

Thorsten Knappenberger und Karlheinz Köller, Hohenheim

Chancen und Herausforderungen einer Echtzeitregelung der Saattiefe

Die stufenlose Variation der Ablagetiefe spielt in der landwirtschaftlichen Praxis keine Rolle. Moderne Einzelkornsämaschinen bieten zwar die Möglichkeit einer mechanischen Einstellung der Sätiefe, jedoch wird dies während der Überfahrt kaum genutzt, da dem Anwender die dazu nötigen Anhaltspunkte für eine sinnvolle Einstellung fehlen. Durch wechselnde Bodenarten sowie unterschiedliche Geländeausformung variiert der Wassergehalt im Oberboden. Ein Berechnungsmodell für Mais soll diese kleinräumigen Heterogenitäten berücksichtigen. Durch Variation der Sätiefe kann man für die Samen annähernd gleiche Keimbedingungen herstellen.

Der Keim- und Auflaufvorgang hat hohe Bedeutung für die Erzeugung pflanzlicher Produkte. Für eine rasche und gleichmäßige Keimung muss eine ausreichende Menge an Wasser, Sauerstoff und Wärme im Boden für den Samen bereitstehen. Der Boden und seine physikalischen Eigenschaften entscheiden somit maßgeblich über die vorherrschenden Keimbedingungen.

Laboruntersuchungen ergaben, dass optimale Temperatur, freie Wasserverfügbarkeit und geringe Ablagetiefe ein rasches Auflaufen garantieren. Die Verhältnisse im Freiland stellen sich jedoch wesentlich komplexer dar. Die entgegengesetzten vertikalen Gradienten von Bodentemperatur und Bodenfeuchte [1] schließen eine optimale Temperaturversorgung bei gleichzeitig frei verfügbarem Bodenwasser aus.

Temperatur nimmt die Wasseraufnahmerate des Samens stark zu, unabhängig vom Matrixpotenzial des Bodens [5]. Gerade bei Mais, mit einer Mindestkeimtemperatur von 10 °C, ist auf eine ausreichende Temperaturversorgung zu achten. Bei geringeren Keimtemperaturen besteht die Gefahr, dass die Keimscheide nicht aus dem Boden wächst und das Keimblatt somit nicht durch die schützende Keimscheide an die Erdoberfläche gelangt. Bei kühlen und feuchten Verhältnissen ist der Mais aufgrund der niedrigen Temperatur in seiner Entwicklung gehemmt, während das feuchte Milieu pilzlichen Krankheitserregern einen Entwicklungsvorsprung verschafft. Die Folge sind Auflaufschäden und Pilzinfektionen.

Neben der Temperatur stellt die Bodenfeuchte den wichtigsten Keimfaktor dar, da die Keimung erst nach erfolgter Wasseraufnahme eintreten kann. Die Wasseraufnahmerate eines Samens wird durch das Matrixpotenzial des Bodens und die hydraulische Leitfähigkeit von Samen und Boden sowie der Kontaktfläche zwischen Boden und Samen bestimmt [6].

In feuchtem Boden kann eine große Wassermenge in Richtung Samen nachgeliefert werden und der für die Keimung nötige Samenwassergehalt wird einfach erreicht. In trockenem Boden wird der Wassertransport zum Samen so gering, dass die Keimung nicht eingeleitet werden kann [2]. Die Wasserspannung in Samen und Boden gleicht sich an, so dass der Potenzialausgleich zwischen Boden und Saat vor Keimbeginn aufgrund des fehlenden Gradienten gegen null geht.

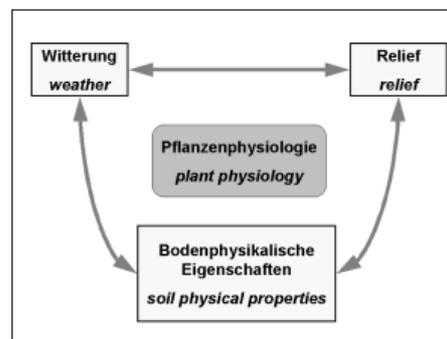


Bild 1: Keimbestimmende Faktoren im Boden

Fig. 1: Factors in the soil determining germination

Der Boden als Ort der Keimung ist Teil eines komplexen Systems, bestehend aus bodenphysikalischen Eigenschaften, Witterung sowie Relief (Bild 1). Daraus ergeben sich unterschiedlichste Keimumgebungen in Abhängigkeit von Ort und Zeit, welche sich nicht, wie momentan üblich, in Faustzahlen über Ablagetiefe ausdrücken lassen. Bislang spricht man bei Mais von einer Sätiefe von vier Zentimetern bei schweren Böden und von bis zu sechs Zentimetern bei leichten Böden [3, 7].

Die Keimung bestimmende Faktoren

Die Temperatur hat den größten Einfluss auf die Keimdauer von Mais [6]. Mit steigender

Möglichkeiten bodenphysikalischer und pflanzenphysiologischer Modelle

Um die optimale Ablagetiefe zu bestimmen, muss also eine Vielzahl von standortabhängigen Faktoren sowie von pflanzenphysiologischen Eigenschaften berücksichtigt werden. Mit Witterungsdaten und Standorteigenschaften wie Bodenart und ist man in der Lage, Temperatur und Wassergehalt eines Bodens in Abhängigkeit von Zeit und Ort zu beschreiben. In einem Feldversuch wurden im April 2004 gemessene und berechnete

M.Sc. Thorsten Knappenberger bearbeitet als Doktorand bei Prof. Dr. Karlheinz Köller ein Projekt zur Entwicklung von Berechnungsmodellen für die teilflächenspezifische Saatgutablage am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart; e-mail: thorsten.knappenberger@uni-hohenheim.de

Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.

Schlüsselwörter

Teilflächenspezifische Aussaat, numerische Modelle, Simulation, Echtzeit

Keywords

Site specific seeding, numeric models, simulation, real-time

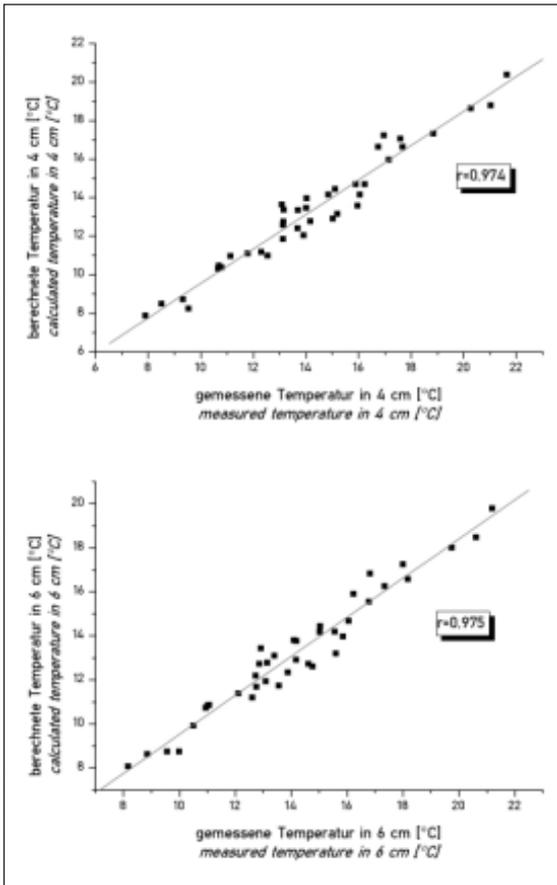


Bild 2: Berechnete und gemessene Bodentemperatur-Werte in 4 cm (oben) und 6 cm Tiefe (unten)

Fig. 2: Calculated and measured soil temperature in a depth of 4 cm (above) and 6 cm (below)

Überfahrt erfasst werden [4]. Über die Standorteigenschaften und mit Hilfe der oben erwähnten Modelle lassen sich dann der weitere Temperatur- und Feuchteverlauf sowie eine mögliche Keim- und Auflaufdauer abschätzen. Mit den momentanen Rechnerleistungen wird sich jedoch eine Online-Ausführung der nötigen Rechenschritte - mit einer befriedigenden räumlichen Auflösung - auf der Sämaschine nicht realisieren lassen. Um eine rasche Regelung der Ablagetiefe zu gewährleisten, ist es deshalb sinnvoll, in einem absätzigen Verfahren zuerst Temperatur- und Feuchteverläufe sowie Keim- und Auflaufdauer für verschiedene Szenarien zu modellieren und in einer Matrix zu speichern. Beim eigentlichen Sävorgang werden die entsprechenden Ablagetiefen

in Abhängigkeit von Bodentemperatur, Bodenfeuchte und Position aus der Datenbank abgerufen und am Sächar eingestellt (Bild 3).

Ausblick

Mit der Variation der Ablagetiefe in Echtzeit wird der präzise Landbau um ein weiteres Verfahren ergänzt. In Feldversuchen auf unterschiedlichen Standorten soll nun geprüft werden, ob es zu einem schnelleren Bestandesschluss und homogeneren Beständen kommt. Dadurch kann es zu Einsparung von Herbiziden, bedingt durch die geringere Unkrautdichte, kommen. Weitere positive Ef-

Temperatur- und Bodenfeuchtwerte vergleichen. Bild 2 zeigt die berechneten und gemessenen Temperatur-Werte in vier und sechs Zentimetern Tiefe. Für die Bodenfeuchte wurde ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,96$ ermittelt. Auf diese Weise berechnete Temperatur- und Feuchteverläufe bilden die Datenbasis für pflanzenphysiologische Modelle, mit deren Hilfe das Keim- und Auflaufverhalten beschrieben werden kann. Eine befriedigende Bestimmung der Keim- und Auflaufdauer ist jedoch nur möglich, wenn man den Witterungsverlauf kennt. Möchte man bereits vor dem Säen im Hinblick auf eine günstige Ablagetiefe die Keim- und Auflaufdauer bestimmen, muss man den künftigen Witterungsverlauf abschätzen. Dazu kann man stochastische Modelle heranziehen und aus historischen Witterungsverläufen mögliche Wetterszenarien entwickeln.

Echtzeitregelung der Ablagetiefe

Um eine Echtzeitregelung von Saattiefe realisieren zu können, bedarf es nicht nur der Modellierung bodenphysikalischer und pflanzenphysiologischer Prozesse. Der aktuelle Temperatur- und Feuchtezustand eines Schlages spielt eine entscheidende Rolle. Deshalb müssen zunächst die aktuelle Bodentemperatur und Bodenfeuchte bei der

fekte sind die Verminderung der Erosionsgefahr durch rasche Bodenbedeckung nach der Saat sowie die Verbesserung der Verfahrenssicherheit bei der Direktsaat. Zusätzlich könnte auf Trockenstandorten mit zur Aussaat begrenztem Wasserangebot durch bodenfeuchteabhängige Saatgutablage auf eine energie- und kostenintensive zusätzliche Wassergabe verzichtet werden. Darüber hinaus kann durch eine feuchteabhängige Saat aufgrund der gleichmäßigeren Bestandesentwicklung mit Ertragssteigerungen gerechnet werden.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • Akpaetok, O.I.: Zur Sorptionsgenetik des Bodenswassers beim keimenden Saatgut. Diss., 1980
- [2] Dasberg, S.: Soil Water Movement to Germinating Seeds. Journal of Experimental Botany 22 (1971), pp. 999-1008
- [3] • Entrup, N.L. und J. Oehmichen: Lehrbuch des Pflanzenbaus. Nr. 2: Kulturpflanzen. Th. Mann, Gelsenkirchen, 2000
- [4] • Jantschke, C. und K. Köller: Bodenfeuchte Ermittlung in Echtzeit. Tagung Landtechnik 2004, VDI-Berichte Nr. 1855, Hrsg.: VDI-Max-Eyth-Gesellschaft, VDI Verlag GmbH, 2004, S. 435-440
- [5] Lafond, G.P. and B.D. Fowler: Soil Temperature and Water Content, Seeding Depth, and Simulated Rainfall Effects on Winter Wheat Emergence. Agronomy Journal 81 (1989), pp. 609-614
- [6] Schneider, E.C. and S.C. Gupta: Corn Emergence as Influenced by Soil Temperature, Matric Potential, and Aggregate Size Distribution. Soil Science Society of America Journal 49 (1985), pp. 415-422
- [7] • Zscheischler, J.: Handbuch Mais. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 1990

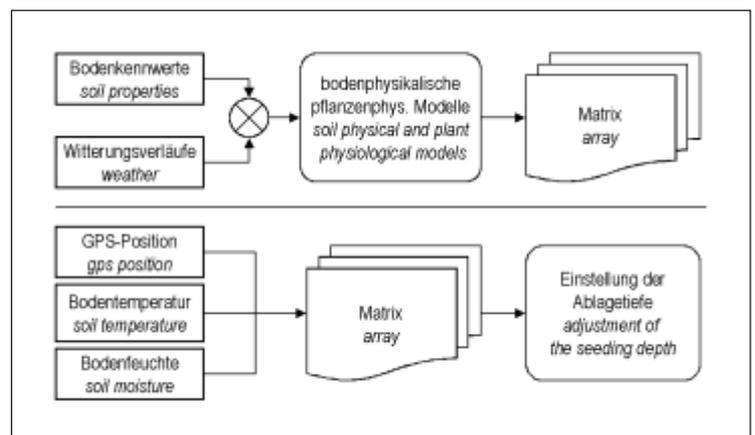


Bild 3: Absätziges Verfahren für die Echtzeitregelung der Ablagetiefe

Fig. 3: Multi-stage procedure for real-time control of seeding depth