

Phänologie - Journal

In diesem Heft:

Mildere Winter – frühere Obstblüte?

Frank-M. Chmielewski und Klaus-Peter Götz

S. 1

Agrarmeteorologie und Fernerkundung in der Landwirtschaft – Auswertung von öffentlich zugänglichen Daten

Thuy Linh Nguyen, Thore Toews

S. 3

Phänologische Pflanzenmeldungen in der WarnWetter-App

S. 7

Mildere Winter – frühere Obstblüte?

Frank-M. Chmielewski und Klaus-Peter Götz

Humboldt-Universität zu Berlin,

Lebenswissenschaftliche Fakultät

Thaer Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften,
Agrarklimatologie

Man könnte vermuten, dass sich mit zunehmend milderen Wintern der Blühbeginn der Obstgehölze in Deutschland weiter verfrüht. Wichtig ist es, hierbei die Winterruhe zu beachten, die sich in die **Endo- und Ökodormanz** unterteilt. Während der **Endodormanz** befinden sich die Blütenknospen in einem Ruhezustand, der durch den Gehalt an Phytohormonen in der Knospe gesteuert wird, um diese selbst unter günstigen Temperaturen vor dem Austrieb zu schützen. Als ein wichtiges Phytohormon ist hierbei die Abscisinsäure zu nennen. Zur Überwindung der Endodormanz muss die Knospe über einen gewissen Zeitraum kühleren Temperaturen ausgesetzt sein, die vornehmlich im leicht positiven Temperaturbereich liegen. Die Akkumulation von Kälteeinheiten wird als „chilling“ bezeichnet. Ist der artenspezifische Kälteanspruch der Knospe erfüllt, geht diese von der Endodormanz in den Zustand der **Ökodormanz** über, was äußerlich der Knospe nicht anzusehen ist und sich daher der phänologischen Beobachtung entzieht. Im Unterschied zur Endodormanz können Blütenknospen, die sich in der Phase der Ökodormanz befinden, blühen,

wenn sie über einen längeren Zeitraum höheren Temperaturen (ca. 20 - 24 °C) ausgesetzt sind. Mit Hilfe von Klimakammerexperimenten kann so der Nachweis erbracht werden, dass die Endodormanz der Knospe überwunden ist. Auf dieser Grundlage basiert die Tradition der Barbaranzeige, die besagt, dass beispielsweise Zweige von Kirschen, Zwetschen oder Pflaumen, die am 4. Dezember geschnitten wurden, zur Weihnachtszeit blühen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Endodormanz am 4. Dezember gebrochen ist, was in unseren 9-jährigen experimentellen Studien für die Süßkirschsorte Summit ebenfalls gezeigt werden konnte. Jedoch betrug die Zeit bis zum Blühbeginn für „Summit“, bei einer optimalen Temperatur von 24 °C, ca. 30 Tage. Unter natürlichen Bedingungen fällt die Phase der Ökodormanz in die Hauptwinterzeit (Dezember – Mitte Februar), so dass die im Freiland vorherrschenden Temperaturen keinesfalls ausreichen, um den Austrieb der Knospen zu forcieren. Erst mit steigenden Temperaturen im zeitigen Frühjahr und der hiermit verbundenen Zunahme des Wassergehalts in den Knospen beginnt die **ontogenetische Entwicklung**, die nach unseren Untersuchungen für „Summit“ im Mittel am 21. Februar (± 16 Tage) beginnt (Abb. 1). Ab diesem Zeitpunkt akkumuliert die Knospe bis zur Blüte einen Großteil der Wärme, der hierfür erforderlich ist. Dieser Prozess wird „forcing“ genannt.

Mit zunehmend milderen Wintern stellt sich die Frage, ob die höheren Temperaturen während der Ökodormanz nicht bereits einen substanziel-



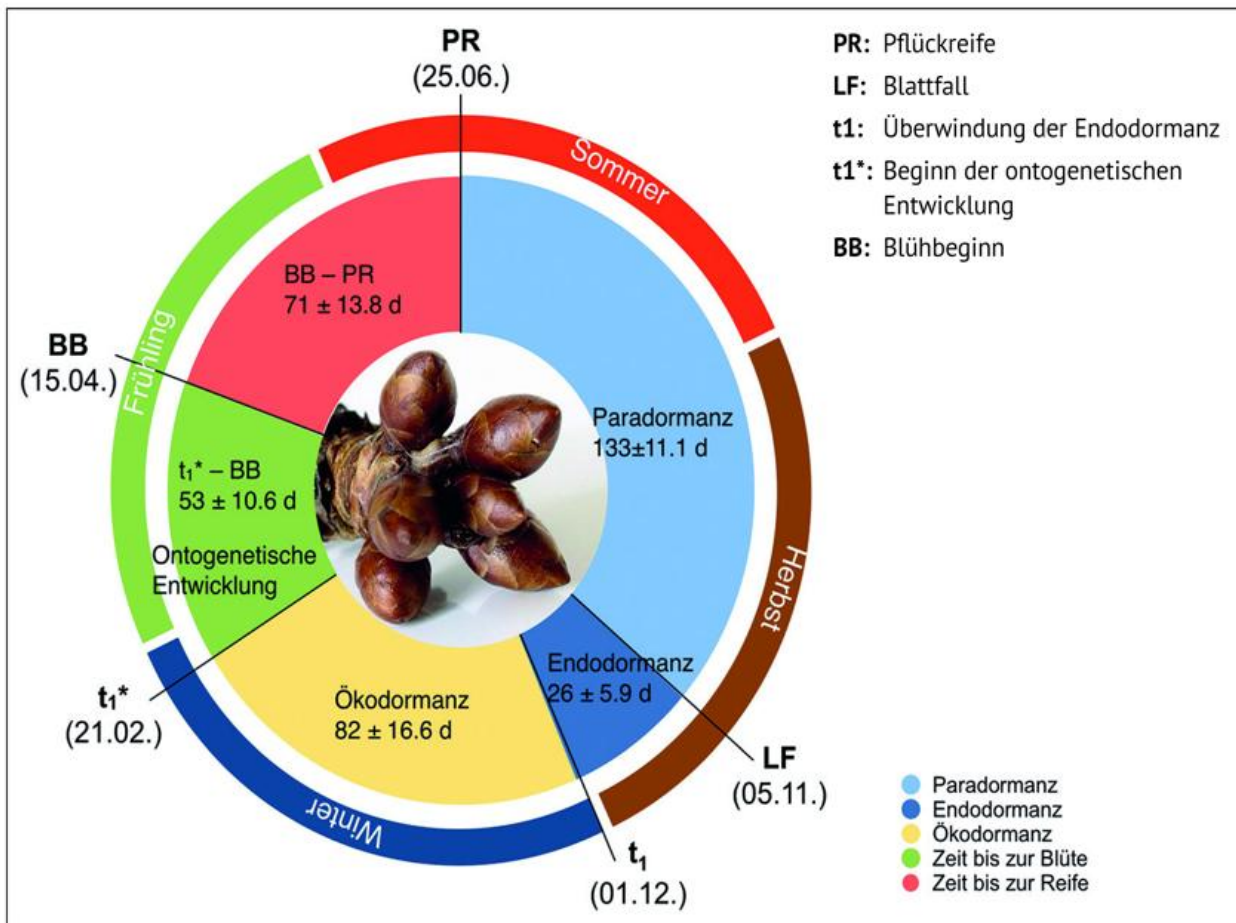


Abb. 1: Mittlere Andauer und Terminierung der Entwicklungsphasen für die Süßkirsche Summit am Standort Berlin-Dahlem, 2011/12 - 2019/20.

len Beitrag zum „forcing“ und somit zur Knospentwicklung leisten und damit den Blühbeginn der Obstgehölze weiter verfrühen. Hierzu ist es notwendig, die physiologischen Prozesse in der Knospe zu kennen. Es ist bekannt, dass Abscisäure (ABA), neben vielen weiteren Funktionen, eine entwicklungs- und wachstumshemmende Wirkung bei Pflanzen hat. Im Herbst nimmt der ABA-Gehalt in der Kirschknospe zu und erreicht seinen Maximalwert während der Endodormanz im November, was die Knospe in eine tiefe Winterruhe versetzt. Dieser hohe ABA-Gehalt nimmt während der Ökodormanz sukzessive auf ca. 50 % seines Ausgangswertes bis zum Beginn der ontogenetischen Entwicklung ab. Hierdurch wird zu Beginn der Ökodormanz die Fähigkeit zur Akkumulation von Wärme in der Knospe stark gedämpft. Mit sinkendem ABA-Gehalt in der Knospe nimmt diese Dämpfung ab, so dass eine Temperatur von beispielsweise 15 °C zu Beginn der Ökodormanz nicht dieselbe Wirkung auf die Knospentwicklung hat, wie zum

Ende dieser Phase. Einfach ausgedrückt kann man sagen, dass die Wirksamkeit der in dieser Phase auftretenden Temperaturen zeitabhängig gesteuert wird, um eine zu frühe Entwicklung der Knospen zu verhindern.

Diese Tatsache ist in der phänologischen Modellierung zu berücksichtigen und kann an Beobachtungsdaten belegt werden. Beispielsweise waren am Standort Berlin-Dahlem, in dem äußerst milden Winter 2019/20, während der Ökodormanz 1900 Wärmeeinheiten („growing degree hours“, GDH) theoretisch verfügbar. Bis zum Blühbeginn fielen während der ontogenetischen Entwicklung weitere 3685 GDH an. Dies ergibt bis zum Beginn der Kirschblüte eine Summe von 5585 GDH - den höchsten Wert in allen neun Versuchsjahren zwischen 2011/12 und 2019/20. Jedoch waren von den 1900 GDH lediglich 408 GDH wirksam, wenn man den entwicklungs-dämpfenden Einfluss von ABA bei der Summation von Wärmeeinheiten während der Ökodormanz berücksichtigt.



Zusammenfassend kann man konstatieren, dass bei einer prozessorientierten Modellierung der Pflanzenentwicklung sowohl die genaue Terminierung der Dormanzphasen (Abb. 1) als auch die physiologischen Vorgänge in der Knospe berücksichtigt werden müssen. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass der erforderliche Kältereiz zur Überwindung der Endodormanz, zumindest für die Kirschsorte Summit, deutlich geringer ist, als von einigen Autoren angenommen. Die Erklärung dafür ist, dass die Phase der Ökodormanz in den Studien nicht berücksichtigt wurde.

Abschließend kann man feststellen, dass die zunehmend milderen Winter nicht den entscheidenden Ausschlag für einen früheren Beginn der Obstblüte geben. Vielmehr sind hierfür die Tempe-

raturen zum Winterende und im Frühjahr, d.h. nach dem Beginn der ontogenetischen Entwicklung entscheidend.

Weiterführende Literatur:

- Chmielewski, F.M.; Götz, K.P. Metabolites in cherry buds to detect winter dormancy. *Metabolites* 2022, 12, 247.
- Götz, K.P.; Chmielewski, F.M. Metabolites that confirm induction and release of dormancy phases in sweet cherry buds. *Metabolites* 2023, 13(2), 231.
- Chmielewski, F.-M.; Götz, K.-P. ABA and not chilling reduces heat requirement to force cherry blossom after endodormancy release. *Plants* 2022, 11, 2044.

Agrarmeteorologie und Fernerkundung in der Landwirtschaft – Auswertung von öffentlich zugänglichen Daten

Thuy Linh Nguyen, Thore Toews

Fachbereich 1 – Life Science and Engineering
Agrarwirtschaft

Technische Hochschule Bingen

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Von der Brauergerste bis zum Bio-Bier“ der Technischen Hochschule Bingen wurden im Jahr 2022 verschiedene ökologische Versuchsflächen der Kultur Sommergerste (*Hordeum vulgare*) auf Ertragsparameter, Bodeneigenschaften und klimatische Daten untersucht. Zusätzlich zu den Vor-Ort-Untersuchungen wurden Datensätze aus frei zugänglichen Archiven des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der Europäische Weltraumorganisation ESA herangezogen.

Da Kulturpflanzen in ihrem Wachstum und ihrer Entwicklung stark von Wetter und Witterung abhängig sind, bieten langjährige Beobachtungen m Standort sowie aktuelle klimatische und visuelle Bewertungen Aufschluss über Anpassungen

durch Änderung der Fruchtfolge oder Düngung. Es werden selten feldspezifische Ertragsfeststellungen durchgeführt, sodass Qualitätsparameter nach der Ernte nur gebündelt vorliegen. Rückschlüsse über eine Einordnung der Anbauentscheidungen sind damit erschwert. Vor allem bei Sommergerste, die als Brauergerste verkauft wird, müssen für die Vermälzung bestimmte Qualitätsparameter wie der Rohproteingehalt und Vollgerstenanteil stimmen. Ersteres kann während der Körnerbildungsphase schnell zu hoch geraten (McKenzie et al., 2005). Denn bei warmen Temperaturen und einer ausreichenden Bodenfeuchtigkeit nimmt die Mineralisierungsrate von pflanzenverfügbarem Stickstoff (N_{min}) (Pang & Letey, 2000) zu. Dies führt zu einer hohen Freisetzungsrates von N_{min} in warmen Monaten. Eine höhere Variabilität in den jährlichen Witterungsverläufen durch den Klimawandel bringt insgesamt neue Herausforderungen für Landwirt:innen. Je nach Standort und Bodeneigenschaften sind die klimatischen Auswirkungen unterschiedlich. In diesem Artikel wird beispielhaft die Bodenfeuchte der Versuchsflächen des Forschungsprojektes dargestellt. Zusätzlich geben die visuellen Auswertungen der Satellitenbilder Auskunft über die zeitliche Entwicklung der Bestände oder Heterogenität auf dem Feld durch bspw. alte Feldabtrennungen oder Pfadwege (Roman & Ursu, 2016).



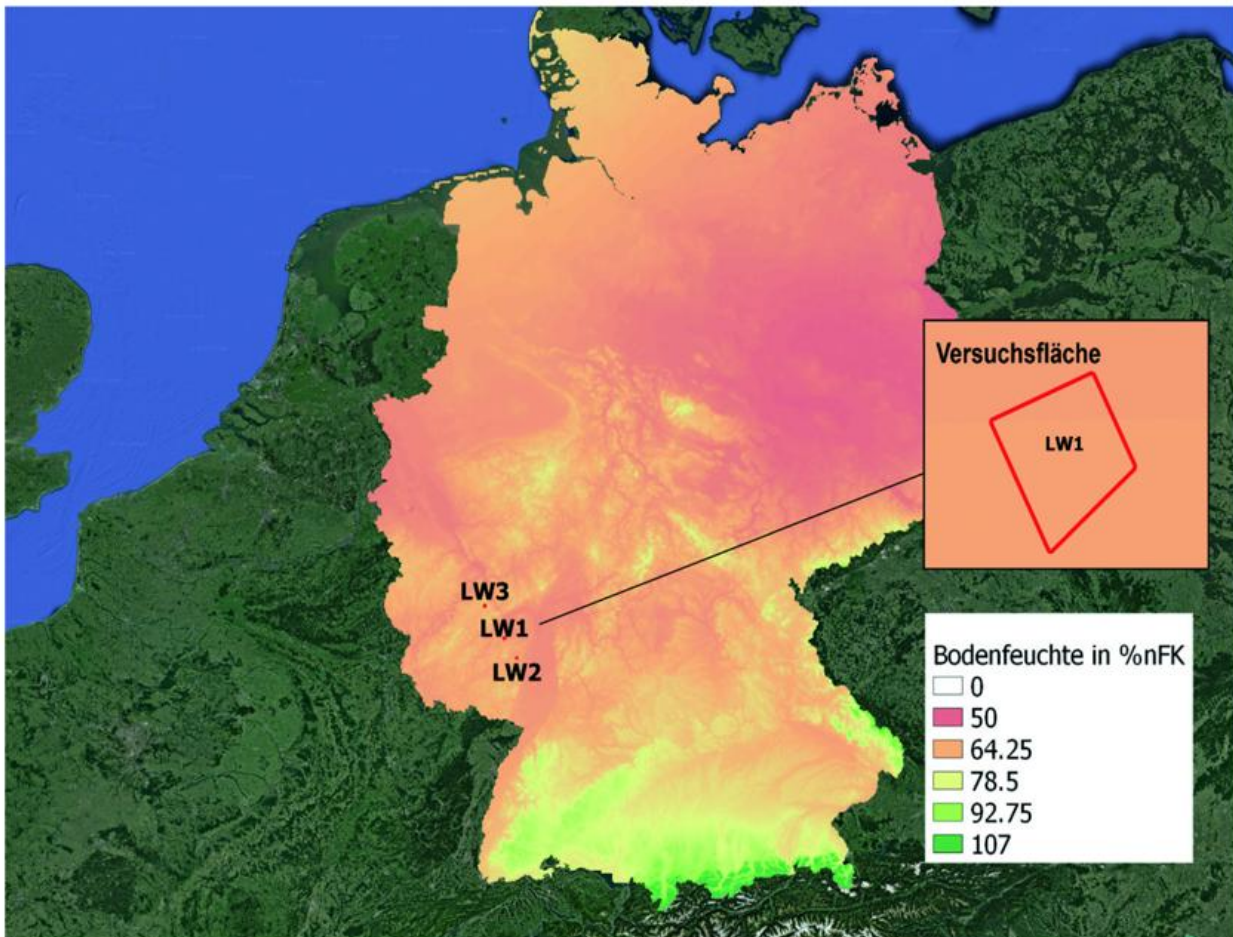


Abb. 2: Rasterdatei des DWD – Bodenfeuchte Deutschland im Mai 2022 in QGIS. Hinzugefügt wurden eine ausgeschnittene Versuchsfläche und die Standorte der Landwirte.

Ergebnisse

Das Climate Data Center (CDC) des DWDs enthält frei zugängliche Rasterkarten bzw. Gitternetze für Deutschland. In den Archiven sind Datensätze über mehr als 30 Jahre vorhanden. Die Datenwerte stammen von Wetterstationen, die in ganz Deutschland verteilt sind. Zwischenwerte werden mittels Berechnungsmodellen interpoliert, sodass in einem Ausmaß von 1 x 1 km Werte über Lufttemperatur, Bodenfeuchte etc. an einem Standort herausgelesen werden können. Mit dem Geoinformationssystem QGIS wurden Polygone, welche die Form und Koordinate der Versuchsflächen der Landwirte beinhalten, zum Ausschneiden über die Karte gelegt. Es wurden Rasterkarten von insgesamt 10 Jahren bzw. 120 Monaten zur Auswertung genutzt, sodass pro gewähltem Monat und pro gewähltem Parameter eine ausgeschnittene Datei zustande kam (vgl. Abb. 2). Mit Hilfe des Statistikprogramms R wurden

die Prozesse automatisiert und die Datenwerte der ausgeschnittenen Polygone gelesen. Als Ergebnis wurden die Mittelwerte der Versuchsflächen in den jeweiligen Monaten über alle Jahre ausgegeben.

In Abbildung 3 ist die Bodenfeuchte der Versuchsflächen der drei Landwirte dargestellt. Die Linien bilden die zehnjährigen Mittelwerte der Bodenfeuchte an dem jeweiligen Standort der Jahre 2012 – 2021 nach. Zu erkennen ist, dass die Bodenfeuchte ab Frühling zunehmend durch die Evapotranspiration sinkt. Im Jahr 2022 ist die Bodenfeuchte vor allem in der Wachstums- und Entwicklungszeit der Gerste von Mai bis Juni deutlich geringer als die Mittelwerte der letzten 10 Jahre. Diese Trockenheit hat sich auch in den Gerstenerträgen widerspiegelt. Der Ertrag fiel im Jahr 2022 um mehr als 1 t/ha geringer aus als in den Jahren zuvor. Die fehlenden Niederschläge im Frühjahr waren schwerwiegend für den Wasserhaushalt auf den Feldern. Die Unterschiede in der Feuchte zwi-



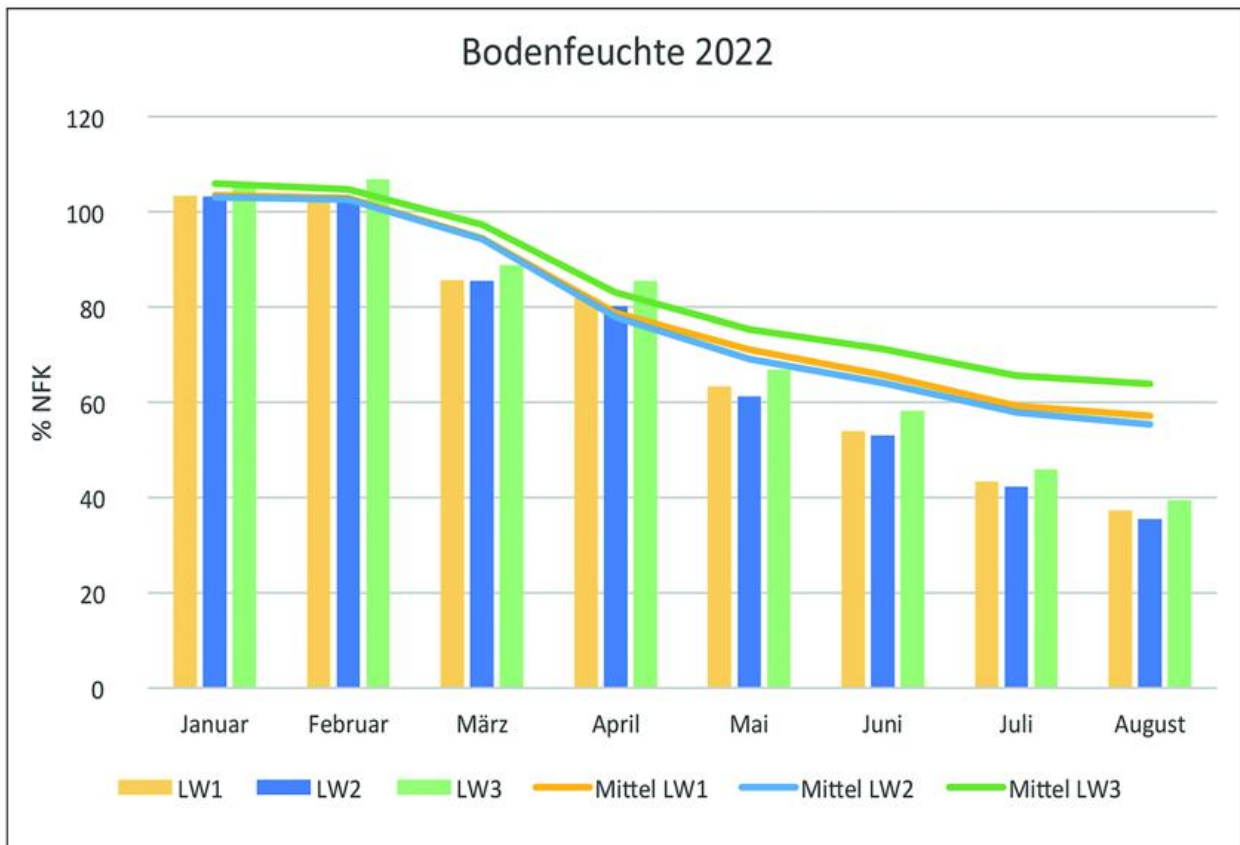


Abb. 3: Ergebnisse Bodenfeuchte der Landwirte (LW) im Jahr 2022. Die Linien zeigen jeweils die zehnjährigen Mittel an, aus den Jahren 2012-2021.

schen den Flächen der Landwirte (LW) lassen sich durch die Lage und die jeweilige Witterung erklären. LW2 wies die höchsten Temperaturen auf, gefolgt von LW1. Die Versuchsfläche von LW3 war im Frühjahr teilweise 2 °C kühler als die anderen. Beim Niederschlag lag LW3 hingegen vorne, was die höhere Bodenfeuchte erklären könnte. In der Region von LW3 und LW1 wurden die höchsten Gerstenerträge erzielt. Der Rohproteingehalt lag bei LW2 und LW3 im höheren Bereich, teilweise auch über der Grenze für Braugerste. Eine Vermutung wäre, dass durch die Trockenheit weniger Pflanzen aufgegangen sind und mehr Nährstoffe, vor allem Stickstoff, zur Verfügung hatten, da die Freisetzungsrates von N_{min} durch die warmen Monate erhöht wurde.

Um visuelle Eindrücke der Gerstenbestände zu bekommen, wurden darüber hinaus öffentlich verfügbare Satellitenbilder des Sentinel 2 der ESA ausgewertet. Mit einer Auflösung von 10 m bietet die Verarbeitung der multispektralen Bilder große Möglichkeiten, Aussagen über die Versuchsflächen zu treffen. In dem gleichen Prinzip wie die

DWD-Daten wurden die Fernerkundungsbilder in QGIS eingeladen und auf die Größe der Versuchsflächen ausgeschnitten. Aus den spektralen Kanälen der Bilddatei wurde der Vegetationsindex NDVI berechnet. Der Index beschreibt den Zustand der Vegetation, bei der grüne, vitale Bestände einen hohen Reflexionsgrad anzeigen. Je höher der Wert, desto weniger gestresst ist der Bestand. Abbildung 4 zeigt die Satellitenbilder einer Versuchsfläche von LW3 und darunter der verrechnete NDVI. Im Mai ist auf dem RGB- sowie NDVI-Bild die Heterogenität auf dem Feld gut zu erkennen. Werden diese Bilder mit der Tabelle 1 verglichen, so kann gesehen werden, dass der Wertebereich beim LW3 im Mai und Juni gleichbleibt und somit der Höhepunkt der fotosynthetischen Aktivität zu diesen Zeiten erreicht ist, da der Wert ab Juli wieder sinkt. LW1 zeigt bereits im März einen hohen Index und erreicht im Mai das Maximum. Die Verschiebung in die früheren Monate lässt sich mit der Aussaat der Sommergerste im Herbst des Vorjahres erklären. Die fotosynthetische Aktivität und die



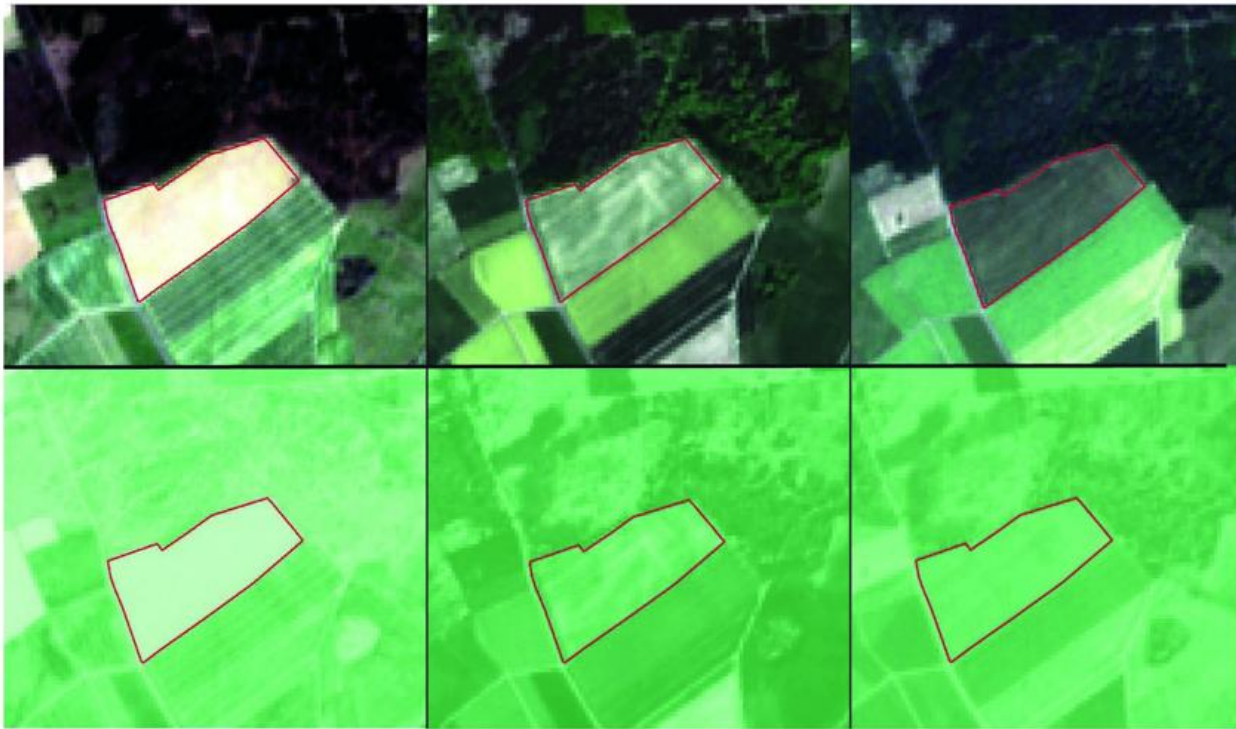


Abb. 4: Satellitenbilder einer Versuchsfläche des LW3 im März, Mai & Juni 2022. Oben die RGB-Bilder und darunter die genormten NDVI-Bilder.

Ertragsbildung werden dadurch zeitlich nach vorne geschoben. In diesen Monaten ist eine höhere Bodenwasserverfügbarkeit vorhanden, womit bessere Wachstumsbedingungen vorliegen. Der hohe Wert kommt jedoch nicht ausschließlich durch die Gerste zustande; das ökologische Feld mit der Herbstsaat wies die höchste Ackerwildkrautdichte auf. Beim LW2 wurden zwei verschiedene Flächen betrachtet, deren Bodengüte bzw. Ackerzahl unterschiedlich war. Die Vorfrüchte waren jedoch identisch. LW2_1, die Fläche mit dem besseren Boden (nFK > 200 mm) zeigt dabei zum jeweils selben Zeitpunkt einen höheren NDVI als die andere (nFK 90-140 mm). Dies ließ sich auch mit dem späteren Ertrag bestätigen, bei dem der schlechte-

re Boden fast 39% weniger Gerstenkörner eingebracht hat (Tab.1).

Fazit

Weltweit haben Landwirt:innen aktuell mit langanhaltenden Trockenphasen verbunden mit trockenen Böden und extremen Starkniederschlägen zu kämpfen. Eine Vorbereitung bzw. Anpassung der Kulturen an den Standort könnte vor Ertragseinbußen und Wetterschäden schützen. Zudem bietet die Agrarmeteorologie und Fernerkundung wichtige Erkenntnisse über die Auswirkung und Trends des Klimawandels, einschließlich der Verschiebung des Vegetationsbeginns und der Veränderungen

Tab. 1: Ergebnisse des NDVI der Versuchsflächen & der erzielte Nettoertrag im Jahr 2022

	Aussaattermin	NDVI 25. Mrz	NDVI 14. Mai	NDVI 18. Jun	NDVI 04. Jul	NDVI 28. Jul	Nettoertrag [t/ha]
LW1	18.10.21	0,42	0,62	0,36	0,25	0,13	2,78
LW2_1	08.03.22	0,11	0,46	0,35	0,24	0,12	2,24
LW2_2	12.03.22	0,13	0,34	0,29	0,17	0,12	1,37
LW3	24.03.22	0,10	0,43	0,43	0,35	0,14	2,74



in der Wasserverfügbarkeit (Chmielewski, 2007). Der Artikel zeigt beispielhaft, wie aus öffentlich zugänglichen Daten Informationen herangezogen werden können, die bei der Bewertung von unterschiedlichen Flächen hilfreich sind.

Bei allen Versuchsflächen war im Jahr 2022 die Bodenfeuchte während der Wachstumszeit niedriger als die Jahre zuvor. Falls sich dieser Trend fortführt, wären Sorten zu empfehlen, die gegen Trockenstress gewappnet sind. Dabei ist zu beachten, dass die Daten vom DWD ungenau sein können, da sie berechnet sind und nicht überall stationär aufgenommen werden. Der NDVI über Satellitenbilder zeigt gut die unterschiedlichen Werte zu verschiedenen Zeitpunkten, bei denen das Maximum an fotosynthetischer Aktivität der Pflanzen je nach Aussaatzeitpunkt variieren kann. Hierbei ist zu beachten, dass eine hohe Vitalität des Bestandes während der Entwicklungsphase nicht unbedingt mit einem guten Ertrag verknüpft ist, da auch Ackerwildkräuter mit abgebildet werden. Vor allem auf biologischen Flächen sollte dies mitberücksichtigt werden.

Phänologische Pflanzenmeldungen in der WarnWetter-App

Zusammenfassung

Seit März 2023 ist es nun möglich, über die Vollversion der WarnWetter-App neben den eigenen Wettermeldungen auch Pflanzenmeldungen abzugeben. Diese Art der Meldung soll keinesfalls unser bestehendes phänologisches Beobachtungsnetz ersetzen sondern nur ergänzen. Die Pflanzenmeldungen können von jedem beliebigen Ort beobachtet und gemeldet werden. Die WarnWetter-App können Sie hier herunterladen:

<https://www.dwd.de/app>

Einleitung

Schon seit 1951 betreibt der DWD ein phänologisches Beobachtungsnetz. Es besteht aktuell aus

Literatur

- Chmielewski, F. M. (2007). Folgen des Klimawandels für Land- und Forstwirtschaft. Der Klimawandel, Einblicke, Ausblicke und Rückblicke. *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.*, 75-85.
- McKenzie, R. H., Middleton, A. B., & Bremer, E. (2005). Fertilization, seeding date, and seeding rate for malting barley yield and quality in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(3), 603-614.
- Pang, X. P., & Letey, J. (2000). Organic farming challenge of timing nitrogen availability to crop nitrogen requirements. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1), 247-253.
- Roman, A., & Ursu, T. (2016). Multispectral satellite imagery and airborne laser scanning techniques for the detection of archaeological vegetation marks. *Landscape archaeology on the northern frontier of the roman empire at porolissum: an interdisciplinary research project. Cluj-Napoca: Mega Publishing House*, 141-152.

rund 1100 Beobachterinnen und Beobachtern. Diese ehrenamtlichen Mitarbeiter des DWD beobachten die Entwicklung von wildwachsenden Pflanzen und Kulturpflanzen im Jahresverlauf. So beginnt das phänologische Jahr mit der Blüte der Haselnuss im Vorfrühling und endet mit dem Nadelfall der Lärche im Winter. Das phänologische Beobachtungsprogramm umfasst 47 verschiedene Pflanzen. Insgesamt können in einem Jahr bis zu 168 Pflanzenentwicklungsphasen notiert und an den DWD geschickt werden.

Bisher gab es außerhalb dieses phänologischen Beobachtungsnetzes für Freiwillige keine Möglichkeit, phänologische Beobachtungen für den DWD zu tätigen. Diese Lücke wird nun mit der Erweiterung der WarnWetter-App geschlossen. Der DWD plant, mit diesen zusätzlichen Informationen die Daten des bestehenden phänologischen Beobachtungsnetzes zu ergänzen und auch neue stationäre Pflanzenbeobachterinnen und beobachter zu gewinnen

<https://www.dwd.de/pflanzenbeobachter>.



Die Verdichtung phänologischer Daten soll helfen, die regional sehr unterschiedliche Pflanzenentwicklung in Deutschland besser zu erfassen und Rückschlüsse auf klimatische Veränderungen zu ziehen. Des Weiteren sind die Daten eine wertvolle Grundlage für die Entwicklung von Modellen, zum Beispiel im Bereich Agrarmeteorologie oder Verbesserung der Pollenflugvorhersage.

Meldungseingabe

Eingabe und Darstellung der Pflanzenbeobachtungen in der WarnWetter-App erfolgen in ähnlicher Form wie bei den Wettermeldungen. Die Beobachtung kann unter „Weitere Produkte“ – „Nutzermeldungen“ in der Rubrik „Pflanzenmeldungen eingeben“ gemeldet werden und erfolgt getrennt nach „Wildpflanzen und Obst“ und „Landwirtschaftliche Kulturen“. Es folgt die Auswahl eines Pflanzenstadiums (z.B. Blühbeginn) und einer Pflanzenart (z.B. Apfel). Zusätzlich werden das Datum und der Ort

für die Meldung benötigt. Zur Überprüfung der Meldung kann ein Foto der beobachteten Pflanze ergänzt werden.

Darüber hinaus besteht die Option, über „Anderes Stadium“ und „Andere Pflanzenart“ weitere Pflanzenbeobachtungen zu melden. In diesem Fall muss die Meldung immer durch ein Foto ergänzt werden.

Meldungsanzeige

Die gemeldeten Pflanzenbeobachtungen werden dann auf einer Deutschlandkarte mit Symbolen für die jeweiligen Stadien angezeigt. Die Hintergrundfarbe des Symbols zeigt an, ob die Meldung im Vergleich zum vieljährigen Mittel früher oder später beobachtet wurde.

Weitere Informationen über diese Funktionalität erhalten Sie auf der Webseite <https://www.dwd.de/phaenologie>, unter „Phäno-WarnWetter-App“

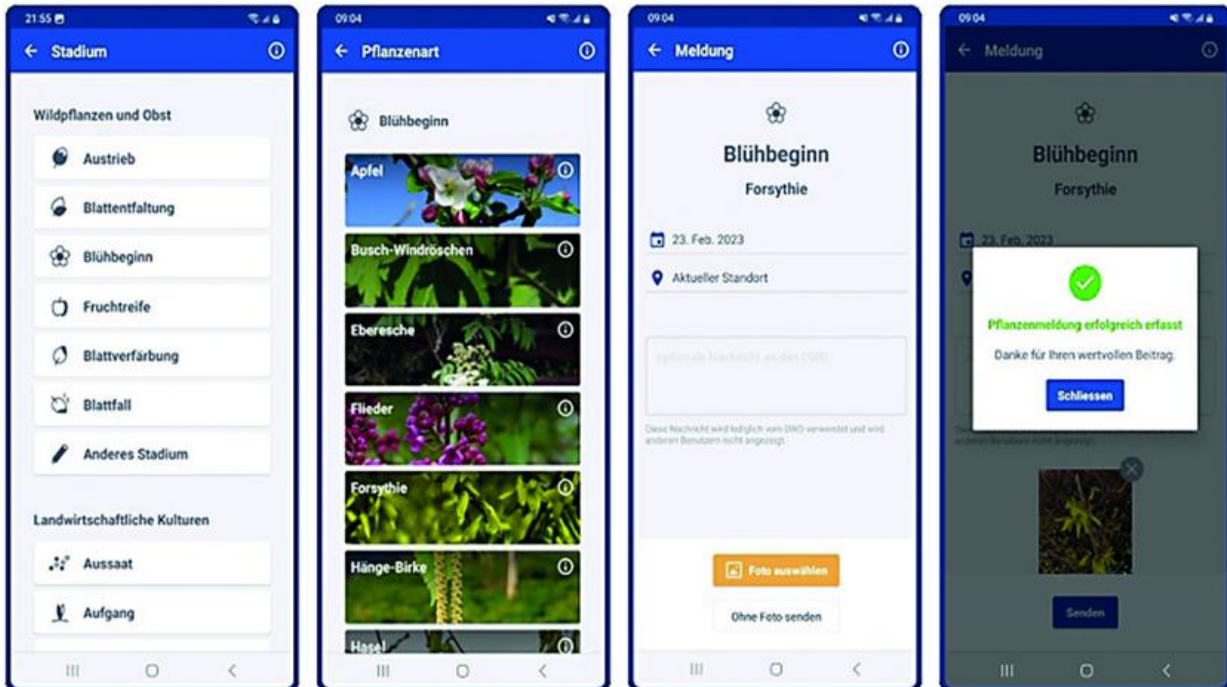


Abb. 5: Eingabemasken für Pflanzenmeldungen über die WarnWetter-App des DWD; Quelle: Deutscher Wetterdienst.



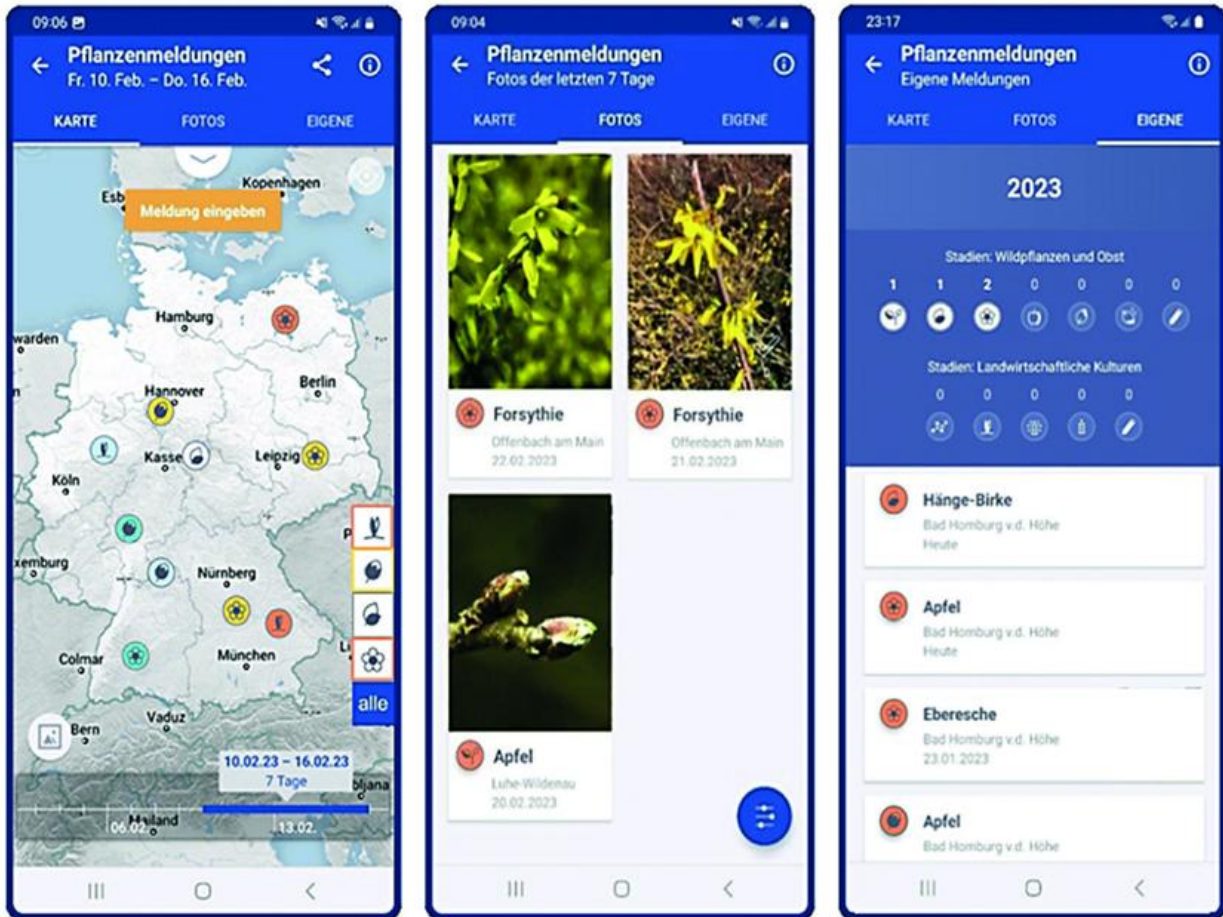


Abb. 6: Beispiel der Darstellung der Pflanzenmeldungen in der WarnWetter-App des DWD mit deutschlandweiten Meldungen und der Ansicht mit den eigenen Meldungen; Quelle: Deutscher Wetterdienst.

Herausgeber:

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie KU3
 Auflage: 1.200 Exemplare

Redaktion:

Annika Behrend
 Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF)
 Bundesallee 33
 38116 Braunschweig
 Tel. 069 8062 6072

Netzverwaltung:

Anja Engels
 Frankfurter Straße 135
 63067 Offenbach
 Tel.: 069 8062 2946
 Fax: 069 8062 11941
 E-Mail: phaenologie@dwd.de
 Twitter: www.twitter.com/dwd_klima

www.dwd.de/phaenologie

