

Landwirtschaft

Autoren

Jürg Fuhrer, Chair

Lufthygiene / Klima, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Pierluigi Calanca

Lufthygiene / Klima, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Claudio Defila

Bio- und Umweltmeteorologie, MeteoSchweiz, Zürich

Hans-Rudolf Forrer

Schad- und Nutzorganismen, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Bernard Lehmann

Institut für Agrarwirtschaft, IAW, ETH Zürich

Werner Luder

Agrarökonomie, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Gabriele Müller-Ferch

Redaktion, ProClim-, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz

Andreas Münger

Milch- und Fleischproduktion, Forschungsanstalt Agroscope

Liebefeld-Posieux ALP

Martijn Sonneveld

Institut für Agrarwirtschaft, IAW, ETH Zürich

Annelies Uebersax

Schweizerische Vereinigung zur Entwicklung der Landwirtschaft
und des ländlichen Raums AGRIDEA, Lindau



1. Einleitung

Einbettung

In der Schweiz macht die von der Landwirtschaft bewirtschaftete Nutzfläche (LN) 37% der gesamten Fläche aus. Rund ein Drittel davon befindet sich im Mittelland. Den grössten Anteil der gesamten LN machen die Weiden und Wiesen aus (Dauergrünland in Abb. 1); entsprechend konzentriert sich die Mehrzahl der 65'866 Betriebe auf die Tierhaltung, wobei die Milchviehhaltung dominiert. Die wichtigste Flächenkategorie im Ackerbau ist das Getreide.

Über 70% der Betriebe werden hauptberuflich geführt. Die Grösse der Betriebe betrug im Jahr 2003 durchschnittlich 16.2 ha. Der Produktionswert an landwirtschaftlichen Waren besteht aus 47% pflanzlichen Erzeugnissen, 27% Milchproduktion und 26% sonstigen tierischen Erzeugnissen. Der Selbstversorgungsgrad der Schweizer Landwirtschaft ist am höchsten bei den Proteinen mit 70–80%, am niedrigsten bei den Kohlehydraten mit 50–60%.

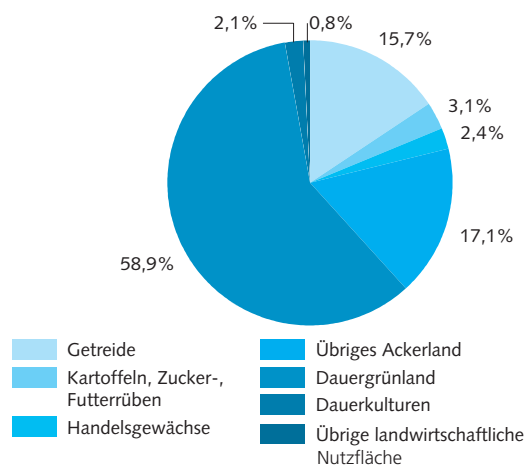


Abbildung 1: Wichtigste Flächenkategorien 2003¹

Aufgrund von agrarpolitischen Massnahmen wird die Landwirtschaft in der Schweiz schrittweise neu gestaltet. Im Zentrum der momentanen Agrarpolitik (AP 2007) steht die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der einheimischen Land- und Ernährungswirtschaft. Im nächsten Schritt (AP 2011) soll die eingeleitete Neuausrichtung weitergeführt werden. Diese Massnahmen wirken sich stark auf den landwirtschaftlichen Produktionswert aus. Die Umsetzung der voraussichtlichen WTO-Verpflichtungen wird eine Reduktion des landwirtschaftlichen

Produktionswertes um rund 1.5–2.5 Mrd. Franken gegenüber den Referenzjahren 2001/2003 zur Folge haben². Aufgrund dieser Entwicklung wird sich die Struktur der einheimischen Landwirtschaft stark wandeln. Es ist momentan noch nicht genau abschätzbar, wie sich dies auf die Bodennutzung, den Anbau von Kulturen oder die Bewirtschaftung der Wiesen und Weiden auswirken wird. Diese Unsicherheit erschwert die Quantifizierung von Auswirkungen der Klimaänderung sowohl der direkten Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz wie auch der indirekten Auswirkungen über klimabedingte Veränderungen in anderen Ländern (vgl. Abschnitt 9). Die folgenden Überlegungen sind weitgehend losgelöst von diesen möglichen Veränderungen, welche durch politische und wirtschaftliche Kräfte bedingt sind und im Zeithorizont 2020–2050 weit wichtiger sein dürften als der Einfluss des Klimawandels.³ Das Klima ist einer der wichtigsten limitierenden Faktoren für Anbau und Ertrag von Kulturpflanzen und die Tierhaltung. Klimabedingt ist der Ackerbau in der Schweiz heute auf die tieferen Lagen beschränkt, während der Futterbau ein klimatisch wesentlich breiteres Spektrum an Standorten abdeckt und in höheren Lagen dominiert. Mit der Klimaänderung ändert sich somit eine wichtige Rahmenbedingung. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf diese erwartete Änderung in Bezug auf Anbau und Flächenerträge, Standorteignung und Pflanzenschutz sowie auf die möglichen Konsequenzen und Anpassungsmöglichkeiten bei Anbaumassnahmen, Tierhaltung und der Betriebsführung. Eine feiner aufgelöste Betrachtung nach Regionen und Anbaumethoden (z.B. konventioneller oder biologischer Anbau) wird hier aufgrund fehlender Grundlagen ausgeklammert.

Überblick

Für die Auswirkung auf die Landwirtschaft kann kein Schwellenwert der Klimaerwärmung angegeben werden. Tendenziell dürfte sich aber eine moderate Klimaerwärmung von weniger als ca. 2–3 °C im Jahresmittel bis 2050 allgemein positiv auf die Landwirtschaft in der Schweiz auswirken. Die potenzielle Jahresproduktion der Wiesen wird als Folge der längeren Vegetationsperiode zunehmen. Aber auch der potenzielle Ernteertrag vieler landwirtschaftlicher Kulturpflanzen wird

bei ausreichendem Wasser- und Nährstoffangebot steigen. Die Tierproduktion wird bedingt durch Ertragssteigerungen vom kostengünstigeren Futtermittelangebot und der Verlängerung der Weideperiode profitieren können. Negative Effekte betreffen die Verknappung des Wasserangebots durch eine Zunahme der Verdunstung von Pflanzen und Böden (Evapotranspiration) bei gleichzeitiger Abnahme der Niederschläge im Sommer, das verstärkte Aufkommen von Unkräutern und Insekten-Schädlingen und die Zunahme der Klimavariabilität und der Extremereignisse. Bei einer stärkeren Klimaerwärmung von mehr als 2–3 °C bis 2050 werden die Nachteile überwiegen: Wegen erhöhter Evapotranspiration und Abnahme der Niederschläge während der Vegetationsperiode ist vermehrt mit Wassermangel zu rechnen und beim Getreide und den Körnerleguminosen hat die beschleunigte Pflanzenentwicklung Ertragseinbussen zur Folge.

Durch Massnahmen bei der Auswahl der Kulturpflanzen, den Anbauverfahren und der Betriebsführung wird sich die Landwirtschaft an einen moderaten Anstieg der mittleren Temperatur von 2–3 °C bis 2050 anpassen können. Problematisch ist hingegen die erwartete Zunahme der Witterungsvariabilität und der Extremereignisse. Wegen der Zunahme von Hitze- und Trockenperioden wird es im Sommer vermehrt zu kritischen Bodenwasserzuständen und Dürren kommen und der Bedarf an Bewässerung wird vielerorts steigen. Es wird wichtig sein, das vorhandene Bewässerungswasser möglichst effektiv zu nutzen. Umgekehrt könnte eine Zunahme von Starkniederschlägen die Bodenerosion verstärken. Insgesamt wird das Risiko von Schäden an Spezial- und Ackerkulturen und von Ertragseinbussen im Futterbau zunehmen. Die Ertragssicherheit wird beeinträchtigt werden; geeignete zentrale Massnahmen wie Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung werden dazu beitragen, die negativen Auswirkungen abzufedern. Als Strategie der Risikoverminderung bietet sich eine verstärkte Diversifizierung der Betriebe an. Zudem steigt der Bedarf nach Versicherungsdeckung für Ernteverluste infolge extremer Witterungsbedingungen. Für die künftige globale und nationale Nahrungsmittelversorgung spielen die internationalen Agrarmärkte eine wichtige Rolle. In der Schweiz werden die Liberalisierung der Märkte und die Anpassungen der Agrarpolitik wichtigere Einflussfaktoren sein als die Klimaänderung.

Verknüpfung mit anderen Themen

Versicherungen

Bedarf nach Versicherungsdeckung für Ernteverluste infolge extremer Witterungsbedingungen

Wasserwirtschaft

Grundwasserstand, Bedarf an Bewässerungswasser

Produktionseinbussen durch Mangel an Bewässerungswasser

Landökosysteme

Konflikte wegen Wassernutzung, hochmechanisierten Anbauverfahren und evtl. gesteigertem Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln
Einwandern fremder Arten (Neophyten)

Gesundheit

Neophyten (z.B. *Ambrosia artemisiifolia*), welche Allergien und Asthma auslösen können

Energie

Gesteigerter Energiebedarf durch Bewässerungsanlagen

Tourismus

Geringere Attraktivität der Landschaft als touristische Kulisse bei Verwaldung und Verbuschung (v.a. bei veränderter Berglandwirtschaft)

2. Inländische Pflanzenproduktion

Eine moderate Klimaänderung von weniger als 2 bis 3 °C im Jahresmittel wirkt sich in der Schweiz in vielen Fällen positiv auf die Landwirtschaft aus. Die potenzielle Jahresproduktion der Wiesen wird aufgrund der längeren Vegetationsperiode zunehmen. Bei ausreichender Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit steigt der potenzielle Ertrag im Acker- und Futterbau vieler Kulturpflanzen. Bei einer stärkeren Klimaänderung werden jedoch die Nachteile überwiegen. Eine stark gesteigerte Verdunstung von Pflanzen und Böden sowie die Veränderung bei den Niederschlägen könnte an vielen Standorten zu Wassermangel führen.

In der Vergangenheit richtete sich die inländische Pflanzenproduktion hauptsächlich nach der Standorteignung, welche einerseits vom Klima und andererseits von den Bodeneigenschaften und dem Relief bestimmt wird. Der Witterungsverlauf bestimmte weitgehend den Ablauf der Bewirtschaftung.

Die Klimaerwärmung der letzten Jahre hat bereits nachweislich einen Einfluss auf die Pflanzenproduktion. Bei Ackerkulturen ist der Einfluss der Temperatur auf Saat- und Erntetermine gut belegt. Das Mähdreschen von Weizen geschieht heute fast einen Monat früher als 1970, was z.T. auch auf die Einführung frühreifer Sorten zurückzuführen ist und wegen der früheren Ausaperung der Alpweiden erfolgt die Alpbestossung heute 15 Tage früher als vor 30 Jahren.⁴ Der veränderte Verlauf der Pflanzenentwicklung richtet sich hauptsächlich nach der steigenden Temperatur, insbesondere Austrieb, Blüte und Fruchtreife im Frühling und Sommer. Die phänologischen Herbstphasen korrelieren nicht eindeutig mit Witterungsgrössen. Höhere Winter- und Frühlingstemperaturen bewirken z.B. beim Löwenzahn einen früheren Vegetationsbeginn. Die Trendanalysen der Periode 1951–2000 haben ergeben, dass im Durchschnitt in der Vegetation Blühtermine um 21 Tage, Blattentfaltung um 15 Tage und die Blattverfärbung um 9 Tage früher einsetzen, der Blattfall andererseits 3 Tage später.⁵

Diese Entwicklung wird sich mit der künftigen Erwärmung fortsetzen. Je nach Region wird sich die Vegetationsperiode um ca. 7 bis 10 Tage pro Dekade verlängern⁴, was zur Folge hat, dass die potenzielle Jahresproduktion der Wiesen steigen wird³. Mit der Abnahme der Anzahl Frosttage sinkt auch das Risiko von Frostschäden, wobei im Falle eines früheren Vegetationsbeginns die Gefahr von Spätfrostschäden weiterhin besteht.

Eine moderate Klimaänderung von weniger als 2–3 °C im Jahresmittel wirkt sich in vielen Fällen positiv auf die Landwirtschaft aus. Bei der Modellberechnung potenzieller Ertragstrends (u.a. Getreide) liegt Mitteleuropa bis 2050 tendenziell in

einer Gunstzone. Sofern alle Bodennährstoffe ausreichend vorhanden sind, erhöht eine Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentration zusammen mit leicht höheren Temperaturen und genügend Niederschlägen den potenziellen Ernteertrag vieler landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Die CO₂-bedingte Ertragssteigerung ist allerdings im Vergleich zu langfristigen Bewirtschaftungseffekten gering und die positive Ertragswirkung zunehmender CO₂-Konzentration wird durch stärker steigende Temperaturen abgeschwächt.⁶ Gleichzeitig senkt eine erhöhte CO₂-Konzentration den Proteingehalt des Weizenkorns, was die Backqualität des Mehls vermindert. Auch eine leichte Abnahme der Niederschläge im Frühjahr und Sommer wirkt sich an vielen Standorten positiv auf die Bewirtschaftung aus. Die Anzahl der Feldarbeitstage steigt und die Abnahme des Bodenwassergehaltes begünstigt den Einsatz von grösseren landwirtschaftlichen Maschinen. Im Sommer sind Phasen mit 2–3 aufeinander folgenden, trockenen Tagen günstig für den Futterbau, denn eine ungenügende Abtrocknung beeinträchtigt die Qualität von Heu und Emd.

Bei einer stärkeren Klimaerwärmung von mehr als 2–3 °C im Jahresmittel überwiegen die Nachteile. Sie bewirkt eine beschleunigte Pflanzenentwicklung, was bei den heute üblichen Sorten, insbesondere bei Getreide und Körnerleguminosen, Ertragseinbussen zur Folge hat.⁶ Steigende Temperaturen erhöhen die potenzielle Verdunstung durch Pflanzen und Bodenoberfläche. In Abhängigkeit von Luftfeuchtigkeit, Bodenfeuchte, kurzweiliger Einstrahlung und dem Zustand der Vegetation wird auch die effektive Verdunstung und damit der aktuelle Wasserverbrauch der Kulturpflanzen erhöht. Modellrechnungen ergeben eine deutliche Abnahme der mittleren Bodenfeuchte während der Vegetationszeit.⁷ Angesichts der projizierten Veränderung in der saisonalen Niederschlagsverteilung (mehr Niederschlag im Winter und weniger im Sommer) könnte Wassermangel während der Anbauzeit an vielen Standorten viel häufiger werden (vgl. Abschnitt 5).

Unsicherheiten

Unsicher ist, wieweit eine veränderte, regionale Differenzierung der Standortbedingungen (Klimaeignung) entsteht mit veränderten Gunst-

und Ungunstlagen und bis zu welchem Mass der Veränderung innerhalb der Schweiz, aber auch international, Standortvorteile entstehen werden.

3. Extreme Witterungsereignisse

Mit der Klimaänderung werden sich die Wahrscheinlichkeiten von Extremereignissen verändern. Mit der erwarteten Zunahme von Hitzesommern und Starkniederschlägen steigt das Risiko von Schäden an Spezial- und Ackerkulturen, von Ertragseinbussen im Futterbau und von verstärkter Bodenerosion.

Extreme Witterungsereignisse wie Dürre, Hagel oder Starkniederschläge sind für die Landwirtschaft von besonderer Bedeutung. Hagelschäden bei Obst-, Reb- und Gemüsekulturen waren früher das häufigste witterungsbedingte Risiko. Dürresommer gab es nach 1730 ungefähr alle 50 Jahre.⁸ Schwierigkeiten traten vor allem dann auf, wenn zwei Trockenperioden (vorangegangener Winter oder Sommer) aufeinander folgten, wie beispielsweise 1947.

Mit der Klimaveränderung steigt das Risiko von Extremereignissen mit den entsprechenden Konsequenzen für die Landwirtschaft.⁹ Hitzesommer vom Ausmass des Sommers 2003 werden häufiger werden¹⁰ (vgl. Abschnitt Extremereignisse im Kapitel Grundlagen) und die Wahrscheinlichkeit von Dürreschäden wird im Mittelland und im Jura zunehmen. Andererseits werden auch Starkniederschläge in den Wintermonaten zunehmen und zu Schäden an Winterkulturen und verstärkter Bodenerosion führen. Beim Hagel sind noch keine Prognosen möglich.⁸

Das Ausmass des Schadens durch Extremereignisse übersteigt die von Jahr zu Jahr üblichen Ertragschwankungen. Versicherungslösungen für damit verbundene Sachschäden bestehen. Es fehlt jedoch eine Versicherungsdeckung für Ernteverluste infolge extremer Witterung wie Trockenheit. Wie können Dürrejahre aufgefangen werden? 2003 zeigte, dass staatliche Massnahmen helfen können (z.B. Zollansätze reduzieren). Wie sieht es aber aus, wenn Dürrejahre häufiger werden?¹¹

Unsicherheiten

Angesichts der dargestellten Entwicklung stellt sich zunehmend die Frage nach der Versicherungsdeckung von Schäden auch im Acker- und Futterbau und nach der Finanzierung der Schadensbehebung infolge von Extremniederschlägen, Hagel und Dürre. Offen ist die Frage der damit verbundenen Kosten für die Landwirtschaft selbst oder die Finanzierung aus staatlichen und anderen Quellen.



Abbildung 2: Maisfeld mit Trockenschäden 2003. (Quelle : Liebegg, U. Voegeli)

4. Ertragsicherheit

Die Klimaänderung beeinflusst die Ertragsicherheit. Geeignete zentrale Massnahmen wie Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung werden in Zukunft zur Erhaltung der Ertragsstabilität beitragen können. Im Futterbau könnte der frühere Beginn der Vegetationsperiode mehr Ertragsicherheit bedeuten.

Ertragsbedingungen, welche sich unregelmässig verändern, sind typisch für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion. Regionale Ertragsschwankungen sind bedingt durch epidemische Ausbreitung von Krankheitserregern oder Schädlingen oder durch Stress als Folge extremer Witterungsbedingungen. Bei zu grossem Ausmass sind sie sowohl für den einzelnen Betrieb als auch für die gesamte Landwirtschaft eines Landes ein wirtschaftliches Problem. Durch Einführung neuer Produktionsmittel und -verfahren und dem kontinuierlichen Sortenwechsel konnte die Schwankung der Erträge im Acker- und Futterbau seit Ende der 1960er Jahre tendenziell gesenkt werden. In der Schweiz ist diese Abnahme beim Wiesenertrag und bei Weizen ausgeprägt, bei Kartoffeln etwas weniger gut sichtbar (Abb. 3). Die Ertragsicherheit wird in Zukunft durch

die Klimaänderung beeinflusst. Die Zunahme extremer Witterungsverhältnisse wirkt sich negativ aus (vgl. Abschnitt 3). Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung sind zentrale Massnahmen zur Erhaltung der Ertragsstabilität und zur Reduktion des Einsatzes von Produktionsfaktoren (Pflanzenschutzmittel, Wasser, Dünger etc.). Das künftige Sortenangebot muss auch weniger ertragreiche aber trockenheitsresistentere oder standfestere Sorten umfassen. Im Futterbau bedeutet der frühere Beginn der Vegetationsperiode eine Zunahme der Ertragsicherheit, da der erste Schnitt bereits im Frühling angesetzt werden kann.

Unsicherheiten

Es ist unklar, wieweit Fortschritte bei der Züchtung und Selektion mit der Entwicklung von extremer Witterung werden mithalten können.

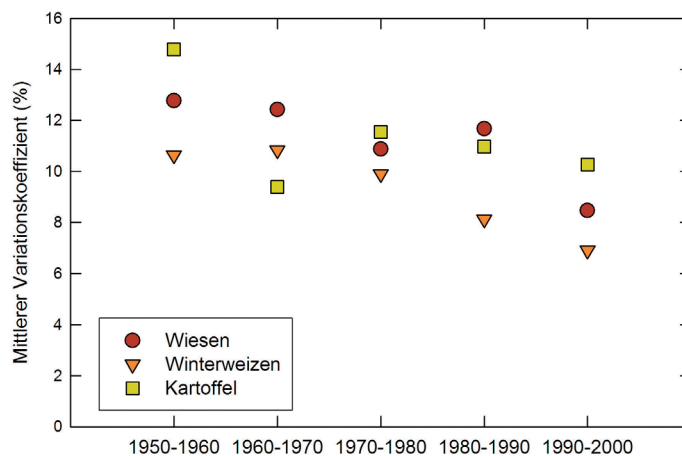


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Ertragschwankungen von Wiesen, Weizen und Kartoffel in der Schweiz (gleitendes Mittel des Variationskoeffizienten für 10-jährige Anbauperioden). Der negative Trend von 1950 bis 2000 zeigt eine zunehmende Stabilität der Ernteerträge. (Datenquelle: Schweizerischer Bauernverband)

5. Wasserversorgung und Standort

In Zukunft könnte es auch in der Schweiz vermehrt zu kritischen Bodenwasserzuständen und Sommerdürren kommen. Bewässerung wäre dann vielerorts nötig. Das Ausmass der lokalen Wasserverknappung hängt aber nicht nur vom Wasserbedarf der Kulturen, sondern auch von den Standortbedingungen ab.

Der Wasserbedarf vieler Kulturen (Getreide, Hülsenfrüchte, Hackfrüchte, Ölsaaten), die heute in der Schweiz angebaut werden, ist mit 400–700 mm für die Wachstumsperiode relativ hoch.¹² Produktivitätsverluste treten auf, wenn das im Boden verfügbare Wasser über längere Zeit weniger als 30–50% der nutzbaren Feldkapazität beträgt.¹³ Ein optimales Wachstum kann dann nur mit der Bewässerung der Kulturen erreicht werden.

Bei den heutigen Niederschlagsmengen ist der Bedarf einer kontinuierlichen bzw. flächendeckenden Bewässerung gering. Im Mittelland fallen zwischen April und September durchschnittlich ca. 600 mm (mit einer jährlichen Variabilität von 100 mm), was einem durchschnittlichen Bodenwassergehalt von rund 60% der nutzbaren Feldkapazität entspricht. Weniger als 500 mm wurden seit 1900 nur 15 Mal gemessen, weniger als 400 mm nur 5 Mal. Die Niederschlagssummen in der subalpinen und alpinen Stufe sind höher; nur die inneralpinen Täler, insbesondere das Wallis, sind heute mit dem Problem der Wasserknappheit konfrontiert.

Die Szenarien für das Jahr 2050 zeigen eine geringfügige Änderung der Frühlingsniederschläge und eine deutliche Abnahme der Sommer- (bis zu 35%) und Herbstniederschläge (bis zu 15%).

Im Extremfall muss im Mittelland mit durchschnittlichen Niederschlagssummen (April bis September) von weniger als 500 mm, wochenlangen kritischen Bodenwasserzuständen (Resultate auf das Jahr 2050 herunterskaliert⁶), und einer Zunahme von Sommerdürren gerechnet werden.^{9,10} Bewässerung wäre dann vielerorts öfter nötig, auch wenn der frühere Vegetationsbeginn (vgl. Abschnitt 2) die Situation entschärft. Das Ausmass der lokalen Wasserverknappung dürfte nicht nur vom Wasserbedarf der Kulturen, sondern auch von den Standortbedingungen abhängig sein¹⁴ (vgl. Kapitel Wasserwirtschaft).

Wasserknappheit könnte in Extremjahren dann auch im Futterbau zum Problem werden trotz der zum Teil höheren Lage der entsprechenden Flächen.

Unsicherheiten

Es bleibt unsicher, inwiefern der Ausbau von Bewässerungsanlagen zur Überbrückung von Trockenperioden sinnvoll, machbar und angesichts der Wasserverfügbarkeit in Trockenjahren möglich ist. Die Meidung von gefährdeten Standorten und der Anbau von weniger wasserbedürftigen Kulturen sind eher vorzuziehen.

6. Schadorganismen und deren Bedeutung

Der Klimawandel fördert das Aufkommen von Unkräutern und begünstigt die Insekten-Schädlinge, während die Populationen von pilzlichen und bakteriellen Krankheitserregern in Abhängigkeit von der Wirtspflanze gefördert, gehemmt oder nicht beeinflusst werden.

Klima, Witterung und Anbaufaktoren sind massgebend für Art, Umfang und Bedeutung von Problemen mit Unkräutern und Schaderregern. Die Klimaänderung hat zusammen mit verstärktem Güter- und Reiseverkehr zur Verbreitung von Pflanzenarten beigetragen, die bei uns natürlicherweise nicht vorkamen (sogenannte Neophyten). Beispielsweise breitet sich momentan von Genf und dem Tessin her in der ganzen Schweiz *Ambrosia artemisiifolia* aus, ein

Unkraut, das sich in Feldern rasch ausbreiten und durch seine Pollen Allergien und Asthma hervorrufen kann (vgl. Kapitel Gesundheit).¹⁵ Mit dem Anstieg der Temperaturen könnten sich auch wärmeliebende Pflanzenarten wie Gräser subtropischen Ursprungs mit geringerem Nährwert für Tiere ausbreiten. Holzige Pflanzenarten sowie Wurzelunkräuter und -ungräser wie Ackerdistel, Ampfer und Quecke könnten vermehrt Probleme verursachen.¹⁶

Durch milde Winter werden Herbstkeimer wie Ackerfuchsschwanz und Klettenlabkraut bevorzugt. Durch die schnellere Anpassungsfähigkeit der Unkrautpopulationen und deren stärkere Konkurrenzkraft gegenüber Kulturpflanzen sowie durch reduzierte Bodenbedeckung verursacht durch Hitzeperioden und Erosionsereignisse dürfte sich der Unkrautdruck erhöhen.

Als Folge der Klimaerwärmung werden zunehmende Probleme durch Insekten-Schädlinge erwartet.¹⁷ Insektenarten wie Maiszünsler, Maiswurzelbohrer, Getreidehähnchen, Blattläuse und Kartoffelkäfer dürften sich rascher entwickeln und weiter verbreiten als bisher. Die verlängerte Wärmeperiode wird es Schädlingen mit bisher 1-2 Generationen pro Saison ermöglichen, in Zukunft 2-3 Generationen zu bilden (z.B. Maiszünsler). Schädlinge, die bisher nur alle 3 Jahre Schäden verursachten (z.B. Maikäferengerlinge), werden in kürzeren und unregelmässigeren Abständen auftreten. Blattläuse, die in der adulten Phase überwintern, werden aufgrund wärmerer Winter früher von ihren Winterstandorten zu den Kulturpflanzen migrieren.¹⁸

Das Auftreten von pilzlichen und bakteriellen Krankheitserregern ist stark klima- und witterungsabhängig. Je nach Wirt-Pathogen-System wird sich die Klimaänderung auf die Populationen positiv, negativ oder neutral auswirken.¹⁹ Milde Winter und Frühjahre sind förderlich für Braun- und Gelbrost, Mehltau und Helminthosporium-Blattfleckenkrankheiten von Getreide und Mais. Warme und eher trockene Sommer dürften hingegen zu einem Rückgang von feuchteliebenden Krankheiten wie der Spelzenbräunekrankheit und von Ährenfusariosen bei Weizen führen. Auch Epidemien der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel würden dabei gebremst, aber wegen einem früheren Beginn insgesamt möglicherweise nicht geschwächt. Beim Mais dürften durch zunehmende Frassschäden (Maiszünsler) und wetterbedingte mechanische Verletzungen der Pflanzen (Hagel, Sturm) toxinbildende Fusarium-Pilze verstärkt auftreten (siehe Abb.4). Zudem können als Folge der steigenden Ozon-Konzentration fakultative Parasiten, die für ihre Vermehrung nicht auf den Wirt angewiesen sind und nur zeitweise dort gefunden werden, vermehrt Schaden an Kulturpflanzen anrichten.⁶



Abbildung 4:
Befall eines Maiskolbens durch toxische Fusarium-Pilze. Das Auftreten der Fusarien wird durch Verletzungen des Maises durch Insekten, Hagel und Wachstumsrisse verursacht. Es wird durch stark wechselnde Klimabedingungen gefördert.
(Quelle: H.R. Forrer, Agroscope ART Reckenholz-Tänikon)

Unsicherheiten

Durch die komplexen Wechselwirkungen zwischen Schadorganismen, Nützlingen, Wirtspflanzen und Anbausystemen sowie unterschiedlichen Wirkungen der abiotischen Faktoren Wärme, CO₂ und O₃ sind Voraussagen zu längerfristigen Entwicklungen schwierig. Sicher ist wohl nur, dass wir mit dem Klimawandel in immer kürzeren Rhythmen mit neuen Problemen konfrontiert werden. Vereinfachte Fruchtfolgen und die Konzentration auf wenige Kulturpflanzenarten leisten grösseren Problemen mit Schaderregern zusätzlich Vorschub.

7. Erzeugung von Lebensmitteln durch Tierhaltung

Im Futterbau wird an Standorten mit ausreichender Wasserversorgung die Produktivität als Folge der Klimaänderung steigen und die Tierproduktion wird demzufolge von kostengünstigeren, vermehrt im Inland produzierten Futtermitteln profitieren. Auch die Verlängerung der Weideperiode und neue, angepasste Futterpflanzenmischungen können das Potenzial der tierischen Produktion vergrössern. Aber auch negative Effekte sind zu erwarten: Die Zunahme der Hitzetage wird Probleme für die Tierhaltung mit sich bringen. Ausserdem könnte die Futterqualität zurückgehen und die Ertragssicherheit durch vermehrte Extremereignisse abnehmen.

Die Schweiz ist ein „Futterbauand“: Die Voraussetzungen bezüglich Niederschlagsmenge und -verteilung sind sehr günstig für die futterbauliche Produktion (Grünland). Ausserdem erlaubt die Topografie für grosse Flächenanteile nur eine futterbauliche Nutzung. Bodenunabhängige Produktion hat einen vergleichsweise geringeren, wenn auch zunehmenden Stellenwert.

Die Tierhaltung war traditionell vom Bemühen geprägt, sich von den Klimavariationen unabhängiger zu machen (z.B. mit Stallklimakontrolle, geschlossenen Systemen und konservierten Futtermitteln). In den letzten Jahren hat jedoch die Weidenutzung wieder zugenommen. Gründe dafür sind wirtschaftliche Überlegungen (Kosteneinsparung) und das Bestreben, das Tierwohl zu verbessern und die Produktion naturnaher zu gestalten. Dadurch ist die Tierhaltung abhängiger vom Klima geworden. Strategien für den Umgang mit klimatischen Extremsituationen werden aber nach wie vor nur in Ausnahmefällen benötigt. Vereinzelt kommt es zu Konflikten bei bestimmten Haltungssystemen, beispielsweise bei der Freilandhaltung während der Sommerhitze.

Die in Zukunft erwartete Zunahme der Anzahl Hitzetage bringt Probleme für die Tierhaltung: Der Wasserbedarf steigt, die Tiere müssen vermehrt vor hohen Temperaturen durch geeignete Stallklimatisierung oder Beschattung geschützt werden. Tierkrankheiten und Parasiten werden vermutlich nicht generell zunehmen, aber Verschiebungen im Spektrum der Schadorganismen können nicht ausgeschlossen werden. Bereits heute existieren Tierrassen, die mit solchen Bedingungen, wie auch mit den vorgenannten Veränderungen, besser zurechtkommen. Die Zuchtziele der in der Schweiz verbreiteten Rassen müssen angepasst werden.

In Zukunft wird an Standorten, wo die Wasserverfügbarkeit nicht limitierend ist, die Produktivität im Futterbau als Folge der Klimaänderung in höheren Lagen eher steigen. Die tierische Produktion wird dank eines verbesserten Angebots vom kostengünstigeren inländischen Futtermittel

profitieren können. Durch die Zucht angepasster Futterpflanzenarten (auch von neuen Arten) und die Entwicklung geeigneter Mischungen kann dieser Vorteil noch verstärkt werden. Die Verlängerung der Weideperiode (vgl. Abschnitt 2) bringt zusätzliche Weidetage und steigert das Produktionspotenzial. Zudem könnte die Zunahme geeigneter Trocknungstage die Qualität des konservierten Futters verbessern. Aber auch negative Effekte sind zu erwarten: Durch die Zunahme von Wetterextremen wird das Futterangebot während der Vegetationsperiode unregelmässiger und die Abhängigkeit von Futterkonserven steigt (vgl. Abschnitt 3). Futterpflanzen, die an wärmere Wachstumsbedingungen angepasst sind, haben oft einen geringeren Futterwert. Zudem entwickeln sich in Pflanzen aus gemässigten Zonen häufiger Parasiten (in erster Linie pilzliche), die den Futterwert beeinträchtigen können und Risikofaktoren für die Gesundheit von Tier und Mensch darstellen. Alle diese Faktoren werden sich je nach Höhenlagen und Regionen unterschiedlich auswirken. Produktionsverlagerungen sind zu erwarten; alternativ könnte auch der Anteil boden- bzw. klimaunabhängiger Produktion zunehmen.

Unsicherheiten

Es ist offen, wieweit sich einerseits die Abnahme des Bedarfs an Futterkonserven infolge einer verlängerten Vegetationszeit und andererseits die Zunahme zur Überbrückung von Mangelsituationen durch Trockenheit während der Wachstumsperiode gegenseitig kompensieren. Das Spannungsfeld zwischen kontrollierter (intensiver) und naturnaher Produktion wird um eine Dimension bereichert. Die Anzahl potenzieller Weidetage („Freilandtage“) wird zwar eher zunehmen, die optimalen Weidetage dürften sich bedingt durch mehr Tage mit zu hohen Temperaturen oder Trockenheit aber verringern; in Bezug auf Trittschäden bei zu nassen Weideflächen könnte sich die Situation eher verbessern.

8. Massnahmen bei Kulturen, Anbauverfahren und Betriebsführung

Die Anpassungsfähigkeit der Landwirtschaft dürfte gross genug sein, um sich durch geeignete Massnahmen im Bereich der Kulturen- und Sortenwahl, der Anbauverfahren sowie der Betriebsführung an eine durchschnittliche Erwärmung von 2 bis 3 °C bis 2050 anzupassen. Hingegen stellt die Zunahme der Witterungsvariabilität und der Extremereignisse eine Herausforderung dar.

Die derzeitige Entwicklung hin zu wärmeren und trockeneren Sommern mit häufigeren Extremereignissen erfordert eine Überprüfung der verbreiteten Kulturpflanzen, der üblichen Anbauverfahren sowie auch der Art der Betriebsführung.

Kulturen

Viele unserer Kulturpflanzen dürften bei zunehmender Sommerhitze und Trockenheit ihre bisherige Ertragskonstanz einbüßen. Das Potenzial bestehender und alternativer Kulturen muss deshalb geprüft werden. Heutige Sorten können möglicherweise durch robustere Sorten oder Arten ersetzt werden, die nicht unbedingt neu gezüchtet werden müssen, sondern in entsprechenden Klimaten bereits verfügbar sind. Weniger einfach ist die Anpassung im Falle von mehrjährigen Spezialkulturen (z.B. im Obst- und Rebbau).

Beim Import neuer Nutzpflanzensorten ist die inländische Kompetenz bei der Sortenprüfung zur zielgerichteten Selektion wichtig (Erhalten von Know-how). Die Sortenprüfung dient auch dazu, unter verstärkter Berücksichtigung der Klimaänderung und der Veränderung des Schadorganismenkomplexes konkurrenzkräftige und breit resistente Sorten zu selektionieren, die sich auch durch erhöhte Witterungs-, Ertrags- und Qualitätstoleranz auszeichnen.

Um das Risiko von Missernten besser verteilen zu können, sollte zumindest innerhalb der Regionen ein vielfältiger Mix an Kulturen angestrebt werden, ohne dabei zur kleinflächigen Bewirtschaftung zurückzukehren (vgl. Betriebsführung). Auf Betriebsniveau kann neben dem Futterbau speziell auch im Getreidebau mit Sortenmischungen eine erhöhte Ertragsstabilität erzielt werden. Kulturen, die dem veränderten Klima nicht mehr angepasst werden können (z.B. Hafer), müssen durch neue (z.B. Soja, Trockenreis) ersetzt werden. Bei den Spezialkulturen könnten beispielsweise vermehrt Melonen, Tafeltrauben oder Zitrusfrüchte angebaut werden, um eine hohe Wertschöpfung zu erzielen.

Anbauverfahren

Die moderne Landtechnik hat die Witterungsabhängigkeit der Landwirtschaft bereits verringert und zur Verbesserung der Futterqualität geführt. Im Futterbau können Schnitte heute früher (bei kleinerer Biomasse bzw. Blattflächenindex) erfolgen, und damit kann eine höhere Qualität erreicht werden. Besonders bei den intensiven Wiesen mit Pflegemassnahmen ist eine weitere Anpassung künftig möglich, während dies bei extensiven Wiesen weniger der Fall sein wird.²⁰ Ertragsverluste im Ackerbau können auch reduziert werden, indem der Aussaatzeitpunkt den wärmeren Temperaturen angepasst wird. Dadurch entstehen neue Möglichkeiten der Ausgestaltung der Fruchtfolgen.

Die erwartete Zunahme der Sommertrockenheit wird die Landwirte zum haushälterischen Umgang mit Wasser zwingen. Zu den möglichen Massnahmen gehören die frühere Aussaat bzw. Kopfdüngung im Frühling, die möglichst lückenlose Bodenbedeckung mit lebendem oder abgestorbenem pflanzlichem Material sowie der Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung im Sommer. Diese Massnahmen vermindern gleichzeitig die Bodenabschwemmung bei Starkniederschlägen. Die konsequenteste Form der gefügeschonenden Bodenbestellung ist die Direktsaat (no-till). Sie erfordert aber vor allem bei feuchter Witterung flankierende Massnahmen gegen die Ausbreitung von Unkräutern, Schnecken oder Pilzen und ganz allgemein gegen zu starke Konkurrenzierung durch die bodenbedeckende Kultur.

An Standorten mit ausreichendem Wasserangebot für künstliche Bewässerung muss das Bewässerungswasser möglichst effektiv eingesetzt werden. Zu den Massnahmen gehören u.a. die konsequente Anwendung der Tröpfchenbewässerung in Reihenkulturen und das Abstellen von Sprinkleranlagen bei Sonnenschein. Schliesslich sollen Pflanzen auch nicht durch zu frühe oder zu häufige Bewässerung verwöhnt werden, sondern ein leistungsfähiges Wurzelwerk ausbilden. Das entsprechende Know-how für die Schweiz muss erarbeitet werden und künftig in die Ausbildungsgänge einfließen.

Betriebsführung

Die Klimaerwärmung verlängert die Vegetationsperiode und erhöht die Zahl der verfügbaren Feldarbeitstage. Diese Veränderungen haben Auswirkungen auf die Betriebsführung:

Hochmechanisierte Anbauverfahren mit besonderen Anforderungen an die Befahr- bzw. Bearbeitbarkeit des Bodens werden zunehmend interessant. Teure und leistungsfähige Maschinen können besser ausgelastet und – im Falle der Silageernte – vermehrt auch im Berggebiet zeitverschoben eingesetzt werden (siehe Abb. 5). Zudem wird die kurzfristige Disposition der Arbeitskräfte bei häufigerem Schönwetter einfacher. Insgesamt wird die Arbeitsproduktivität steigen und werden die Produktionskosten sinken. Diese Vorteile könnten allerdings durch häufigere Unwetterschäden oder steigende Versicherungskosten zunichte gemacht werden.

Im Berggebiet bringt die Klimaerwärmung eine willkommene Verkürzung der langen Winterfütterungsperiode. Dadurch sinkt der Bedarf an konserviertem Futter, was nicht nur die Heuernte erleichtert, sondern auch die Baukosten für die Futter- und Düngerlager vermindert.

Bei abnehmenden Sommerniederschlägen nimmt auch im Berggebiet die Gefahr der Vernässung und Bodenverdichtung ab. Damit kommt es speziell auf schweren Böden weniger zur Bodenverdichtung durch schwere Maschinen. Dabei vermindert sich auch die Gefahr, dass die Wasserspeicher- und

Wasserhaltekapazität der Böden immer mehr abnehmen und die Erosionsanfälligkeit steigt.

Die vorausschauende Planung und Risikoabwägung werden wichtiger. Zur Risikovermeidung sind prophylaktische Massnahmen zu ergreifen, wie beispielsweise der Einbezug von Karten für Naturgefahren bei der Planung der Landnutzung oder die Umsetzung der Strategie Naturgefahren der PLANAT.²¹ Eine stärkere Diversifizierung der Betriebe dürfte als Strategie der Risikoverminderung wieder an Aktualität gewinnen. Sowohl bei den Ackerkulturen als auch beim Futterbau kann der Ausfall einer Kultur durch die anderen ausgeglichen werden. Wegen der Arbeitsrationalisierung ist es sinnvoll, einen vielfältigen Kulturenmix in grösseren Produzentengemeinschaften zu realisieren. Bezüglich vorausschauender Planung besteht in der praktischen Landwirtschaft ein grosser Bedarf an der Verbesserung der Zuverlässigkeit monatlicher und saisonaler Wettervorhersagen, wie sie momentan beispielsweise an der MeteoSchweiz entwickelt werden.²²

Unsicherheiten

Besonders nützlich wäre es für die Praxis, wenn bei der Jahresplanung eine saisonale Vorhersage vorliegen würde. Damit würde die Betriebsführung unterstützt, die für den Fall eines stärker von Extremen geprägten Klimas eine breite Massnahmenpalette zur Hand haben muss.



Abbildung 5: Bei der Ernte von Rundballensilage ergeben sich aufgrund der Klimaerwärmung zusätzliche Erntemöglichkeiten im Früh- und Spätsommer. Teure Spezialmaschinen können so besser ausgelastet werden.

(Quelle: Agroscope ART Reckenholz-Tänikon)

9. Nationale und globale Nahrungsversorgung

Bei der Abschätzung der zukünftigen nationalen und globalen Nahrungsmittelversorgung spielen die internationalen Agrarmärkte eine wichtige Rolle. Bis 2050 werden die Liberalisierung der Märkte und die Anpassungen der Agrarpolitik die Nahrungsmittelversorgung zusammen mit einer steigenden Nachfrage aus Schwellenländern auf dem Weltmarkt stärker beeinflussen, als dies der globale Klimawandel tun wird.

Die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Nahrungsversorgung der Schweiz müssen vor dem Hintergrund der absehbaren Marktöffnung der Landwirtschaft in den kommenden Jahrzehnten betrachtet werden. Durch die zunehmende Vernetzung der internationalen Agrarmärkte werden die lokalen Märkte weniger durch lokale Gegebenheiten geprägt sein, weil sich die Konsequenzen in einem grösseren System verteilen. Dafür wird lokal zu spüren sein, was anderswo verursacht wurde. Durch die komplette Öffnung der Agrarmärkte werden Produktionen mit komparativen Kostennachteilen zurückgehen. Gewisse Ackerprodukte dürften davon stärker betroffen sein als die Tierhaltung.²³

Auf globaler Ebene kann man davon ausgehen, dass die Agrarproduktion in agronomisch relativ günstiger gewordene Gebiete verlagert wird. Zum Beispiel werden Mittel- und Nordeuropa klimabedingte Standortvorteile erhalten, während semi-aride Gebiete klimatisch benachteiligt werden. An einzelnen Standorten könnte dies zu einer Versorgungsunsicherheit führen.

Die Weltgetreideproduktion wird allgemein zurückgehen und sich geografisch verschieben. Durch die Verschiebung, verstärkt durch die Handelsliberalisierung, werden die Agrarmärkte und der internationale Handel wichtiger werden. Aufgrund einer erwarteten Verknappung werden die Weltmarktpreise steigen. Die Auswirkungen auf die Agrarmärkte hängen aber stark von der allgemeinen wirtschaftlichen und weltpolitischen Situation ab und werden räumlich variieren. Die globale Verteilungsproblematik

wird sich verschärfen. Zudem ist mit grösseren Preisschwankungen aufgrund der erwarteten stärkeren meteorologischen Extremereignisse zu rechnen. Speziell Länder in Afrika werden unter den Folgen des Klimawandels leiden. Die Solidarität von Ländern im Norden mit denen im Süden bezüglich der Nahrungsversorgung wird noch wichtiger werden.

In der Schweiz ist der Beitrag der Landwirtschaft an das BIP marginal. Die Folgen des Klimawandels – positive und negative – auf die Landwirtschaft sind daher gesamtwirtschaftlich unbedeutend. Die Nahrungsmittelnachfrage lässt sich in der Schweiz durch Importe decken und Versorgungsprobleme werden nicht erwartet.

Weil die Schweiz in einer tendenziell günstigen Klimazone liegt, werden die komparativen Vorteile des Standortes zunehmen. Allgemein wird mit einer erhöhten Risikosituation gerechnet. Diese wird zusätzlich durch den Strukturwandel verstärkt werden, der zu grösseren, kapitalintensiveren Betrieben mit einem höheren Spezialisierungsgrad führen wird. Der Strukturwandel wird aber auch zu einer verbesserten Agilität, Professionalität und Anpassungsfähigkeit der Betriebe führen.

Unsicherheiten

Es bleibt unsicher, welchen Stellenwert die direkte Wirkung der Klimaänderung auf die einheimische Landwirtschaft im Kontext der übrigen, hauptsächlich durch Veränderungen im internationalen Handel bewirkten Veränderungen bis 2050 haben wird.

Literatur und Anmerkungen

- 1 Bundesamt für Statistik (BFS). Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. Neuchâtel, 2004.
- 2 Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Agrarbericht 2005. Bern, 2005.
- 3 S. Flückier, P. Rieder. Klimaänderung und Landwirtschaft – Ökonomische Implikationen innerhalb der Landwirtschaft und ihres Umfeldes aus globaler, nationaler und regionaler Sicht. Vdf Verlag der ETH Zürich, 1997.
- 4 W. Luder, C. Moriz. Raufutterernte: Klimaerwärmung besser nutzen. FAT-Berichte 634, 2005.
- 5 C. Defila. 2004. Regionale Trends bei pflanzenphänologischen Zeitreihen in der Schweiz. Meteorologen-Tagung in Karlsruhe, Langfassung auf CD, 6 Seiten, 2004.
- 6 J. Fuhrer. Elevated CO₂, ozone, and global climate change: agroecosystem responses. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 97, 2003, 1–20.
- 7 K. Jasper, P. L. Calanca, D. Gyalistras, and J. Fuhrer. Differential impacts of climate change on hydrology of two alpine river basins. In: Clim Res 26, 2004, 113–129.
- 8 OcCC (Hg.). Extremereignisse und Klimaänderung. Bern, 2003.
- 9 J. Fuhrer, M. Beniston, A. Fischlin, Ch. Frei, S. Goyette, K. Jasper, and C. Pfister. Climate risks and their impact on agricultural land and forests in Switzerland. In: Climate Change 79, 2006, 79–102.
- 10 C. Schär, P. L. Vidale, D. Lüthi, C. Frei, C. Häberli, M. Liniger, and C. Appenzeller. The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. Nature 427, 2003, 332–336.
- 11 P. Calanca (2006). Climate change and drought occurrence in the Alpine region: how severe are becoming the extremes? Accepted for publication in Global and Planetary Change.
- 12 J. Doorenbos, A. H. Kassam. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1979.
- 13 R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1998.
- 14 K. Jasper, P. Calanca, J. Fuhrer. Changes in summertime soil water patterns in complex terrain due to climatic change. In: J. Hydrol. 327, 2006, 550–563.
- 15 B. Clot, R. Gehrig, A. G. Peeters, D. Schneiter, P. Tercier et M. Thibaudon. Pollen d'ambroisie en Suisse : production locale ou transport? In : Europ. Ann. Allergy and Clinical Immunol. 34, 2002, 126–128.
- 16 OcCC (Hg.). Das Klima ändert – auch in der Schweiz. Bern, 2002.
- 17 R. J. C. Cannon. The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. In: Global Change Biol. 4, 1998, 785–796.
- 18 R. Harrington, J. S. Bale, and G. M. Tatchell. Aphids in a changing climate. In: R. Harrington and N. E. Stork (Hg.). Insects in a changing environment. Academic Press, London, 1995.
- 19 S. M. Coakley, H. Scherm, and S. Chakraborty. Climate change and plant disease management. In: Ann. Rev. Phytopathol. 37, 1999, 399–426.
- 20 A. Lüscher, J. Fuhrer, and P. C. D. Newton. Global atmospheric change and its effect on managed grassland systems. In: D. C. McGilloway (Hg.). Grassland – a global resource. Wageningen Academic Publishers, 2005, 251–264.
- 21 PLANAT. Strategie Naturgefahren Schweiz. Biel, 2005. (http://www.planat.ch/ressources/planat_product_de_543.pdf)
- 22 W. Müller. Analysis and prediction of the European winter climate. Veröffentlichung der MeteoSchweiz, Nr. 69, 2004.
- 23 Vgl. www.blw.admin.ch (Studien der FAT oder des Instituts für Agrarwirtschaft der ETH)

