

Agentenbasierte Modellierung der Abhängigkeit des Pflanzenbaulichen Managements von Wetter- und Klimaeinflüssen

Josef Apfelbeck, Tanja Krimly, Marco Huigen und Stephan Dabbert¹

Abstract - Die Klimaerwärmung führt zu Veränderungen des durchschnittlichen, langjährigen Witterungsverlaufs. Um die Interaktion zwischen Klima/Wetter und dem pflanzenbaulichen Management eines Landwirts besser zu verstehen, wurde für das Einzugsgebiet der Oberen Donau ein agentenbasiertes Modell entwickelt. Die Entscheidungsregeln der Agenten im Modell basieren auf klima- und witterungsbezogenen Angaben aus Literatur und empirischen Daten. Auf der Grundlage dieser Regeln versuchen die Agenten die pflanzenbaulichen Managementmaßnahmen für die einzelnen Kulturen während der Vegetationsperiode durchzuführen. Die zu erwartenden Ergebnisse geben Aufschluss über klimabedingte veränderte Aussaattermine und damit verbunden Verschiebungen der Wachstumsperioden verschiedener Kulturen. Zusätzlich kann es dadurch auch zu Landnutzungsänderungen kommen.

EINLEITUNG

Die Ertragsbildung einer Kultur wird durch die Komponenten Klima und Boden und deren Angebot an einem Standort determiniert. Durch diese Gegebenheit können die genannten Faktoren zur Beurteilung der ökonomischen Leistungsfähigkeit eines Standortes herangezogen werden (Bahrs und Rust, 2003). Viele ökonomische Modelle gehen bei der Planung landwirtschaftlicher Betriebe davon aus, dass es sich bei Landwirten in erster Linie um Gewinnmaximierer handelt. Dabei werden aber kurzfristige Witterungsschwankungen nicht berücksichtigt. Janssen und Ittersum (2007) geben einen Überblick über Modelle, die in ihrem Entscheidungsfindungsprozess verschiedene Komponenten berücksichtigen, wobei die Aufmerksamkeit besonders auf die „Feedback-Wirkungen“ zwischen menschlichen Aktivitäten und natürlichen Ressourcen gerichtet ist. Ein erfolgversprechender Ansatz sind hierbei die sogenannten „bio-economic models“. Viele der bekannten „bio-economic models“ bilden die pflanzenphysiologischen Prozesse auf Basis empirischer Daten oder auch mit Integration verschiedener kalkulierter

pflanzenphysiologischer Prozesse ab. Dabei werden in den meisten Fällen die Einflüsse des Landwirtes nur eingeschränkt berücksichtigt (Brown, 2000). Der im Folgenden beschriebene Modellansatz untersucht die Wechselbeziehung zwischen Klima/Wetter und den pflanzenbaulichen Managemententscheidungen eines Landwirts. Dabei verfolgen die Agenten (virtuelle Landwirte) die Umsetzung ihres gegebenen Anbauplans anhand heuristischer Entscheidungsregeln auf täglicher Basis. Diese Entscheidungsregeln gehen insbesondere auf pflanzenspezifische Bedürfnisse ein. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei auf der Untersuchung veränderter Aussaat-, Dünge- und Erntetermine und den daraus resultierenden Ertragschwankungen.

METHODIK

Der agentenbasierte Modellansatz stützt sich auf so genannte heuristische Entscheidungsbäume. Dabei handelt es sich um Regeln und Prinzipien, die es dem Agenten erlauben, anhand einfacher „Daumenregeln“ Entscheidungen zu fällen. Hierbei wird nicht von einem vollständig informierten Landwirt ausgegangen. Auf der Grundlage dieser Regeln findet der Agent zu einer guten, aber nicht notwendigerweise optimalen Lösung für ein bestimmtes Planungsproblem (Gigerenzer et al., 2006). Durch die unterschiedlichen Ansprüche der Kulturen an das Klima, wurde die Entscheidungsfindung der Agenten kulturspezifisch angepasst. Ein solcher Entscheidungsalgorithmus beinhaltet verschiedene klimatische und pflanzenspezifische Parameter, welche nicht nur von der Höhe der Temperatur beeinflusst werden, sondern auch von pflanzenphänologischen Aspekten. Ein Landwirt berücksichtigt nicht nur die Keimungstemperatur des Saatgutes, sondern auch die Bedürfnisse der Pflanzen während der ganzen Wachstumsperiode. Bei der Frühjahrsaussaat z.B. sind für den Agenten die Temperaturen der darauffolgenden Tage von entscheidender Bedeutung für eine erfolgreiche Keimlingsentwicklung. Zu niedrige Temperaturen können zum Absterben des Keimlings führen. Um den verschiedenen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen die pflanzenbaulichen Managementmaßnahmen zu den dafür vorgesehenen/beobachteten Stadien durchführbar sein, d.h. es müssen die geeigneten Boden- und Witterungsverhältnisse vorherrschen, um die gewünschten Effekte zu erzielen (Baeumer, 1971).

¹ J. Apfelbeck ist am Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim tätig (apfelb@uni-hohenheim.de).
T. Krimly ist am Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim tätig (tatvogel@uni-hohenheim.de).
M. Huigen ist am Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim tätig (Marco.Huigen@uni-hohenheim.de).
Prof. Dr. Stephan Dabbert ist Professor am Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim (dabbert@uni-hohenheim.de).

Bei Winterweizen beispielsweise hat der Landwirt folgende Aspekte zu berücksichtigen. Zum Einen hat das Saatgut von Winterweizen eine spezifische Keimungstemperatur, die nicht unter 2°C liegen sollte. Zum Anderen wird Winterweizen vor dem Winter ausgesät und muss daher, um die winterlichen Temperaturen zu überstehen, ein Entwicklungsstadium erreichen bei dem er relativ unempfindlich gegenüber kühlen und frostigen Temperaturen ist. Zusätzlich benötigt Winterweizen einen Vernalisationsreiz der in der Zeit vor dem Schossen liegen sollte, um die frühzeitige (rechtzeitige) Bildung der Blütenanlagen zu gewährleisten. Die beschriebenen Parameter und die Anbauerfahrungen der letzten Jahre sind wichtige Bestandteile des Entscheidungsalgorithmus und helfen dem Agenten den richtigen Aussaattermin zu finden.

Während der Wachstumsperiode der Kulturen hat der Landwirt die optimale Versorgung der Pflanze mit Nährstoffen zu gewährleisten. Hierfür berücksichtigt der Agent die Entwicklungsstadien der Kulturen, in denen die Kultur die höchsten Ansprüche an die Nährstoffversorgung hat. Generell ist ein entscheidender Termin der Vegetationsbeginn, zu dem alle winterannualen Kulturen die erste Stickstoffgabe bekommen sollten. Dagegen wird bei den sommerannualen Kulturen die Startgabe zeitnah mit der Aussaat umgesetzt. Alle weiteren bedeutenden Entwicklungsstadien sind dem Agenten bekannt und bei Erreichen der entsprechenden Stadien reagiert der Agent mit der Durchführung der entsprechenden Aktion. Die erreichten Entwicklungsstadien werden von einem integrativ gekoppelten Pflanzenwachstumsmodell übermittelt. Die BBCH-Codierung (Meier et al., 2001) der Entwicklungsstadien ist dafür sehr hilfreich. Hier werden die einzelnen Entwicklungsstadien der Kulturen sehr detailliert dargestellt. Zusätzlich berücksichtigt der Agent den Witterungsverlauf und hier insbesondere den Niederschlag.

ERGEBNISSE

Erste Untersuchungen anhand historischer Wetteraufzeichnungen und beobachteter Aussaattermine des DWD (Deutschen Wetterdienstes) zeigen, dass sich Landwirte sehr genau an den Ansprüchen der landwirtschaftlichen Kulturen orientieren. Die Aufzeichnungen des DWD verdeutlichen, dass sich durch die Verschiebung des temperaturbedingten Vegetationsbeginns auch die Aussaattermine verfrühen. Berechnet man den Aussaattermin mit Hilfe der historischen Wetterdaten zeigt sich, dass die Bedürfnisse der Pflanzen immer früher im Jahr erfüllt werden und es dadurch zu einer früheren Aussaat kommt. Ein sich veränderndes Klima hat somit einen entscheidenden Einfluss auf das landwirtschaftliche Management während der Vegetationsperiode. Der im süddeutschen Raum vorherrschende schnelle Wechsel des Reliefs kann zu sehr unterschiedlichen Entwicklungen führen, z.B. könnte sich die Zahl der verfügbaren Mähdruschtage verändern. Hierbei kann es in einigen Regionen zu einer Verknappung der verfügbaren Mähdruschtage kommen und die Folge könnte sein, dass die vorhandene Technik nicht mehr ausreicht um in der verbleibenden Zeit die Flächen zu bearbeiten. Die Verschiebung von Witterungslagen führt generell zu Veränderungen im

täglichen Management. So können z.B. Trockenphasen dazu führen, dass vorher getrennte Düngemaßnahmen zu einer einzigen zusammengefasst werden müssen, da durch die geringe nutzbare Feldkapazität der Dünger nur unzureichend in die Bodenlösung aufgenommen werden kann. Gleichzeitig können sich möglicherweise zwei gemeinsam auftretende Effekte gegenseitig aufheben, z.B. könnte ein früherer Aussaattermin dazu führen, dass der Landwirt die Kornfüllung des Getreides vor eine einsetzende Frühsommertrockenheit setzen und er damit die Getreidepflanze zum Teil vor Trockenstress bewahren kann.

SCHLUSSFOLGERUNG

Durch die detaillierte Modellierung der Interaktionen zwischen Pflanzen und Agenten (Landwirten) ist es möglich, klimatische Veränderungen anhand sich verändernder Managementtermine darzustellen. Es zeigt aber auch, dass die kurzfristigen Entscheidungen während der Vegetationsperiode einen wesentlichen Einfluss auf die Ertragsbildung der Kulturpflanzen haben und damit auch auf strategische ökonomische Entscheidungen. Eine Folge kann sein, dass es regional zu wesentlichen Veränderungen in der Landnutzung kommt. Der beschriebene Modellansatz ist zur Darstellung solcher Veränderungen bestens geeignet.

LITERATUR

- Bahrs, E. und Rust, I. (2003). Notwendigkeit und Konsequenzen einer aktualisierten Bodenschätzung in der Landwirtschaft aus betriebswirtschaftlicher Sicht. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 39, 2004, S. 461-470.
- Baeumer, K. (1971). Allgemeiner Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Brown, D.R. (2000). A Review of Bio-Economic Models. Cornell University, Paper prepared for the Cornell African Food Security and Natural Resource Management (CAFSNRM) Program.
- Gigerenzer, G. und Gaissmaier, W. (2006). Denken und Urteilen unter Unsicherheit: Kognitive Heuristiken [Thinking and deciding under uncertainty: Cognitive heuristics]. In J. Funke (Ed.), Enzyklopädie der Psychologie, Vol. 8: Denken und Problemlösen (pp. 329-374). Göttingen, Germany: Hogrefe.
- Janssen, S.-J.-C. und Ittersum, M.-K. van (2007). Assessing farmer behaviour as affected by policy and technological innovations: bio-economic farm models Wageningen. SEAMLESS, (24) - p. 86.
- Meier, U. et al. (2001). Growth stages of mono- and dicotyledonous plants, BBCH Monograph 2. Edition, 2001, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry; www.bba.bund.de.