

Klimawandelauswirkungen auf die Landwirtschaft in der Schweiz und Möglichkeiten der Anpassung

Annelie Holzkämper^{1*}

Zusammenfassung

Der Klimawandel ist kein neues Phänomen, sondern schon seit einigen Jahrzehnten mess- und spürbar. Auch landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz ist von diesem Phänomen betroffen. Die Auswirkungen sind zwar nicht per se negativ, aber dennoch stellen sie die Branche vor wachsende Herausforderungen: zunehmender Sommertrockenheit, Hitze, und wachsenden Schädlingsrisiken, die für die Zukunft erwartet werden, muss mit entsprechenden Anpassungsmassnahmen begegnet werden. Neben der Zunahme an Bewässerung zur Reduktion von Trockenheitsrisiken kommt der Wahl und Züchtung klimaangepasster Sorten und Kulturen in dem Zusammenhang eine hohe Bedeutung zu.

Schlagwörter: Klimarisiken, Klimaprojektionen, klimaangepasste Sorten, klimaangepasste Kulturen, Bewässerung

Summary

Climate change is not a new phenomenon, but has been measurable and perceptible for several decades. Agricultural production in Switzerland is also affected by this phenomenon. Although the effects are not negative per se, they nevertheless present the sector with growing challenges: increasing summer drought, heat, and growing pest risks expected in the future must be countered with appropriate adaptation measures. In addition to increasing irrigation to reduce drought risks, the selection and breeding of climate-adapted varieties and crops is of great importance in that respect.

Keywords: climate risks, climate projections, climate-adapted varieties, climate-adapted crops, irrigation

Steigende Temperaturen, wechselnde Niederschlagsverhältnisse und ihre bisherigen Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts ist die durchschnittliche Temperatur um etwas mehr als 2 °C gestiegen (MeteoSchweiz). Diese Erwärmung hatte Einfluss auf die Vegetationsentwicklung, was sich zum Beispiel in Tendenzen zur früheren Blüte im Grünland und bei Dauerkulturen in diesem Zeitraum widerspiegelt (z.B. Vuffray et al. 2016). Gemäss Schätzungen der MeteoSchweiz auf Basis phänologischer Daten unterschiedlicher Pflanzenarten kam es so über die letzten drei Jahrzehnte zu einer Verfrühung des Frühlungseintritts um etwa 5 Tage im Vergleich zu den 1960er, -70er und -80er Jahren (Frühlingsindex MeteoSchweiz). Insgesamt tragen steigende Temperaturen zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode bei, nicht nur, weil das Wachstum früher beginnen kann, sondern auch weil es länger andauert. Signifikante Trends einer Verlängerung der Wachstumsperiode im Schweizer Mittelland wurde von Calanca and Holzkämper 2010

¹ Agroscope, Gruppe Klima und Landwirtschaft, Fachbereich Agrarökologie und Umwelt, Reckenholzstr. 191, CH-8046 ZÜRICH

* Ansprechpartner: Dr. Annelie Holzkämper, email: annelie.holzkaemper@agroscope.admin.ch

aufgezeigt. Für die Produktivität von Grünland ist diese Entwicklung grundsätzlich vorteilhaft. In extremen Trockenjahren der jüngeren Vergangenheit war die Produktivität von Grünland allerdings jeweils stark dezimiert. Ertragseinbrüche mussten in diesen Extremjahren durch höhere Futtermittelimporte ausgeglichen werden. Auch im Rebbau hatten bisherige Temperaturzunahmen bereits merklichen Einfluss auf die Mostqualität und es ergaben sich Potentiale für den Anbau von Rebsorten mit höheren Temperaturansprüchen (Holzkämper et al. 2013). Im Vergleich zum Grünlandbau sind Trockenheitsperioden im Rebbau grundsätzlich weniger problematisch. Sie führen zwar zu geringeren Ertragsmengen, aber dafür zeichnen sich die Erträge in diesen Jahren oft durch ausgesprochen hohe Qualität aus. Im Ackerbau können sich Trockenheitsextreme einzelner Jahre je nach Kultur und dem zeitlichen Auftreten der Trockenperiode sehr unterschiedlich auswirken. Von Sommertrockenheit werden die Erträge der Wintergetreide in aller Regel wenig beeinträchtigt, weil sie sich in dieser Periode bereits in der späten Reifephase befinden oder sogar schon geerntet wurden. Sommerkulturen wie Kartoffeln, Zuckerrübe oder auch Mais sind durch Sommertrockenheit viel stärker beeinträchtigt und deshalb vielfach von Zusatzbewässerung abhängig.

Neben Trockenheitslimitierungen sind aber auch Ertragslimitierungen durch hohe Niederschlagsmengen unter aktuellen Bedingungen keine Seltenheit. Dies zeigt sich zum Beispiel in signifikanten negativen Korrelationen zwischen Winterweizenerträgen und Niederschlagsmengen im Winter und Frühjahr (Price 2020). Der belegte statistische Zusammenhang kann auf unterschiedliche Mechanismen zurückzuführen sein. Eine wichtige Rolle könnte dabei spielen, dass niederschlagsreiche Perioden häufig mit Strahlungsdefiziten einhergehen, die die photosynthetische Aktivität und damit den Biomassenzuwachs einschränken. Zudem wird eine Vielzahl von Pflanzenkrankheiten durch feuchte Bedingungen begünstigt, was wiederum Ertragsreduktionen zur Folge haben kann. Schliesslich kann auch ein Mangel an Sauerstoff in wassergesättigten Böden dazu führen, dass Wurzeln absterben und die Produktivität der Pflanzen eingeschränkt wird.

Zukünftiger Klimawandel und seine weiteren Auswirkungen auf die Landwirtschaft in der Schweiz

Gemäss Klimaprojektionen wird sich der Erwärmungstrend in Zukunft weiter fortsetzen. Mit Klimaschutz (RCP2.6) sind bis zum Ende des Jahrhunderts Temperaturerhöhungen um 1.5°C wahrscheinlich; ohne Klimaschutz (RCP8.5) muss sogar mit einer Erwärmung um 5°C gerechnet werden. Gleichzeitig ändert sich die Niederschlagsverteilung über das Jahr: im Sommer werden die Niederschläge ohne Klimaschutz bis 2100 um etwa 20% abnehmen (5% mit Klimaschutz), während Niederschlagsmengen im Winter und Frühling um 15 bzw. 4% zunehmen (mit Klimaschutz 5 bzw. 0%) (NCCS 2018).

Mit den weiter ansteigenden Temperaturen ist somit auch für die Zukunft eine weitere Verlängerung der Vegetationsperiode zu erwarten, die zu einer potentiellen Steigerung der Grünlandproduktivität beitragen kann sofern Limitierungen durch Trockenheit nicht überwiegen. Darüber hinaus eröffnen sich mit steigenden Temperaturen auch Potentiale für den Anbau von wärmebedürftigen Nischenkulturen wie Quinoa, weisse Lupine, Kichererbsen oder Mandel (Heinz 2021). Grundsätzlich reduziert sich die Häufigkeit extrem tiefer Temperaturen mit dem Temperaturanstieg; allerdings muss das nicht zwangsläufig mit einer Reduktion des Auftretens von Frostschäden einhergehen, wenn man bedenkt, dass sensitive Entwicklungsphasen wie das Knospenschwellen sich bei Erwärmung verfrühen (Meier et al. 2018). Klare negative Auswirkungen bringt die Temperaturerhöhung im Hinblick auf Risiken durch Schadinsekten mit sich: diese verursachen potentiell grössere Schäden, weil sie unter wärmeren Bedingungen mehr Generationen bilden können (Stöckli et al. 2012, Grünig et al. 2020a, Grünig et al. 2020b). Für viele der aktuell dominierenden Ackerkulturen sind mit weiterem Temperaturanstieg auch grundsätzlich negative Auswirkungen auf Erträge zu befürchten: zum einen reduziert

eine beschleunigte phänologische Entwicklung – insbesondere in der Reifephase - die Potentialerträge, weil über die verkürzte Periode weniger Biomasse akkumuliert werden kann; zum anderen ist zu erwarten das das Risiko von Limitierungen durch Hitzestress zunimmt. Trotz der sich fortsetzenden Tendenz zu einer Verfrühung sensitiver Stadien wie der Blüteperiode, schätzen Studien sowohl für Mais also auch für Winterweizen Zunahmen der kritischen Exposition dieser Kulturen gegenüber Hitzestress (Holzkämper und Fuhrer 2015, Rogger et al. 2021).

Mit abnehmenden Sommerniederschlägen ist zusätzlich mit dem vermehrten Auftreten von Trockenheitsrisiken zu rechnen, die sich insbesondere im Futterbau und beim Anbau von Sommerkulturen bemerkbar machen werden (Moulin und Calanca 2021).

Mit den projizierten Zunahmen der Niederschlagsmengen im Winter und Frühjahr ist für die Zukunft nicht zu erwarten, dass aktuell relevante Ertragslimitierungen von Winterweizen durch Strahlungsdefizite, Krankheitsdruck und Sauerstoffstress an Bedeutung verlieren. Im Gegenteil steht sogar eine Zunahme dieser Limitierungen zu befürchten.

Handlungsoptionen zur Klimaanpassung

Je nach Bedeutung einzelner Limitierungen für eine landwirtschaftliche Kultur oder Produktionsform in einer bestimmten Region sind unterschiedliche Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sinnvoll. Eine naheliegende Möglichkeit der Anpassung an Trockenheitslimitierungen liegt in der Bewässerung betroffener Kulturen (Fuhrer und Calanca 2014). Da die Schweiz ein sehr wasserreiches Land ist, werden in vielen Regionen der Schweiz auch unter Klimawandel ausreichende Wasserressourcen für die Bewässerung zur Verfügung stehen, auch wenn die Verfügbarkeit von Bewässerungswasser aus kleinen und mittleren Flüssen im Alpenvorland unter Klimawandel abnehmen wird (Brunner et al. 2019, Linder 2021). Für Kulturen mit hoher Wertschöpfung wird eine Zunahme an Bewässerung wahrscheinlich rentabel sein. Dabei muss sich die Wahl der Anbauregionen für diese Kulturen dann aber entweder an der Verfügbarkeit von Wasserressourcen orientieren, oder es muss ein wesentlicher Mehraufwand für die Etablierung von Bewässerungsinfrastruktur betrieben werden, um Wasser aus entfernteren grossen Quellen wie Seen nutzen zu können. Für Kulturen mit geringerer Wertschöpfung mag sich solch ein zusätzlicher Aufwand nicht rentieren, so dass auf andere Formen der Anpassung wie Änderungen der Kultur- und Sortenwahl ausgewichen werden muss. Zum Beispiel sind Winterkulturen im Vergleich zu Sommerkulturen weniger anfällig gegenüber Trockenheit, weil kritische Entwicklungsstadien wie die Blüteperiode in der Regel zum Zeitpunkt eintretender Sommertrockenheit bereits überwunden sind (Klein et al. 2014, Holzkämper et al. 2020). Dieser Vorteil einer frühen Abreife kann auch bei Sommerkulturen zur Vermeidung von zukünftigem Trockenheits- und Hitzestress beitragen (Holzkämper 2020). Die Anpassung durch Sortenwahl und darüber hinaus durch Züchtung kann einerseits auf diese Frühreife ausgerichtet sein; andererseits können morphologische oder physiologische Eigenschaften, die zur Anpassung an Trocken- und Hitzestress beitragen, im Fokus stehen (Suter et al. 2017, Friedli et al. 2019). Vor dem Hintergrund zunehmender Winter- und Frühjahrsniederschläge ist auch die Problematik feuchtebedingter Ertragslimitierungen nicht zu vernachlässigen. Der Züchtung von Resistenzen gegenüber Pilzkrankheiten und Entwicklung von nachhaltigen Pflanzenschutzmitteln kommt in dem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu (Bellameche et al. 2020, Wuest et al. 2021).

Fazit

Insgesamt sind zu erwartende Klimawandelauswirkungen auf die Schweizer Landwirtschaft moderat im Vergleich zu anderen Regionen der Erde (z.B. der mediterrane Raum und der globale Süden). Nichtsdestotrotz müssen die zu erwartenden Änderungen durch Anpassungen in der Bewirtschaftung abgefangen werden, um die Agrarproduktivität zu

erhalten oder gegebenenfalls sogar zu erhöhen. Dazu bedarf es einer vorausschauenden Forschung und Züchtung, sowie auch einer langfristigen Ressourcenplanung, die die zu erwartenden klimatischen Änderungen mit in Betracht zieht (z.B. im Kontext landwirtschaftlicher Wassernutzung, siehe z.B. Schmocker-Fackel et al. 2021).

Referenzen

- Bellameche F., Pedrazzini C., Mauch-Mani B., Mascher F. (2020) Efficiency of biological and chemical inducers for controlling *Septoria tritici* leaf blotch (STB) on wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Plant Pathology* 158, 99-109.
- Brunner M.I., Björnson Gurung A., Zappa M., Zekollari H., Farinotti D., Stähli M. (2019) Present and future water scarcity in Switzerland: Potential for alleviation through reservoirs and lakes. *Sci. Total Environ.* 666, 1033-1047.
- Calanca P., Holzkämper A. (2010) Agrarmeteorologische Bedingungen im Schweizer Mittelland von 1864 bis 2050. *Agrarforschung Schweiz* 1, 320-325.
- Friedli C.N., Abiven S., Fossati D., Hund A. (2019) Modern wheat semi-dwarfs root deep on demand: response of rooting depth to drought in a set of Swiss era wheats covering 100 years of breeding. *Euphytica* 215.
- Fuhrer J., Calanca P. (2014) Irrigation requirement and available water supply under changing climatic conditions. *Agrarforschung Schweiz* 5, 256-263.
- Grünig M., Calanca P., Mazzi D., Pellissier L. (2020a) Inflection point in climatic suitability of insect pest species in Europe suggests non-linear responses to climate change. *Global Change Biology* 26, 6338-6349.
- Grünig M., Mazzi D., Calanca P., Karger D.N., Pellissier L. (2020b) Crop and forest pest metawebs shift towards increased linkage and suitability overlap under climate change. *Communications Biology* 3.
- Heinz M. (2021) Prospects of Cultivating Alternative Crops in a Changing Climate in Switzerland. Oeschger Centre for Climate Change Research. University of Bern, Bern, p. 82.
- Holzkämper A. (2020) Varietal adaptations matter for agricultural water use – a simulation study on grain maize in Western Switzerland. *Agric. Water Manage.* 237, 106202.
- Holzkämper A., Hund A., Fossati D. (2020) Saisonalitätsänderungen und die Folgen für die Landwirtschaft. *Klimawandel und Jahreszeiten*, Bern, Switzerland, p. 2.
- Holzkämper A., Fuhrer J. (2015) Wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt. *Agrarforschung* 6, 440-447.
- Holzkämper A., Fuhrer J., Frei C. (2013) Temperaturtrends und Rebbau in der Schweiz. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 1, 6-9.
- Klein T., Holzkämper A., Calanca P., Fuhrer J. (2014) Adaptation options under climate change for multifunctional agriculture: a simulation study for western Switzerland. *Regional Environmental Change* 14, 167-184.
- Linder Z. (2021) Climate change impacts on irrigation water resource availability from rivers in Switzerland. Oeschger Centre for Climate Change Research. University of Bern, Bern, p. 84.
- Meier M., Fuhrer J., Holzkämper A. (2018) Changing risk of spring frost damage in grapevines due to climate change? A case study in the Swiss Rhone Valley. *International Journal of Biometeorology* 62, 991-1002.
- Moulin T., Calanca P. (2021) Modelling the response of permanent grasslands to climate change. *Fourrages* (246): 11-20.
- NCCS, 2018. CH2018 - Climate Scenarios for Switzerland. In: Services, N.C.f.C. (Ed.), Technical Report. National Centre for Climate Services, Zurich.

- Price R. (2020) Attribution of Winter Wheat Yield Variability to Climate Drivers in Switzerland. Oeschger Center for Climate Change Research. University of Bern, Bern, p. 56.
- Rogger J., Hund A., Fossati D., Holzkämper A. (2021) Can Swiss wheat varieties escape future heat stress? *European Journal of Agronomy* 131, 126394.
- Schmocker-Fackel P., Hüsler F., Oosenbrug E., Lanz K., Zahner S., Wieser E. (2021) Hydro-CH2018-Synthesis Report: Effects of climate change on Swiss water bodies. In: (FOEN), F.O.f.t.E. (Ed.), *Environmental Studies*. Federal Office for the Environment (FOEN), p. 134.
- Stöckli S., Samietz J., Hirschi M., Spirig C., Rotach M., Calanca P. (2012) Einfluss der Klimaänderung auf den Apfelwickler. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 19.
- Suter M., Hofer D., Lüscher A. (2017) Drought resistance of functionally different forage species is related to their nitrogen acquisition and deficiency. *Grassland Science in Europe* 22, 431-433.
- Vuffray Z., Deléglise C., Amaudruz M., Jeangros B., Mosimann E., Meisser M. (2016) Phänologische Entwicklung von Mähwiesen – 21 Beobachtungsjahre. *AgrarForschung* 7, 322-329.
- Wuest S.E., Peter R., Niklaus P.A. (2021) Ecological and evolutionary approaches to improving crop variety mixtures. *Nature Ecology & Evolution* 5, 1068-1077.

