Temperatursummen-Karten für die Sortenwahl im Maisanbau

Federico Buzzi, Jürg Hiltbrunner, Annelie Holzkämper und Pierluigi Calanca
Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz
Auskünfte: Pierluigi Calanca, E-Mail: pierluigi.calanca@agroscope.admin.ch und Jürg Hiltbrunner, E-Mail: juerg.hiltbrunner@agroscope.admin.ch

https://doi.org/10.34776/afs12-1 Publikationsdatum: 12. Januar 2021

Abb. 1 | **Mais ist eine der wichtigsten einjährigen Kulturpflanzen. Durch die Wahl der richtigen Sorte kann das Standortpotential optimal ausgenutzt werden.** (Foto Gabriela Brändle, Agroscope)

Zusammenfassung

Wie bei vielen Ackerkulturen ist auch im Maisanbau die Wahl der richtigen Sorte entscheidend für die optimale Ausnutzung des Standortpotentials. Dabei spielen neben agronomischen Eigenschaften die Wärmeansprüche der einzelnen Sorten eine wichtige Rolle. Die Kartierung von Temperatursummen im Verhältnis zu den Wärmeansprüchen verschiedener Reifeklassen von Silo- und Körnermais und die daraus resultierenden Karten können deshalb für die Produzenten eine wichtige Entscheidungshilfe bei der Sortenwahl darstellen. Bis heute fehlte allerdings eine regional differenzierte Betrachtung der verfügbaren Wärmesummen. Ziel unserer Arbeit war die geographische Abbildung von Temperatursummen auf der Basis von täglichen Temperaturgitterdaten. Dabei haben wir uns nicht nur auf die Darstellung der mittleren Bedingungen beschränkt, sondern haben auch die Jahr-zu-Jahr Variabilität der Witterung berücksichtigt. Die entstandenen Karten zeigen einerseits die Gunsträume für früh bis mittelspät abreifende Silo- und Körnermaissorten auf, anderseits verdeutlichen sie, wo aufgrund der Klimavariabilität das Risiko gross ist, dass in kühleren Jahren die Reife nicht erreicht wird.

Key words: maize varieties, selection guide, thermal requirements, geographic maps.

Einleitung

Im Kontext der standortangepassten Landwirtschaft spielt die Sortenwahl eine entscheidende Rolle. Je nach Kultur und Sorte unterscheiden sich die biogeoklimatischen Standortansprüche. Durch eine bessere Anpassung der Anbauformen an die Topographie und an die lokalen Boden- und Klimaeigenschaften kann der Zielkonflikt zwischen Agrarproduktivität und Ressourcenverbrauch auf ein Minimum reduziert werden.

Bezüglich der Anpassung an lokale Bodenverhältnisse bietet die Bodeneignungskarte (BFS, 2012) aktuell die beste Entscheidungsgrundlage auf nationaler Ebene. Als Ausgangspunkt für die Einschätzung der klimatischen Anbaueignung wird vielfach immer noch auf die Klimaeignungskarte von Jeanneret & Vautier (1977) zurückgegriffen. Eine flexible und dynamische Methode zur kulturspezifischen Klimaeignungsbewertung wurde von Holzkämper *et al.* (2013) entwickelt und für Körnermais und Winterweizen umgesetzt (Holzkämper *et al.* 2015), ohne dabei auf sortenspezifischen Eigenschaften einzugehen.

Mais ist eine der wichtigsten einjährigen Kulturpflanzen sowohl weltweit als auch in der Schweiz (Abb. 1). Er stammt aus den Subtropen, spricht als C4-Pflanze gut auf hohe Temperaturen an und kann unter guten Bedingungen sehr hohe Biomasseerträge liefern (Zschleischer *et al.* 1990). Unter heutigen Klimabedingungen beschränkt sich der Maisanbau in der Schweiz auf Gebiete meist unterhalb von rund 750 m ü. M. (Silomais) bzw. 500 m ü. M. (Körnermais) (Abb. 2). Zentral für die Beurteilung des Potentials eines Standortes hinsichtlich der Klimaeignung ist einerseits die Frage, inwiefern die Wärmeansprüche einer Sorte bei gegebenem Klima im Mittel mehrerer Jahre erreicht werden, anderseits die Frage des Risikos einer unvollständigen Abreife in kühleren Jahren.

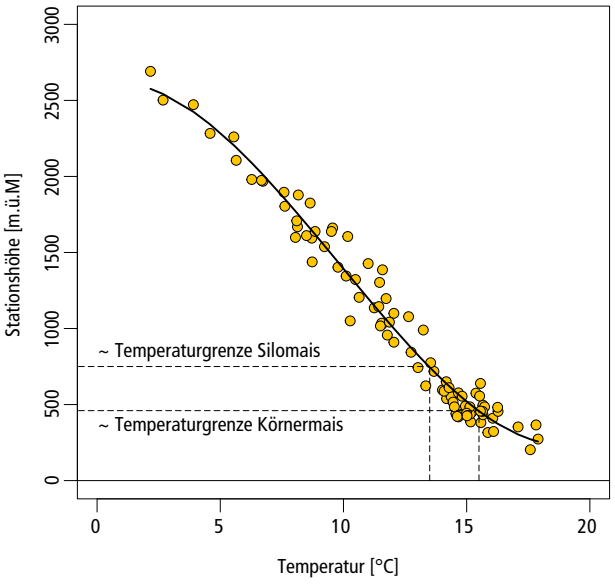

Abb. 2 | Höhenabhängigkeit der mittleren Temperatur der Monate April bis September in der Schweiz inklusive entsprechender Trendlinie. Datengrundlage: Normwerte der Periode 1981–2010 an 92 Stationen des automatischen Messnetzes des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz, 2020a). Die gestrichelten Linien grenzen den Höhenbereich ein, in welchem optimale Temperaturen für das Wachstum im langjährigen Mittel erreicht werden: 13,5 °C für Silomais, bzw. 15,5 °C für Körnermais (Zscheischler *et al.*, 1990).

Kartendarstellungen der thermischen Eignung für die verschiedenen Reifegruppen von Mais, ähnlich wie die Karten für die Produzenten im Vereinigten Königreich (Limagrain, 2020) könnten die jährlich aktualisierten Listen der empfohlenen Maissorten (z. B. Hiltbrunner *et al.*, 2020) in Zukunft sinnvoll ergänzen. In den Sortenempfehlungen werden die Sorten bislang einerseits gruppiert für den Anbau nördlich bzw. südlich der Alpen (gemäss Züchterinformationen) und andererseits darin in bis zu vier Reifegruppen (entsprechend der Anbauzonen) unterteilt. Die Zuteilung in diese Reifegruppen erfolgt aufgrund der Züchterinformationen und wird basierend auf den effektiv gemessenen TS-Gehalten in den Sortenversuchen präzisiert.

In dieser Studie testen wir die Möglichkeit, Unterschiede verschiedener Reifegruppen bezüglich ihrer Wärmeansprüche kartographisch darzustellen. Für die Umsetzung verfolgen wir einen ähnlichen Ansatz wie im Onlinetool für die Berechnung der Silomaisreife (Agroscope, 2020), wobei hier die Ergebnisse, nach aktuell in der Schweiz verwendeter Reifegruppe gruppiert, noch graphisch dargestellt werden. Unser Beitrag ergänzt die früheren Analysen von Holzkämper und Fuhrer (2015) und Holzkämper *et al.* (2013, 2015) betreffend der Eignung des heutigen und künftigen Klimas der Schweiz für den Anbau von Körnermais und schafft eine neue Grundlage für die Beurteilung der Klimaeignung für den Anbau von Silomais.

Daten und Methoden

Verwendet wurden Temperaturgitterdaten von MeteoSchweiz, welche aus Messungen an den Stationen mit Hilfe einer Interpolationsmethode nach Frei (2014) berechnet werden (MeteoSchweiz). Die Daten umfassen die Jahre 2000–2019 und liegen in täglicher Auflösung vor. Die räumliche Auflösung beträgt ca. 2 km × 2 km. Als Grundlage für die Bewertung der Wärmeansprüche von Mais am Standort dienten tägliche Beobachtungen

der Temperaturparameter an folgenden Wetterstationen: Aigle (AIG), Basel/Binnigen (BAS), Bern/Zollikofen (BER), Nyon/Changins (CGI), Chur (CHU), Acquarossa/Comprovasco (COM), Fahy (FAH), Luzern (LUZ), Magadino/Cadenazzo (MAG), Payerne (PAY), Zürich/Affoltern (Reckenholz, REH), Sion (SIO), Aadorf/Tänikon (TAE), Wynau (WYN). Details zu den Stationen sind auf der Webseite von MeteoSchweiz zu finden (MeteoSchweiz, 2020b); ihre geographische Lage ist in Abbildung 3 ersichtlich. Für die exemplarische Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wärmesummen von Mais wurden die neuen Klimaszenarien für die Schweiz herangezogen (NCCS, 2018). Betrachtet wurde hier nur ein mittleres Emissionsszenario (RCP 4.5), bei dem die globale Erwärmung bis zum Jahr 2100 etwa 2,6 °C gegenüber dem vorindustriellen Wert erreichen könnte.

Die geographische Einschränkung des potenziellen Anbaugebiets erfolgte auf der Basis der Arealstatistik 2004/09 (BFS, 2020). Es wurden nur Rasterzellen berücksichtigt, die in der Arealstatistik 2004/09 als offenes Ackerland ausgewiesen sind (Abb. 3).

Die phänologische Entwicklung von Mais lässt sich gut anhand von Temperatur- oder Wärmesummen darstellen. Wie bereits erwähnt, wurden die Temperatursummen mit der gleichen Formel wie im Onlinetool für die Berechnung der Silomaisreife (Agroscope, 2020) ermittelt. Weitere Details sind in Eder *et al.* (2020) zu finden.

In einem ersten Schritt wurde für jeden Tag der Wachstumsperiode aus der tagesminimalen (T_{min}), bzw. tagesmaximalen Temperatur (T_{max}) eine effektive Temperatur (T_e) errechnet:

$$T_e = \begin{cases} \frac{1}{2}(T_{min} + T_{max}) & wenn \quad T_{max} < 30\,°C \\ \frac{1}{2}(T_{min} + 30) & wenn \quad T_{max} \geq 30\,°C \end{cases}$$

In einem zweiten Schritt wurde die effektive Temperatur ab Saattermin (1. Mai) kumuliert und zwar entweder bis zu einem fixen Datum im Herbst (15. Oktober) oder bis zum Erreichen eines vorgegebenen Schwellenwerts. Dabei wurde eine Basistemperatur von 6 °C von der effektiven Temperatur abgezogen. Damit ergibt sich für die Temperatursumme:

$$S_T = \sum_{01.05.}^{15.10.} \max\,(T_e - 6{,}0)$$

Die für das Erreichen der Reife erforderlichen Temperatursumme wurden für die verschiedenen Reifegruppen ebenfalls nach Eder *et al.* (2020) präzisiert:

Für Silomais (Siloreife, TS-Gehalt 32 %)

- Frühe Sorten: 1430 °C
- Mittelfrühe Sorten: 1500 °C
- Mittelspäte Sorten: 1570 °C

Für Körnermais (Kornreife, Wassergehalt 30 %)

- Frühe Sorten: 1600 °C
- Mittelfrühe Sorten: 1650 °C
- Mittelspäte Sorten: 1700 °C

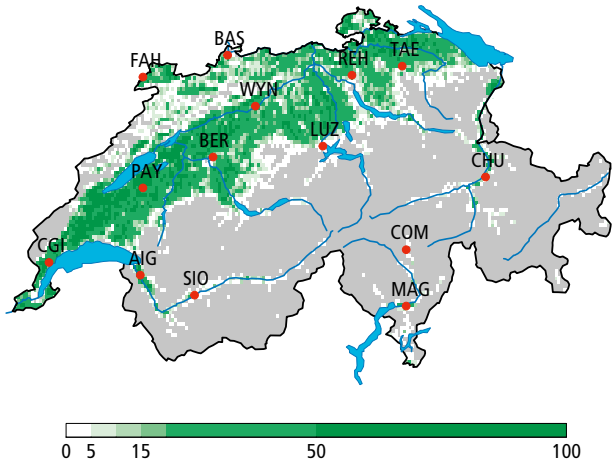

Abb. 3 | Anteil Ackerland in %. Analyse basierend auf den Daten der Arealstatistik 2004/09 (BFS, 2020). Die Originaldaten wurden relativ zum 2 km × 2 km Raster der Gitterdaten von MeteoSchweiz räumlich aggregiert. Ebenfalls in der Karte dargestellt ist die geographische Lage der ausgewählten Stationen des automatischen Messnetzes von MeteoSchweiz. Gebiete ausserhalb des heutigen Ackerlandes sind grau eingefärbt.

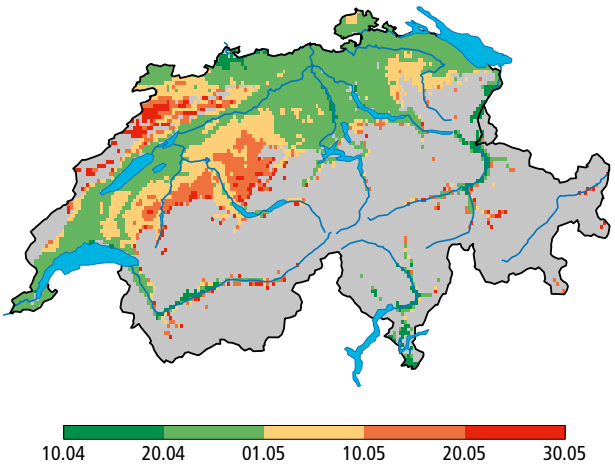

Abb. 4 | Mittlerer Saattermin 2000–2019, geschätzt nach Holzkämper und Fuhrer (2015). Gebiete ausserhalb des heutigen Ackerlandes gemäss Daten der Arealstatistik 2004/09 (BFS, 2020) (siehe Abb. 3) sind grau eingefärbt.

Für alle Berechnungen wurde ein fixer Saattermin am 1. Mai angenommen. Nach Holzkämper und Fuhrer (2015) hätte der Saattermin ebenfalls mit Hilfe der Temperatur für jedes Jahr und jeden Gitterpunkt individuell ermittelt werden können (er tritt ein, wenn die mittlere Temperatur einer 10-tägigen Periode zum ersten Mal im Frühling 12 °C übersteigt). Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, liegt der 1. Mai jedoch gut im Mittel der nach Holzkämper und Fuhrer (2015) ausgewerteten Termine.

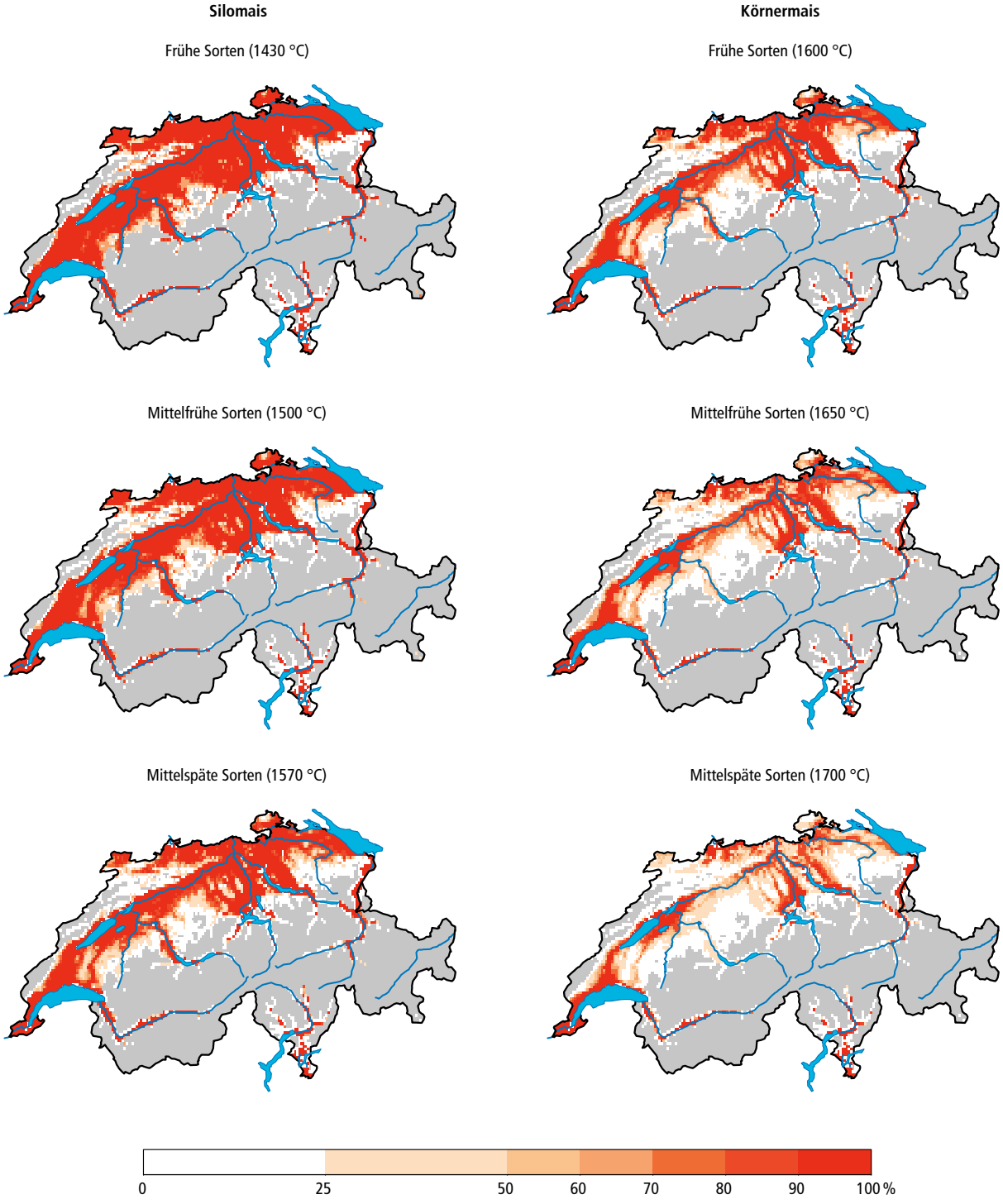

Abb. 5 | Anteil Jahre der Referenzperiode 2000–2019 (in %), in welcher die Wärmesummen (1. Mai bis 15. Oktober) früh (oben), mittefrüh (Mitte) bzw. mittelspät (unten) abreifender Maissorten im Zeitraum 2000–2019 erreicht wurden (links: Silomais; rechts: Körnermais). Gebiete ausserhalb des heutigen Ackerlandes gemäss Daten der Arealstatistik 2004/09 (BFS, 2020) (siehe Abb. 3) sind grau eingefärbt.

Resultate

Temperatursummen

Abbildung 5 zeigt die geographische Verteilung der Anteile an Jahren (in %) im Zeitraum 2000–2019, in denen die Wärmesummen für Silo- bzw. Kornreife erreicht wurden. Abgesehen von höher gelegenen Gebieten im Jura und entlang dem Alpennordrand wurden die Wärmeansprüche von Silomais in der betrachteten Zeit fast überall erfüllt. Besonders günstige Gebiete, in welchen Silomais in mindestens 80 % der Jahre die Reife erreichte, entsprachen bei frühen, mittelfrühen resp. mittelspäten Sorten rund 90, 82 und 68 % des heutigen Ackerlandes. Im Gegensatz dazu wurden die Wärmesummen von Körnermais zwischen 2000 und 2019 nur in den tiefer gelegenen Regionen des Mittellandes erreicht. Dies gilt insbesondere für die mittelspäte Reifekategorie (Schwellenwert: 1700 °C). Gebiete, in denen die Kornreife zwischen 2000 und 2019 in mindestens 80 % der Jahre erfolgte, entsprachen bei frühen, mittelfrühen resp. mittelspäten Sorten rund 60, 44 und 30 % des heutigen Ackerlandes.

Für Körnermais decken sich diese Gebiete mit denjenigen, welche gemäss der Analyse von Holzkämper und Fuhrer (2015, Abb. 3) eine hohe Eignung des lokalen Klimas bezüglich Anbau von Körnermais aufweisen. Es sind dies das Tessin, das Mittel- und Unterwallis, die Region Genfersee bis Seeland, das Baselland, das Rheintal ab Chur abwärts und die Bodenseeregion sowie die Flusslandschaften im Dreieck Aare, Reuss und Limmat.

Auch wenn die Annahme des 1. Mai als Richtdatum für die Saat begründet ist, prägt sie dennoch die berechneten Temperatursummen. Wäre der 20. April als Saattermin gewählt worden, wären bis zum 15. Oktober zusätzlich rund 100 °C möglich gewesen. Bei einer Aufsummierung der Temperatur bis zum 25. Oktober, wären nachträglich noch ca. 40 °C dazugekommen. Eine Abweichung um 100 °C in der Temperatursumme entspricht in etwa dem Unterschied der Wärmeansprüche einer frühen/mittelfrühen und jener einer mittelfrühen/mittelspäten Reifekategorie.

Datum der Reife

Gemäss unseren Berechnungen wurde die nötige Temperatursumme für die Siloreife bei mittelfrühen Sorten im Mittel der Jahre 2000–2019 bei einem Saattermin am 1. Mai beinahe überall bereits im August erreicht (Abb. 6). Die Temperatursumme für die Kornreife mittelfrüher Sorten hingegen wurde grösstenteils zwei bis drei Wochen später erreicht.

Das Reifedatum kann von Jahr zu Jahr zudem stark vom langjährigen Mittelwert abweichen (Abb. 7). Im untersuchten Zeitraum betrug die numerisch ermittelte Standardabweichung an günstigen Standorten (Nyon/Changins oder auch Zürich/Affoltern) rund 10 Tage im Fall von Silomais bzw. 12 bis 15 Tage im Fall von Körnermais. Je kühler ein Standort war, desto grösser war die Standardabweichung. Abbildung 7 zufolge resultierte für Aadorf/Tänikon eine Standardabweichung von ca. 15 (Silomais) bzw. 23 Tagen (Körnermais). An den

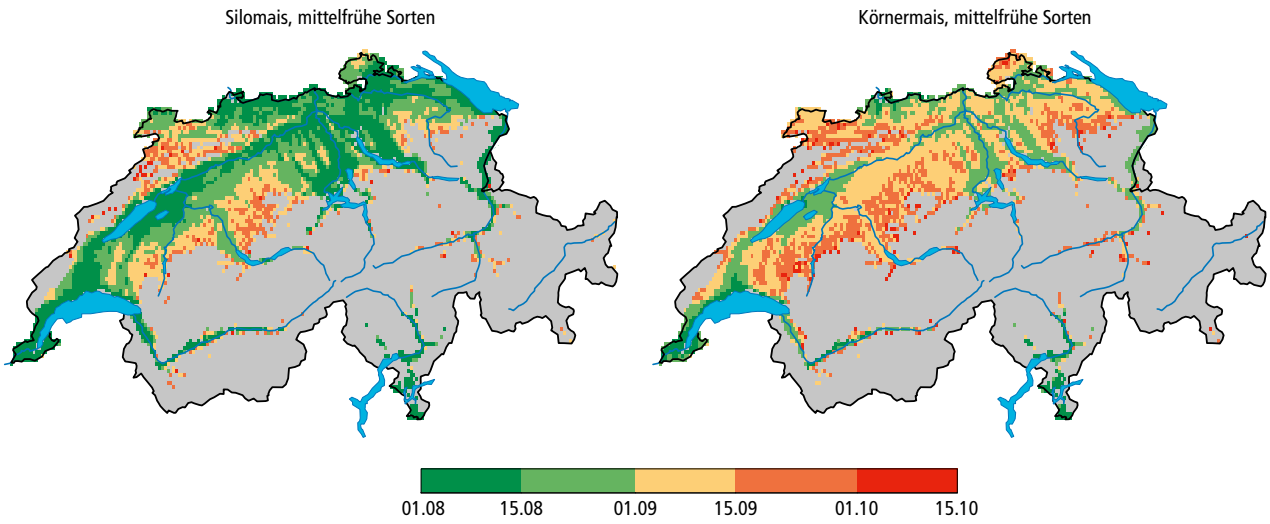

Abb. 6 | Datum des Erreichens der Reife bei Silo- (links) resp. Körnermais (rechts) im Mittel der Jahre 2000–2019 bei einem Saattermin am 1. Mai. Beide Darstellungen gelten für eine mittelfrüh abreifende Sorte (1500 resp. 1650 °C). Gebiete ausserhalb des heutigen Ackerlandes gemäss Daten der Arealstatistik 2004/09 (BFS, 2020) (siehe Abb. 3) sind grau eingefärbt.

Tab. 1 | Anteile an Jahren in der Referenzperiode 2000–2019, in denen die minimalen Temperatursummen für den Eintritt der Reife an ausgewählten Standorten erreicht wurden. Fälle, bei denen die Anteile weniger als 100 % beträgt sind farblich hervorgehoben. Vergleiche dazu auch Abb. 4. Zur Charakterisierung des thermischen Klimas ist in der dritten Spalte die mittlere Temperatur der Monate April bis September (Mittelwert der Jahre 2000–2019) angegeben.

Station	Standortinformation			Mittlere Temperatur Apr–Sep	Silomais			Körnermais		
	Länge	Breite	Höhe ü.M.		früh >1430	mittelfrüh >1500	mittelspät >1570	früh >1600	mittelfrüh >1650	mittelspät >1700
AIG	6,92 °E	46,33 °N	381 m	16,2	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
BAS	7,58 °E	47,54 °N	316 m	17,0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
BER	7,47 °E	46,98 °N	552 m	15,5	100 %	100 %	100 %	90 %	65 %	50 %
CGI	6,23 °E	46,40 °N	455 m	16,6	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
CHU	9,53 °E	46,87 °N	556 m	16,7	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
COM	8,93 °E	46,47 °N	575 m	16,5	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
FAH	6,94 °E	47,42 °N	596 m	15,0	100 %	80 %	55 %	45 %	40 %	25 %
LUZ	8,30 °E	47,04 °N	454 m	16,4	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
MAG	8,93 °E	46,16 °N	203 m	18,4	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
PAY	6,94 °E	46,81 °N	490 m	15,9	100 %	100 %	100 %	100 %	90 %	65 %
REH	8,52 °E	47,43 °N	443 m	16,0	100 %	100 %	100 %	100 %	95 %	75 %
SIO	7,33 °E	46,22 °N	482 m	17,7	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
TAE	8,90 °E	47,48 °N	539 m	15,1	100 %	95 %	65 %	55 %	40 %	25 %
WYN	7,79 °E	47,26 °N	422 m	15,9	100 %	100 %	100 %	100 %	90 %	65 %

Resultaten für diesen Standort ist auch gut zu erkennen, dass bei der Wahl einer unpassenden Maissorte sich das Risiko erhöht, dass die Reife in sehr kühlen Jahren erst sehr spät (Dezember) oder gar nicht eintritt.

Eine ähnliche Analyse für alle untersuchten Meteostationen bestätigt die bereits erwähnten Tendenzen (Tab. 1). Bezüglich Silomais wurden zwischen 2000 und 2019 die Wärmeansprüche aller Reifekategorien an praktisch allen Standorten zu 100 % erfüllt. Lediglich an den Stationen Fahy und Aadorf/Tänikon blieben die Temperatursummen in kühlen Jahren unter den erforderlichen Werten. Bei Körnermais wurden die für die Reife nötigen Temperatursummen häufig nicht erreicht.

Auswirkungen des Klimawandels

Gemäss der neuen Klimaszenarien für die Schweiz (NCCS, 2018) ist eine weitere Erhöhung der Temperatur um ca. 1,0 bis 1,5 °C bis Mitte des 21. Jahrhunderts

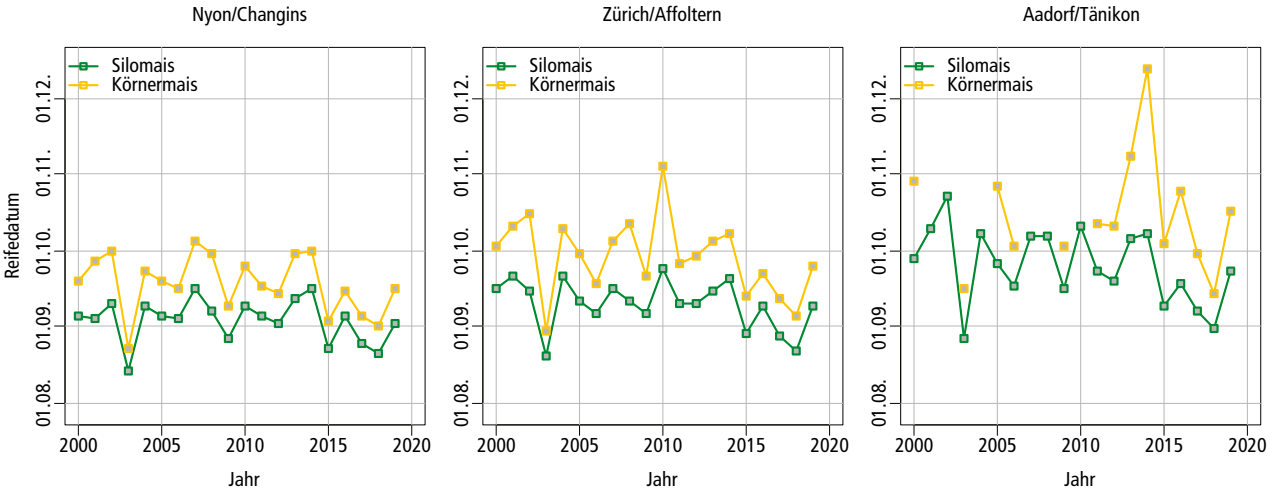

Abb. 7 | Zeitreihen des frühesten Eintritts der Reife an ausgewählten Standorten unter Annahme eines Saattermins am 1. Mai von mittelfrüh abreifenden Silomaissorten (grün) und mittelfrüh abreifenden Körnermaissorten (gelb). Lücken in den Zeitreihen deuten auf Jahre hin, in denen die nötige Temperatursumme nicht erreicht wurde.

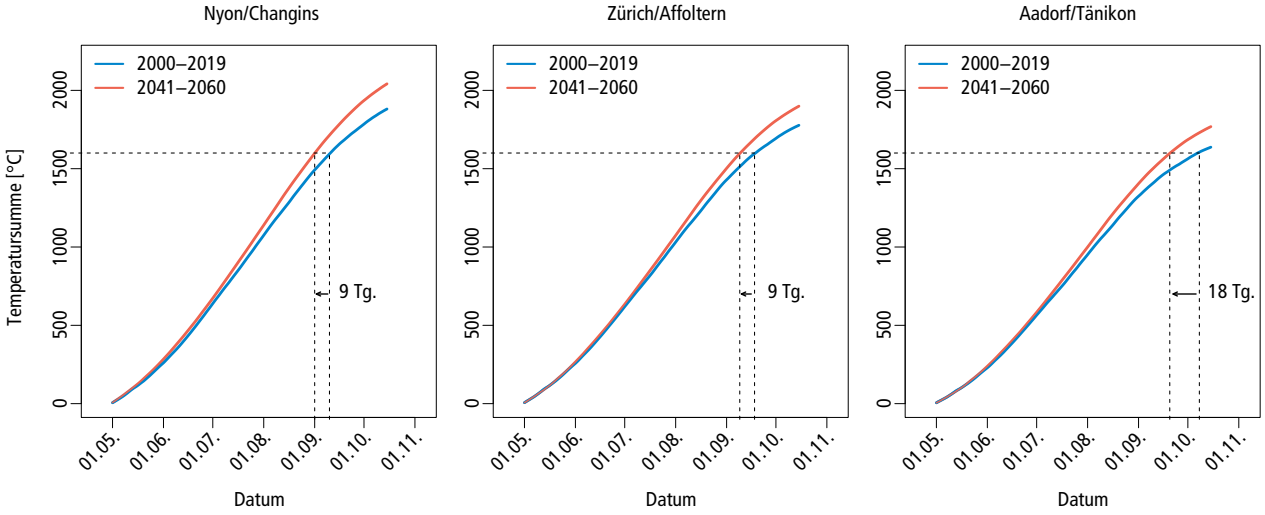

Abb. 8 | Saisonaler Verlauf der Temperatursumme in der Zeit zwischen 1. Mai (Saattermin) und 15. Oktober, unter heutigen (blau) und zukünftigen Klimabedingungen (rot), an ausgewählten Standorten der Schweiz. Die hier dargestellten Projektionen nehmen Bezug auf die Temperaturszenarien für das Zeitfenster 2041–2060 unter Annahme eines mittleren Emissionspfades (siehe auch «Daten und Methoden»). Sie entsprechen dem Mittelwert der Szenarien von 25 Modellketten. Die gestrichelte Linie zeigt die für die Reife einer frühen Körnermaissorte nötige Temperatursumme (1600 °C).

möglich, auch bei optimistischen Annahmen betreffend der Emissionen von Treibhausgasen. Somit stünden für die Entwicklung von Mais zwischen 1. Mai und 15. Oktober zusätzliche 150 bis 300 °C zur Verfügung. Dies würde dazu führen, dass für die Reife ein früherer Termin berechnet würde, auch ohne Vorverlegung des Saattermins. Unsere Ergebnisse zeigen, dass an günstigen Standorten (z. B. Changins/Nyon) Mais ca. 10 Tage, an Standorten mit einem kühleren Klima (z. B. Aadorf/Tänikon) bis ca. 20 Tage früher reifen könnte (Abb. 8).

Diskussion

Die verfügbaren Wetterdaten erlauben eine regional differenzierte Darstellung des Anbaupotentials für Mais. Ziel dieser Arbeit war die Kartierung von Temperatursummen als Basis für die Beurteilung der Standorteignung für verschiedene Reifegruppen von Mais. Auch wenn weitere biogeoklimatische Faktoren für die abschliessende Beurteilung der Maisanbaueignung eines Standortes wichtig sind (Grünig, 2011), bleibt die Temperatur eine zentrale Grösse.

Die Resultate zeigen, dass auf 80 % des heutigen Ackerlandes Silomais angebaut werden kann, ohne ein grosses Risiko einzugehen, dass das optimale Reifestadium nicht erreicht wird. Gebiete mit einem grösseren Risiko für eine unvollständige Entwicklung bis zur Reife beschränken sich auf höher gelegene Flächen im Jura und am Alpenrand. Für die Ernte von Körnermais sind die Möglichkeiten begrenzter. Schon für mittelfrüh abreifende Sorten, bei denen gemäss Eder *et al.* (2020) 1650 °C für das Erreichen einer Kornfeuchtigkeit von 30 % nötig sind, eignen sich nur 50 % des heutigen Schweizer Ackerlandes. Auf der verbleibenden Fläche ist die Gefahr gross, dass die Körner nicht abreifen und beträchtliche Trocknungskosten entstehen oder aber der Mais als Silomais geerntet werden muss. Nur klimatisch sehr günstige Standorte im Tessin, im Wallis, in der Westschweiz und in den Flussebenen von Aare, Reuss, Limmat und Rhein eignen sich, aus einer langjährigen Perspektive betrachtet, für den Anbau von spät abreifenden Körnermaissorten.

Die Variabilität der Witterung und ihre Auswirkungen auf die Entwicklung von Mais stellt eine Unbekannte bei der Planung des Anbaus dar. Allein die Schwankungen der Temperatur von Jahr zu Jahr können eine späte bis sehr späte Reife bewirken. Kann die Ernte nicht hinausgeschoben werden, stehen der Pflanze zu wenige Vegetationstage zur Verfügung, mit negativen Auswirkungen auf die Qualität, die Konservierungseignung von Silomais und die Trocknungskosten bei Körnermais. Hinzu kommt, dass das Wachstum auch durch andere Umwelteinwirkungen limitiert werden kann (Holzkämper *et al.*, 2015). Solche Aspekte sollten ebenfalls berücksichtigt werden.

Die fortschreitende Klimaerwärmung wird die Bedingungen für den Anbau von Mais vorerst in vielen Regionen verbessern (Holzkämper und Fuhrer, 2015). Bei einem weiteren Temperaturanstieg um 1 bis 1,5 °C kann von einer Verkürzung der Wachstumsperiode um 10 bis

20 Tage ausgegangen werden. Unter milderen Bedingungen im Frühling kann Mais zudem früher gesät werden. Damit steigen die Möglichkeiten für den Anbau später abreifender Sorten auch in heutigen Randgebieten. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Ergebnissen aus Holzkämper (2020), die jedoch auch aufzeigen, dass der Anbau später abreifender Sorten langfristig mit einem erhöhten Bedarf an Zusatzbewässerung einhergehen würde.

Schlussfolgerungen

Ergebnisse der Kartierung von Temperatursummen können die Informationen in der Liste der empfohlenen Maissorten bei der Beurteilung des Standortspotentials sinnvoll ergänzen. Inhalt und Format der Karten sind noch mit den direkt Interessierten zu diskutieren, um den höchst möglichen Nutzen für die Praxis erbringen zu können. Zu überlegen ist zum Beispiel, ob die Darstellung der Temperatursummen für generische Sortenkategorien, wie in diesem Beitrag besprochen, den Bedürfnissen genügt, oder ob mit genaueren Angaben zu den Wärmeansprüchen spezifischer Sorten gearbeitet werden sollte. Momentan sind nur Karten für die ganze Schweiz geplant, die gleichwohl auch eine regionale Betrachtung erlauben. Nicht möglich ist die Bewertung des Anbaupotentials auf Ebene Betrieb oder Parzelle, denn die Besonderheiten des Mikroklimas können mit den verfügbaren Daten noch nicht erfasst werden. ■

Dank

Wir bedanken uns beim Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) für die Bereitstellung der Daten. Diese Arbeit leistet einen Beitrag zum Netzwerk des Bundes für Klimadienstleistungen (National Centre for Climate Services, NCCS, www.nccs.ch).

Literatur

- Agroscope, 2020: *Online-Tool für die Berechnung der Silomaisreife*. https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/futterkonservierung/silomaisreife/silomaisreife-online-berechnen.html. [20.10.2020].
- Bundesamt für Statistik (BFS), 2012: *Bodeneignungskarte der Schweiz*, in: GEOSTAT (Ed.), CH-2010 Neuenburg, Schweiz.
- Bundesamt für Statistik (BFS), 2020: *Die Arealstatistik 2004/09*. https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/erhebungen/area/geschichte/area-2004-09.html. [27.09.2020].
- Eder J., Ziegltrum A., Eiblmeier P., 2020: *Hinweise zum Mais-Reifeprognosemodell nach AGPM*. https://web.archive.org/web/20130318031104/http://www.lfl.bayern.de/ipz/mais/08509/ [29.12.2020]
- Frei C., 2014: Interpolation of temperature in a mountainous region using non-linear profiles and non-Euclidean distances. *Int. J. Climatol.*, **34**, 1585–1605. doi: 10.1002/joc.3786.
- Grünig K., 2011: 8-Punkte-Plan zum erfolgreichen Maisanbau. *die grüne*, Nr. 6/2011.
- Hiltbrunner J., Buchmann U., Pignon P., Morisoli R., Girard M., Morel I., 2020: Liste der empfohlenen Maissorten für die Ernte 2020. *Agroscope Transfer*, Nr. 314, 1–6.
- Holzkämper A., Fuhrer J., 2015. Wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt. *Agrarforschung Schweiz*, **6(10)**, 440–447.
- Holzkämper, A., Calanca, P., Fuhrer, J., 2013. Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, **168**, 149– 159.
- Holzkämper A., Fossati D., Hiltbrunner J., Fuhrer, J., 2015. Spatial and temporal trends in agro-climatic limitations to production potentials for grain maize and winter wheat in Switzerland. *Reg. Env. Change*, **15(1)**, 109–122.
- Holzkämper, A., 2020. Varietal adaptations matter for agricultural water use – a simulation study on grain maize in Western Switzerland. *Agric. Water Manage.*, **237**, 106202.
- Jeanneret, F., Vautier, P., 1977. Kartierung der Klimaeignung für die Landwirtschaft in der Schweiz – Levé cartographique des aptitudes climatique pour l'agriculture en Suisse, in: Bern, G.I.d.U. (Ed.), *Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft von Bern*, Beiheft 4. Bern, pp. 108, Anhang, Beilagen.
- Limagrain, 2020: *LG Heat Map Tool*. https://www.lgseeds.co.uk/heat-map. [16.09.2020].
- MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie), 2020a: *Klima-Normwerte*. https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/klima-normwerte.html [29.12.2020]
- MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie), 2020b: *Automatisches Messnetz*. https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/mess-und-prognosesysteme/bodenstationen/automatisches-messnetz.html [29.12.2020]
- NCCS (Hrsg.), 2018: CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN-Nummer 978-3-9525031-0-2 (siehe auch https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien.html. [27.09.2020].
- Zscheischler J., Estler M., Staudacher W., Gross F., Burgstaller G., Rechmann T., 1990. *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau Wirtschaftliche Verwertung*. 4., vollst. überarb. Aufl. DLG Verlag, Frankfurt, 320 S.