

28. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 27.02. – 01.03.2018 in Braunschweig

Mit Spot Farming zur nachhaltigen Intensivierung in der Pflanzenproduktion

Spot Farming for sustainable intensification of plant production

Jens Karl Wegener*, Dieter von Hörsten, Lisa-Marie Urso

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für
Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
*Korrespondierender Autor, jens-karl.wegener@julius-kuehn.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.002



Zusammenfassung

Die Landwirtschaft steht vor umwälzenden Veränderungen, die sich aus verschiedenen Herausforderungen ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Art ergeben. Mit einer Fortschreibung des aktuellen technischen Entwicklungspfades werden diese zukünftig nicht zu meistern sein. Daraus resultiert die Notwendigkeit, das System Pflanzenbau sowie die zur verfahrenstechnischen Ausgestaltung notwendigen Prozesse grundlegend auf den Prüfstand zu stellen, um zu der geforderten nachhaltigen Intensivierung landwirtschaftlicher Produktion zu kommen. Vor diesem Hintergrund wird das Anforderungsprofil für eine zukünftige Pflanzenproduktion definiert, sich daraus ergebende Herausforderungen formuliert und einzelne Aspekte eines alternativen Produktionssystems betrachtet, wie mit Hilfe moderner Technik neue Wege in der Pflanzenproduktion ermöglicht werden könnten. Dabei liegt der Fokus darauf, zunächst einmal die Grundansprüche der Kulturpflanze sowie weitere übergeordnete Anforderungen und Restriktionen insbesondere im Hinblick auf Strukturen zu befriedigen, um dann darauf aufbauend die erforderliche Verfahrenstechnik für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung abzuleiten. Dies steht im Gegensatz zur bisherigen Praxis, bei der u.a. auch die technische Entwicklung zur uniformen Bewirtschaftung immer größer werdender Schläge geführt hat.

Stichwörter: Autonome Maschinen, Dreiecksverband, nachhaltige Intensivierung, optimaler Standraum, Pflanzenbausystem, teilflächenspezifische Bewirtschaftung

Abstract

The agricultural sector is faced with sweeping changes arising from various challenges of economic, ecological and social nature. With a persistent prolongation of the recent technical development path, these challenges cannot be mastered in future. Therefore, it is necessary to put the plant cultivation system as well as the for operational design necessary processes under close scrutiny to achieve the demanded sustainable intensification of agricultural production. Against this backdrop, this requirement profile for a plant production in the future is defined, the resultant challenges formulated and individual aspects of an alternative production system are considered how, with the help of modern techniques, new alternatives in plant production can be explored. The focus therefore is first of all to satisfy the basic necessities of cultivated plants together with superordinate requirements and restriction particularly with regard to structures. This will provide the basis for the required process technologies for a site-specific farm management. This is in contrast with previous practice, by which i.a. the technique development in uniform farm-management leads to the increasing size of fields.

Keywords: Autonomous machinery, cropping system, optimal stand space, site specific management, sustainable intensification, triangulated sowing

Einleitung

Die Landwirtschaft steht durch global wachsende Bevölkerung, Strukturwandel, Verlust von Produktionsfläche, Ressourcenverknappung, Kostendruck und Klimawandel vor enormen Herausforderungen. Zudem hagelt es von allen Seiten mit öffentlicher Kritik: Nitrat im Grundwasser, Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln, gentechnisch veränderte Produkte, umstrittenes Tierwohl, industrielle Agrarstrukturen und schwindende Biodiversität, um nur einige Punkte zu nennen. Vor diesem Hintergrund kann ein "weiter so" kein überzeugender Schritt in Richtung Zukunft der Pflanzenproduktion sein.

Als ein möglicher Ausweg aus dem Dilemma wird das Prinzip der nachhaltigen Intensivierung beschrieben. Dabei geht es darum, mit weniger Ressourceneinsatz mehr Ertrag zu erzielen und

gleichzeitig Systemdienstleistungen der Landwirtschaft, wie Biodiversität, Vernetzung von Biotopen oder Naherholung zu stärken. Dieses Ziel, ursprünglich formuliert durch die BRITISH ROYAL SOCIETY (2009), ist in der Literatur vielfach aufgegriffen und weiterentwickelt worden (z.B. FOLEY et al., 2011; GARNETT und GODFRAY, 2012). Schließlich fand es seinen Weg auch bis in die Beratungsgremien der nationalen Agrarpolitik (BMELV, 2012) oder der Forschungslandschaft (WOLTERS et al., 2014). Offen blieb aber bis zuletzt, wie dieses Ziel der nachhaltigen Intensivierung im System der Pflanzenproduktion konkret und ganzheitlich umgesetzt werden kann. Ziel dieses Beitrags ist es, ein pflanzenbauliches Konzept, "Spot Farming" genannt, vorzustellen. Mit diesem Konzept können die beschriebenen Herausforderungen gemeistert und gleichzeitig die aufgeführte öffentliche Kritik berücksichtigt werden.

Grundlagen zur Entwicklung des Pflanzenbausystems "Spot Farming"

In der heutigen Pflanzenproduktion bestimmt in vielen Fällen die Technik die Art und Weise, wie Kulturpflanzen aber auch welche Kulturpflanzen angebaut werden. So sind beispielsweise Reihenabstände in Reihenkulturen nicht aus pflanzenbaulicher Perspektive definiert sondern hängen an technischen Vorgaben aus der Erntetechnik (z.B. Rübe, Mais). Futterpflanzen, wie z.B. Futterrübe oder Luzerne wurden u.a. zugunsten des Mais verdrängt, weil dieser verfahrenstechnisch viel einfacher und kostengünstiger zu mechanisieren ist. Bei der Entwicklung des Spot Farming lag die erste Handlung darin, zunächst alle technischen Vorgaben und Restriktionen auszublenden und ausschließlich aus Sicht der Nutzpflanze zu denken: Um Erträge bei gleichzeitiger Einsparung von Ressourcen zu erhöhen, sollten die Grundansprüche der Kulturpflanze bestmöglich erfüllt werden, der Kulturpflanzenbestand optimal zum Standort passen und funktionale Elemente (wie z.B. Gräben, Hecken, Blühareale) die Kulturpflanze idealerweise vor verschiedenen Umwelteinflüssen schützen. Dieser Ansatz bedingt neben dem Perspektivenwechsel eine Betrachtung auf drei Ebenen: der Einzelpflanze, dem Nutzpflanzenbestand auf dem Feld und der Kulturlandschaft als Ganzes (WEGENER et al., 2017).

Auf **Einzelpflanzenebene** bestimmen eine Reihe von Wachstumsfaktoren und Standortcharakteristika das optimale Wachstum der Nutzpflanze (MITSCHERLICH, 1922). Sie braucht

- viel Licht und Platz (ober- und unterirdisch) sowie wenig Konkurrenzdruck,
- ausreichende Bodenqualität, -textur und -fauna sowie
- adäquate Wasser- und Nährstoffversorgung.

Um Produktqualität und Ertrag zu sichern, sind zudem gesunde Fruchtfolgen und bei Bedarf Pflanzenschutzmaßnahmen erforderlich.

Auf **Feldebene** sind Anforderungen und Restriktionen im Sinne einer effizienten und umweltgerechten Pflanzenproduktion (CHRISTEN und O'HALLORAN-WIETHOLTZ, 2002) als auch im Sinne sozialer Aspekte zu berücksichtigen. Diese umfassen z. B.

- die generelle Reduktion der Nutzung von Agrarchemikalien auf das notwendige Minimum,
- die Vermeidung der Verbreitung von Agrarchemikalien über Feldgrenzen hinweg,
- Verzicht auf Mehrfachüberfahrten insbesondere mit hohen Radlasten zum Schutz des Bodens sowie
- stärkere Einbeziehung mikroklimatischer Bedingungen (z. B. Wind, Regen, Luftfeuchtigkeit, Frost, Tau, Bodenfeuchte, solare Einstrahlung) und anderer zeitabhängiger Naturereignisse (z. B. Bienenflug) bei der Durchführung pflanzenbaulicher Maßnahmen.

Auf **Landschaftsebene** sind, weiterhin mit Bezug zu einem effizienten, umweltgerechten und sozialverträglichen Anbau von Kulturpflanzen, weitere Restriktionen und Anforderungen zu berücksichtigen. Dies sind z. B.

- strukturelle Berücksichtigung natürlicher geografischer und klimatischer Bedingungen (z. B. wechselnde Bodenqualitäten, intelligente Nutzung unterschiedlicher Ertragspotenziale, Höhenlinien, geografische Orientierung, Solarstrahlungsangebot und Mikroklima),

- Etablierung von Strukturen, die auch vor dem Hintergrund des ablaufenden Klimawandels (z. B. Starkregenereignisse, längere Trockenperioden) vor Wind-, Wassererosion und Stoffverlagerungen schützen,
 - Schaffung von Pufferzonen und Refugien zur Vernetzung von Biotopen, Stärkung der Biodiversität und anderen Ökosystemdienstleistungen in der Agrarlandschaft sowie
 - Diversifizierung durch kleinere Strukturen als Grundlage für Naherholung und Freizeitgestaltung.
- Alle die genannten Anforderungen und Restriktionen können nur dann erfüllt werden, wenn Ressourcen wesentlich effizienter als heute üblich genutzt werden und die Pflanzenproduktion im übergeordneten Landschaftskontext betrieben wird. Generell kann das erreicht werden, wenn folgende Richtlinien das Handeln bestimmen:
- Verbesserung der Allokation von Kulturpflanzen zu Standorteigenschaften,
 - effizientere zeitliche und örtliche Ausnutzung vorhandener natürlichen Ressourcen,
 - effizientere Nutzung von Agrarchemikalien und
 - Stärkung funktionaler Strukturen.

Spot Farming als neuer Ansatz für den Pflanzenbau

Basierend auf der Annahme, dass viele landwirtschaftliche Produktionsstandorte in ihren Eigenschaften nicht homogen sind sowie unter Berücksichtigung der Eingangs geschilderten Restriktionen auf unterschiedlichen Ebenen, wurde die Idee des "Spot Farming" entwickelt. Der Schlüssel dieses Ansatzes liegt darin, die heterogene Produktionsfläche in Spots mit weitgehend ähnlichen Eigenschaften aufzuteilen. Diese eigenständigen Spots können dann entweder mit derselben Kulturpflanze, unter individueller Anpassung der Kulturführung oder gar mit unterschiedlichen Kulturpflanzen und eigenständigen Fruchtfolgen bewirtschaftet werden. Mit diesem Ansatz der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion werden die Kulturpflanzen optimal auf die natürliche Ressourcenausstattung verteilt. Für die Ableitung solcher eigenständiger Spots können bestehende Daten wie z. B. Boden- und Ertragskarten zusammen mit weiteren Informationen verschnitten werden (Abb. 1).

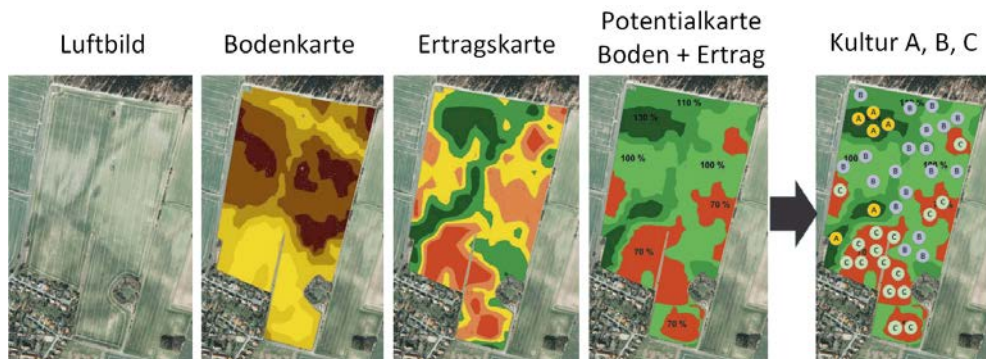


Abb. 1 Einfaches Beispiel zur Ableitung von unterschiedlichen Spots durch Informationsüberlagerung (WEGENER et al., 2017).

Fig. 1 Simple example on derivation of different spots by overlay of information (WEGENER et al., 2017).

Aus der Schnittmenge dieser Daten können dann Teilflächen mit unterschiedlichen Eigenschaften in einem Ackerschlag identifiziert werden. Dies ermöglicht eine teilflächenspezifische Anpassung der Kulturführung (z. B. Aussaattermine, Aussaatstärken, Düngermanagement). Denkbar wäre allerdings auch, wie erwähnt, der Anbau unterschiedlicher Fruchtfolgen: Auf Spots mit hoher Produktivität bzw. guter Bodenstruktur kann dann z. B. eine Zuckerrübe-Winterweizen-Mais-Winterweizen Fruchtfolge, auf Spots mit geringerer Produktivität eine andere standortspezifische

Fruchtfolge (z. B. Raps-Roggen-Mais-Roggen) realisiert werden. Spots mit sehr geringer Produktivität könnten bewusst als Refugien oder Pufferzonen z. B. mit Blühpflanzen oder auch, wo geografisch sinnvoll, zum Schutz vor Erosion, gezielt mit Landschaftselementen bestellt werden.

Um der Kulturpflanze optimale Bedingungen zu ermöglichen, ist eine Aussaat im Dreiecksverband sinnvoll, da diese der Einzelpflanze größtmöglichen ober- und unterirdischen Standraum bietet. Dies würde gleichzeitig mit einer Verringerung der Aussaatstärken einhergehen, was Ressourceneinsparung (weniger Saatgut) sowie Einsparung von Agrarchemikalien (weniger Beizmittel) umfasst. Dazu werden Säugeräte benötigt, die in der Lage sind, Saatgut hochpräzise in Bezug auf Saatmuster und Ablagetiefe zu platzieren. Erfolgt die Saat zudem georeferenziert, ergeben sich weitere verfahrenstechnische Vorteile für die spätere Kulturführung. Dies betrifft z.B. die mechanische Unkrautbekämpfung, deren Werkzeuge bei Kenntnis der Standorte von Kulturpflanzen gezielter gesteuert werden können, um selbst im pflanzennahen Bereich Unkraut zu bekämpfen. Auch die präzise Applikation von Düngemitteln in Wurzelnähe könnte mit der Kenntnis der Pflanzenstandorte realisiert werden. Beide Strategien würden eine Einsparung von Agrarchemikalien (Herbizide und Düngemittel) implizieren.

Spot Farming bietet auch im Hinblick auf die Züchtungsforschung neue Chancen. In den derzeitigen Pflanzenbausystemen, mit ihren bestandsdichten Monokulturen, muss die Züchtung wesentlich mehr genetische Ressourcen in die Toleranz- und Resistenzeigenschaften zur Gesunderhaltung der Pflanzenbestände investieren, die sich i.d.R. negativ auf den Ertrag auswirken (HUTH, 2002). Sinkt durch das Design des Pflanzenbausystems der phytosanitäre Druck auf die Kulturpflanze und können durch das Pflanzenbausystem natürliche Abwehrmechanismen der Kulturpflanze gestärkt werden, dann können genetische Ressourcen in der Züchtung zugunsten des Ertrags verlagert werden. Spannend können in diesem Zusammenhang ebenfalls Sortenkombinationen sein. So kann z.B. durch eine Kombination von Sorten mit unterschiedlichen Wuchshöhen und Blattstellungen die natürliche Ressource Licht in Bezug auf die Fläche effizienter genutzt werden.

Weitere Einsparungen an Ressourcen lassen sich durch eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung nach individuellem Pflanzenbedarf realisieren - im Extremfall wie heute im Gartenbau üblich auf Einzelpflanzenbasis. Dies betrifft die Düngung, den Pflanzenschutz sowie wo notwendig, die Bewässerung. Dazu ist zum einen permanentes Bestandsmonitoring durch Sensorfelder notwendig, um die notwendigen pflanzenbaulichen Parameter zu erheben. Zum anderen müssen die daraus resultierenden Aufgaben permanent und kleinräumig erledigt werden. Zusammen mit den kleinteiligen und unregelmäßigen Design der Spots werden solche Systeme mit heute üblicher Verfahrenstechnik nicht zu bewirtschaften sein, da diese auf Schlagkraft und Flächeneffizienz optimiert sind, um in den für schwere Maschinen geringen Bearbeitungsfenstern möglichst hohe Produktivität zu erreichen. Aus diesem Grund bedarf es für das Spot Farming völlig neuer technischer Ansätze. Mit kleinen autonomen Maschinen, die sich selbstständig im Schwarm organisieren wäre eine Umsetzung solcher neuer Pflanzenbausysteme prinzipiell möglich. Die mangelnde Schlagkraft kleiner Maschinen kann durch Anzahl, nahezu permanente Einsatzbereitschaft, wesentlich größerer Bearbeitungsfenster für leichtere Maschinen, kompensiert werden. Verfahren wie z. B. die Ernte, welche heute große Maschinen implizieren, können durch Zerlegen der einzelnen Arbeitsschritte prinzipiell auch mit kleinen Maschinen durchgeführt werden. Darüber hinaus können solche Systeme auch alternative Pflanzenschutzverfahren (z. B. Hacken, Stempeln, Abflammen, Heißschaumbehandlung etc.) durchführen und damit den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß reduzieren (SELLMANN et al., 2014; GUDE, 2012; BOSCH, 2015). Allerdings sind in diesem Zusammenhang noch viele Forschungsfragen zu klären (Energieversorgung, Logistik, Sicherheit, Recht, notwendige Sensortechnik, neue Managementsysteme, Netzinfrastruktur auf dem Land etc.), bis neue Pflanzenbausysteme und dazu passende Verfahren marktfähig werden. Dennoch bieten die aktuellen technischen Entwicklungspfade die Möglichkeit, einen landschafts- und ertragsorientierten Pflanzenbau in den Mittelpunkt zu stellen, der den eingangs skizzierten

unterschiedlichen Anforderungen gegenüber einer nachhaltigen Intensivierung gerecht werden könnte.

Schlussfolgerung

Die hier dargestellten Aspekte eines neuen Produktionssystems können eine Richtung am Anfang der Konzepterstellung zur zukünftigen nachhaltigen Intensivierung der Pflanzenproduktion aufzeigen. Grundsätzlich ist der Ansatz, zunächst die Kulturpflanze und die dem Anbau gegenüberstehenden Restriktionen in den Mittelpunkt zu setzen, um erst dann über technische Lösungsmöglichkeiten nachzudenken, ein vielversprechendes Vorgehen. Erste technische Ansätze, die dafür notwendig sind, befinden sich zum Teil in der Entwicklungsphase, wobei es bis zur tatsächlichen Marktreife noch einige Jahre dauern wird. Ein bloßes Fortschreiben des jetzigen Entwicklungspfades in der Pflanzenproduktion, das ggf. mit autonomer Technik und digitaler Vernetzung noch ein wenig weiter vorangetrieben werden kann, erscheint dagegen zukünftig an seine Grenzen zu kommen.

Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms „Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Literatur

- BMELV, 2012: Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Januar 2012, 32 Seiten.
- BOSCH, 2015: Intelligenz auf dem Acker: Agrarroboter von Bosch beseitigt Unkraut automatisch und ohne Gift. https://www.deepfield-robotics.com/de/News-Detail_151008.html, Zugriff am 18.01.17.
- CHRISTEN, O. und Z. O'HALLORAN-WIETHOLTZ, 2002: Indikatoren für eine nachhaltige Landwirtschaft. ILU Bonn. URN: https://www.researchgate.net/profile/Olaf_Christen/publication/259574761_Indikatoren_fur_eine_nachhaltige_Entwicklung_der_Landwirtschaft/links/0046352cac275b40b4000000.pdf
- FOLEY, J.A., N. RAMAKUTTY, K.A. BRAUMANN, E.S. CASSIDY, J.S GERBER, M. JOHNSTON, N.D. MÜLLER, C. CONNELL, D.K.RAY, P.C. WEST, C. BALZER, E.M. BENNETT, S.R. CARPENTER, J. HILL, C. MONFREDA, S. POLASKY, J. ROCKSTROM, J. SHEEHAN, S. SIEBERT, D. TILMAN und D.P.M. ZAKS, 2011: Solutions for a cultivated planet. *Nature* **478** (7369), 337-342.
- GARNETT, T. und H.C.J. GODFRAY, 2012: Sustainable intensification in agriculture, Navigating a course through competing food system priorities. Report on a workshop. Food Climate Research Network and the Oxford Martin Programme on the Future of Food, University of Oxford, UK, 51 pp.
- GUDE, J., 2012: Wirksamkeit der Unkrautbekämpfung mittels Laser in Abhängigkeit verschiedener biologischer und technisch-physikalischer Parameter. Dissertation an Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- HUTH, W., 2002: Die bodenbürtigen Viren von Weizen und Roggen in Europa - ein zunehmendes aber durch ackerbauliche Maßnahmen und Anbau resistenter Sorten lösbares Problem. *Gesunde Pflanzen* **54**, Heft 2, 51-57.
- MITSCHERLICH, E. H., 1922: Das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **1** (2), 49–84
- ROYAL SOCIETY, 2009: Reaping the benefits. Science and the sustainable intensification of global agriculture. RS Policy document 11/09 issued October 2009 RS1608. London, ISBN 978-0-85403-784-1, 86 p.
- SELLMANN, F., W. BANGERT, S. GRZONKA, M. HÄNSEL, S. HAU, A. KIELHORN, A. MICHAELS, K. MÖLLER, F. RAHE, W. STROTHMANN, D. TRAUTZ und A. RUCKELSHAUSEN, 2014: RemoteFarming.1: Human-machine interaction for a field-robot-based weed control application in organic farming. 4th International Conference on Machine Control & Guidance, March 19-20.
- WEGENER, J.K., L.M. URSD, D. VON HÖRSTEN, T.F. MINBEN und C.C. GAUS, 2017: Neue Pflanzenbausysteme entwickeln - welche innovativen Techniken werden benötigt? *Landtechnik* **72**(2), 91-100.
- WOLTERS, V., J. ISSELSTEIN, H. STÜTZEL, F. ORDON, C. VON HAAREN, E. SCHLECHT, J. WESSELER, R. BIRNER, M. VON LÜTZOW, N. BRÜGGEMANN, B. DIEKRÜGER, A. FANGMEIER, H. FLESSA, H. KAGE, M. KAUPENJOHANN, I. KÖGEL-KNABNER, R. MOSANDL und R. SEPPELT, 2014: Nachhaltige ressourceneffiziente Erhöhung der Flächenproduktivität: Zukunftsoptionen der Deutschen Agrarökosystemforschung. Grundsatzpapier der DFG Senatskommission für Agrarökosystemforschung. *Journal für Kulturpflanzen* **7**, 225-236.