1B-trocken).



Ausblick

Das Modul Landwirtschaft hat mit seinen Analysen eine breite Datenbasis für weitere Fragestellungen geschaffen. Für die Zukunft werden Dauerbeobachtungen über längere Zeiträume zur Abschätzung möglicher Klimawandelfolgen in der Landwirtschaft eine entscheidende Rolle spielen. Ein Monitoring kann die Zusammenhänge zwischen Ertragsvariabilität und klimatischen Änderungen aufzeigen.

Von besonderer Bedeutung ist ein Transfer der Erkenntnisse in die Praxis. Dieser könnte über eine internetbasierte Beratungsplattform erfolgen. Möglich wäre beispielsweise eine Einspeisung der flurstückscharfen Informationen in bereits vorhandene Informationssysteme (z.B. FLO-RLP – ein Internetportal zur Unterstützung der Landwirte bei Förderanträgen). Hierdurch könnten Nutzer direkt auf ihre Flurstücke zurückgreifen und sich beispielsweise in witterungskritischen Phasen Informationen zu Trockenstresstoleranz oder Kaltluftgefährdung ihrer Flächen einholen. Der Praxistransfer klimarelevanter

Standortinformationen könnte auch als Entscheidungshilfe für überregionale Ebenen dienen. Hier könnten sie beispielsweise zu einer ressourcenschonenden Bewässerung beitragen.

Zusätzlich zu den Möglichkeiten der geodatenbasierten Charakterisierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen und des Monitorings sollte in anschließenden Projekten die Modellierung von Erträgen ausgewählter Kulturarten in Rheinland-Pfalz angestrebt werden. Hier können Ertragsmodelle zur Abschätzung landwirtschaftlicher Erträge auf lokaler oder regionaler Ebene für heutige und zukünftige klimatische Verhältnisse zum Einsatz kommen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht für in diesem Projekt nicht untersuchte Forschungsfelder wie beispielsweise den Obst- und Gemüseanbau oder die Ausbreitung und Einwanderung von Schädlingen und Krankheiten.

Projekt: Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP)

Modul: Landwirtschaft

Bearbeitung: RLP Agrosience GmbH, Institut für Agrarökologie
67435 Neustadt an der Weinstraße
Dr. Matthias Trapp
Gregor Tintrup gen. Suntrup
Christian Kotremba

Berichtszeitraum: April 2008 - September 2011

Homepage: www.kwis-rlp.de
www.klimawandel-rlp.de
www.klimlandrp.de

Gesamtkoordination des Projekts: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen

Zitierhinweise: TRAPP, M., TINTRUP GEN. SUNTRUP, G., KOTREMB, C. (2013): Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP) – Themenblatt zu den Methoden und Ergebnissen des Moduls Landwirtschaft. Hrsg.: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen.

Quellen/Literaturangaben Ein Literaturverzeichnis kann bei Bedarf über die Verantwortlichen bezogen werden

Projektpartner KlimLandRP:



POTS DAM- IN STITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG



Das Landesprojekt KlimLandRP - Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz wurde gefördert mit Mitteln der Ministerien für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung sowie für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten

© April 2013 Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

