

Neue Konzepte der Energieversorgung landtechnischer Systeme

Ludger Frerichs, Lars Thielke

Die Gestaltung nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionssysteme erfordert innovative Ansätze. Für eine produktivere und dabei ressourcenschonende sowie emissionsarme Landwirtschaft ist die systemische Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Verfahren, der betrieblichen Gegebenheiten und der organisatorischen Abläufe notwendig. Grundlegend neue Ansätze sind durch die Bildung von Szenarien zu finden, wie beispielsweise Systemkonzepte für die Feldbewirtschaftung ohne Verwendung von Verbrennungsmotoren. Dabei wird unter anderem offensichtlich, dass für elektrisch angetriebene Maschinen die Infrastruktur einer feldnahen, elektrischen Energieversorgung Voraussetzung ist. Eine Direktversorgung von Landmaschinen mit elektrischer Energie über rotierende oder linear fahrende Gestängestrukturen ermöglicht und erfordert völlig neue Produktionssysteme. Unter Anwendung innovativer Technologien können damit neue Lösungen mit großem Potenzial für die Automatisierung und für eine produktivere Präzisionslandwirtschaft gestaltet werden. Der vorliegende Beitrag soll durch neuartige Lösungsansätze die Diskussion über zukünftige Entwicklungen der Landtechnik und Landwirtschaft anregen.

Schlüsselwörter

Nachhaltigkeit, landwirtschaftliche Produktionssysteme, Energieversorgung, Elektrische Direktversorgung, Center Pivot, autonome Maschinen, Präzisionslandwirtschaft

Ein wesentlicher Teil der Nahrungsmittelproduktion erfolgt auf Feldern, die mit leistungsfähigen Landmaschinen bewirtschaftet werden. Dabei wird der notwendige Energiebedarf fast ausschließlich durch die Verbrennung fossiler Energieträger gedeckt. Die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe ist jedoch begrenzt und die bei der Verbrennung emittierten Treibhausgase müssen aufgrund der sich abzeichnenden Klimaveränderung signifikant verringert werden. Erneuerbare und emissionsärmere Energieträger scheinen aus verschiedenen Gründen auf absehbare Zeit nicht in großem Umfang verfügbar zu werden. Gleichzeitig scheidet eine Reduzierung des Maschineneinsatzes als Lösung für eine Verbrauchsverringerung aus folgenden Gründen aus: Schätzungen weisen eine Weltbevölkerung von deutlich über neun Milliarden Menschen im Jahr 2050 aus. Verbunden mit steigendem Wohlstand nimmt die Nachfrage nach hochwertigen Nahrungsmitteln drastisch zu, sodass im Vergleich zu heute ein um 70 bis 100 % höherer Produktionsbedarf im Jahr 2050 vorhergesagt wird. Die global zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Nutzfläche wird in dieser Zeit jedoch nur noch in relativ geringem Umfang zu steigern sein (DLG 2012). Dabei ist die Produktion von Grundnahrungsmitteln insbesondere in Ländern mit hoher Bevölkerungszunahme zu intensivieren. Die erforderliche Steigerung der Produktivität wird nur mit einem adäquaten Maschineneinsatz zu erfüllen sein. Vor diesem Hintergrund sind für eine produktivere und gleichermaßen ressourcenschonende sowie emissionsarme Landwirtschaft neue Konzepte der Energieversorgung mobiler Landmaschinen zu entwickeln.

eingereicht 1. April 2015 | akzeptiert 17. Juli 2015 | veröffentlicht 26. August 2015

© 2015 bei den Autoren. Dieser Open-Access-Artikel steht unter den Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Aufgabenfelder der Forschung und Entwicklung

Für die Weiterentwicklung der Technik in der landwirtschaftlichen Produktion sind insbesondere die landwirtschaftlichen Verfahren, die betrieblichen Gegebenheiten und die organisatorischen Abläufe zu fokussieren. So basieren die landwirtschaftlichen Verfahren überwiegend auf historisch gewachsenen Prozessketten. Mit der Effizienz- und Leistungssteigerung der Maschinen, wie sie in den vergangenen Jahrzehnten erreicht wurden, sind zwar große, aber eben doch nur einseitige, vor allem auf die Maschinen bezogene, Fortschritte erzielt worden. Aber nicht nur in Maschinen, sondern im Fluss von Produktionssystemen zu denken und dabei Anleihen an den Strategien der modernen industriellen Produktion zu nehmen (Eliminieren von Verschwendung im Produktionsprozess), wird die zukünftige Entwicklung prägen. Die Aufgaben von Forschung und Entwicklung, der landwirtschaftlichen Beratung und der Landwirte selbst bestehen also darin, geeignete an die landwirtschaftlichen Bedingungen angepasste Methoden zu entwickeln und damit effiziente Produktionssysteme in ihrer Gesamtheit darzustellen.

Neue Ansätze, um bisherige Prozess- und Verfahrensketten aufzubrechen, wurden in jüngster Zeit als Konzeptstudien vorgestellt. Exemplarisch sei auf Arbeiten der TU Dresden zum Mähdrusch verwiesen. Die Prozessschritte des Mähens, Dreschens und Überladens werden aufgelöst und in neuen Maschinenkonzepten in Form von autonomen Maschinenschwärmen zusammengesetzt (HERLITZIUS et al. 2011). Darüber hinaus und dazu passend sind Konzeptstudien roboterähnlicher Fahrzeuge wie der BoniRob (BANGERT et al. 2013) oder der Kongskilde Vibro Crop Robotti (KONGSKILDE INDUSTRIES 2013) präsentiert und grundlegende Arbeiten zur Lokalisierung und Kommunikation in autonomen Systemen (SCHATTENBERG et al. 2013, ROBERT und FRERICHS 2014) veröffentlicht worden. Auch konzeptionell bekannte modulare Konzepte wie der „Gantry“ werden im Sinne neuer Systemansätze weiterentwickelt (CTF Europe 2013).

Die betrieblichen Gegebenheiten und deren Rahmenbedingungen müssen gleichsam betrachtet werden. Wesentliche Faktoren wie Klima, Topologie oder Bodenart können nicht beeinflusst werden. Die Agrar- oder Infrastruktur sind jedoch in Grenzen veränderliche Variablen, die auch durch den landwirtschaftlichen Betrieb in Form seiner Flächen- und Maschinenausstattung definiert werden. Eine besondere Rolle wird hier das zukünftige Dienstleistungsangebot zur Gestaltung von Produktionssystemen spielen. Es wird vermehrt darauf ankommen, nicht nur Maschinen zu verkaufen, sondern Systemlösungen anzubieten. Zudem hat dieses Aufgabenfeld eine international unterschiedlich ausgeprägte, aber doch deutlich politische Dimension. Geschichte und Gegenwart zeigen, wie sehr die Politik festlegt, welche Ausrichtung die Entwicklung der Landwirtschaft erfährt.

Die Optimierung der organisatorischen Abläufe ist in den letzten Jahren zu einem operativ wichtigen Parameter in der landwirtschaftlichen Produktion geworden. Dieser Aspekt ist fest mit der ganzheitlichen Betrachtung der Verfahrensketten und der Produktionssysteme verbunden. Durch Managementsysteme können deutliche Produktivitäts- und Effizienzverbesserungen realisiert werden. Zwar werden Dienstleistungsangebote und durchgängige Softwarelösungen unter Anwendung der Informations- und Kommunikationstechnologien diskutiert, sie sind aber in der Praxis nur rudimentär zu finden. Dieses Aufgabenfeld, welches auch Themen wie das Precision Farming und den Informationsaustausch mit vor- und nachgelagerten Bereichen des Agribusiness umfasst, fordert die Anstrengung und Offenheit aller Beteiligten ein.

Energiebereitstellung für die Mobilität auf dem Feld

Für alle Arbeiten und Lösungen, die sich für diese drei Aufgabenfelder ergeben, ist die Bereitstellung von Energie für die Feldbearbeitung die erfolgskritische Voraussetzung. Die Energieträger für mobile Anwendungen in der Gegenwart und der näheren Zukunft sind bekannt. Neben gasförmigen und flüssigen Energieträgern (Diesel, Benzin, LPG, CNG, LNG, BLT, Ethanol, H₂ und einige mehr) werden zudem Energiespeicher (Batterien, Kondensatoren, Druckspeicher, Schwungräder usw.) teils im Solo-, aber vorwiegend im Hybridbetrieb eingesetzt. Global gesehen spielt auch das Futter für angespannte Tiere in der Feldarbeit noch eine Rolle als Energieträger. Im Sinne der erforderlichen Produktivität und der Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft dürfte dies aber zukünftig von untergeordneter Bedeutung sein. Über diese mobilen Energieträger hinaus, die „nachgeladen“ und gespeichert werden müssen, ist zudem die Direktversorgung mit elektrischer Energie bekannt. Dazu zählen Solarzellen und Systeme, die über Leitungen mit elektrischer Energie versorgt werden.

Sollen über die evolutionäre Entwicklung hinaus grundsätzlich neue Ansätze und sogenannte Sprungentwicklungen generiert werden, so bietet sich die Methode der Szenarienbildung an. Ausgangspunkt für die folgenden Überlegungen ist ein Szenario, in dem langfristig der Verbrennungsmotor nicht oder nur noch äußerst eingeschränkt genutzt werden kann. Aus den eingangs genannten Gründen, ist der Einsatz fossiler Kraftstoffe deutlich zu reduzieren. Alternativen, in Form erneuerbarer Kraftstoffe, sind bekannt und besitzen ein anteiliges Lösungspotenzial. Sie werden aber bis dato, ohne hier im Detail darauf einzugehen, nach jeweils vollständiger Bilanzierung vielfach kritisch betrachtet. Vor diesem Hintergrund liegt das Szenario nahe, die Energieversorgung auch für leistungsfähige Landmaschinen ohne Verbrennungsmotor neu zu überdenken. Für dieses Szenario soll auch die Brennstoffzelle außen vor bleiben, obwohl die Autoren in der Brennstoffzelle durchaus eine der langfristigen Zukunftsoptionen sehen.

Bei einer derartigen Einschränkung bleiben für die Energieversorgung nur die Energiespeicher und die Direktversorgung zur Auswahl. Werden Bewertungskriterien wie Leistungspotenzial, Energiedichte, Leistungsdichte und Treibhausgasbilanz angewendet, wird deutlich, dass eine Direktversorgung mobiler Maschinen mit elektrischer Energie – möglichst regenerativ gewonnen – eine durchaus bedenkenswerte Option darstellt. Dafür muss die elektrische Energieversorgung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen gewährleistet werden. Diese zwar knappe Aussage ist jedoch von äußerst großer Tragweite, weil damit umfangreiche Infrastrukturmaßnahmen einhergehen müssen. Sie ist aber gleichermaßen von hoher Wahrscheinlichkeit, denn unabhängig vom hier aufgestellten Szenario beruhen diverse Zukunftskonzepte für mobile Maschinen auf elektrischen Antriebslösungen. So gibt es bereits eine Vielzahl von Forschungsansätzen für autonome batterieelektrische Kleinfahrzeuge auf dem Feld (Bonirob, Prospero usw.), z. B. BANGERT et al. (2013). Es fällt auf, dass die Voraussetzungen für den Einsatz solcher Fahrzeuge und die sich aus dem Einsatz ergebenden Folgen für die Landwirtschaft bislang nur unzureichend untersucht sind. So sind Versorgungs-, Leitungs- und Ladekonzepte für die Energieversorgung zum und auf dem Feld noch zu entwickeln. Darüber hinaus werden auch Lösungsansätze diskutiert, die auf der induktiven Energieübertragung mittels Bodenleitungen in den Fahrgassen beruhen (RAUCH 2012).

Konzepte der elektrischen Energieversorgung auf landwirtschaftlichen Flächen sind nicht neu und wurden bereits zum Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts propagiert und auch variantenreich technisch dargestellt. Ein Blick darauf ist lohnenswert, weil diese Entwicklungen noch völlig unbeeindruckt von den folgenden Entwicklungen der Verbrennungsmotoren stattfanden. Ex-

emplarisch zeigen die Abbildungen 1 a bis c drei verschiedene Systeme. Bereits 1880 wurde von Siemens & Halske der elektrische Pflug (a) zum Patent angemeldet. Der selbstfahrende Pflug nimmt den Strom von einer Oberleitung, der Vortrieb erfolgt über zwei seitliche Staken (KAISERLICHES PATENTAMT 1880). Das bekannte Seilpflugsystem (b) wurde von der Maschinenfabrik Borsig mit einem elektrischen Motorwagen und einem (nicht gezeigten) Ankerwagen realisiert (BRUTSCHKE 1894). Für handgeführte Maschinen (c) wurde ebenfalls von Siemens & Halske eine einfach anmutende Kabellösung vorgestellt (DE GRUYTER et al. 1927).

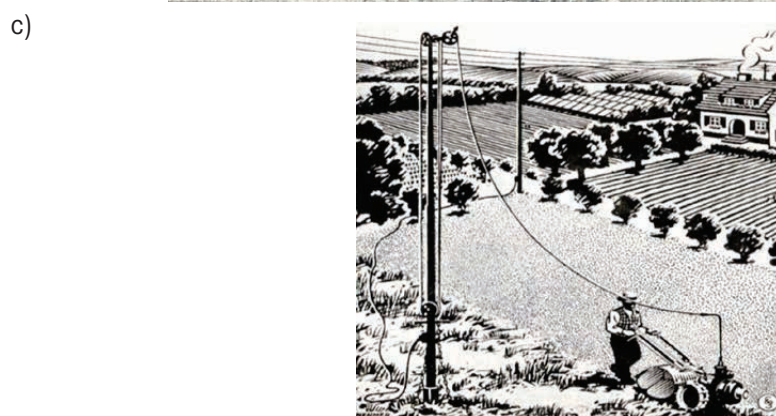
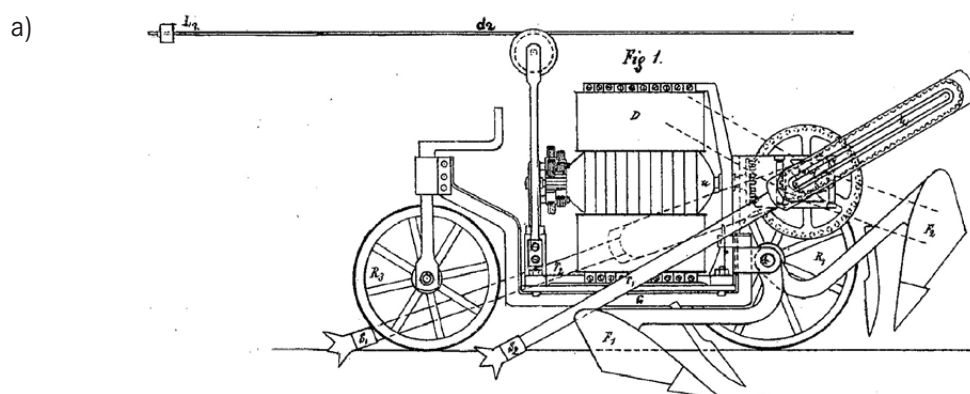


Abbildung 1: Frühe Lösungen für die elektrische Direktversorgung von Landmaschinen; a) Elektrischer Pflug von Siemens & Halske, (KAISERLICHES PATENTAMT 1880) b) Seilpflug mit elektrischem Motor- und Ankerwagen von der Maschinenfabrik Borsig (BRUTSCHKE 1894) c) Kabellösung für handgeführte Maschinen von Siemens & Halske, (DE GRUYTER et al. 1927)

Neues Konzept der Energieversorgung landtechnischer Systeme

Um zukünftig in der Landwirtschaft ohne fossile Energieträger Nahrungsmittel erzeugen zu können, kann also ein Lösungskonzept darin bestehen, die Maschinen bei der Feldbearbeitung in geeigneter Weise über eine oberirdische Leitung an ein elektrisches Versorgungsnetz anzuschließen. Ausgangspunkt der aktuellen Überlegungen ist der sogenannte „Center Pivot“, bekannt von den großen, häufig eine halbe Meile durchmessenden kreisförmig arbeitenden Beregnungsanlagen. Anlagen dieser Art und auch die überwiegend rechteckige Flächen überstreichenden „Linear oder Lateral Moves“ sind in vielen Regionen der Welt verbreitet und bestimmen dort bereits die Struktur und Abläufe der landwirtschaftlichen Produktion. Allein in den USA sind über 150.000 Center Pivots installiert, die durchschnittlich je eine Fläche von ca. 50 ha bewässern. Die Infrastrukturkosten hierfür betragen aktuell ca. 1.300 \$/ha (CLINE 2009).

Diesem Ansatz einer flächigen Verteilung folgend ist eine zentralisierte und flächige Energieversorgung von Feldern denkbar. Eine segmentweise aufgebaute Gestängestruktur rotiert langsam um eine zentrale Versorgungseinheit, von wo aus elektrische Energie, zentral am Pivot eingespeist, entlang des Gestänges radial bzw. durch deren Rotation flächig zur Verfügung gestellt wird. Unter dieser Versorgungsbrücke fahrend kann eine Landmaschine elektrisch permanent oder temporär andocken. Das Konzept ist nicht beschränkt auf kreisrunde Anlagen; Linearanlagen mit seitlicher Versorgung sind wie bei den Beregnungsanlagen ebenso realisierbar.

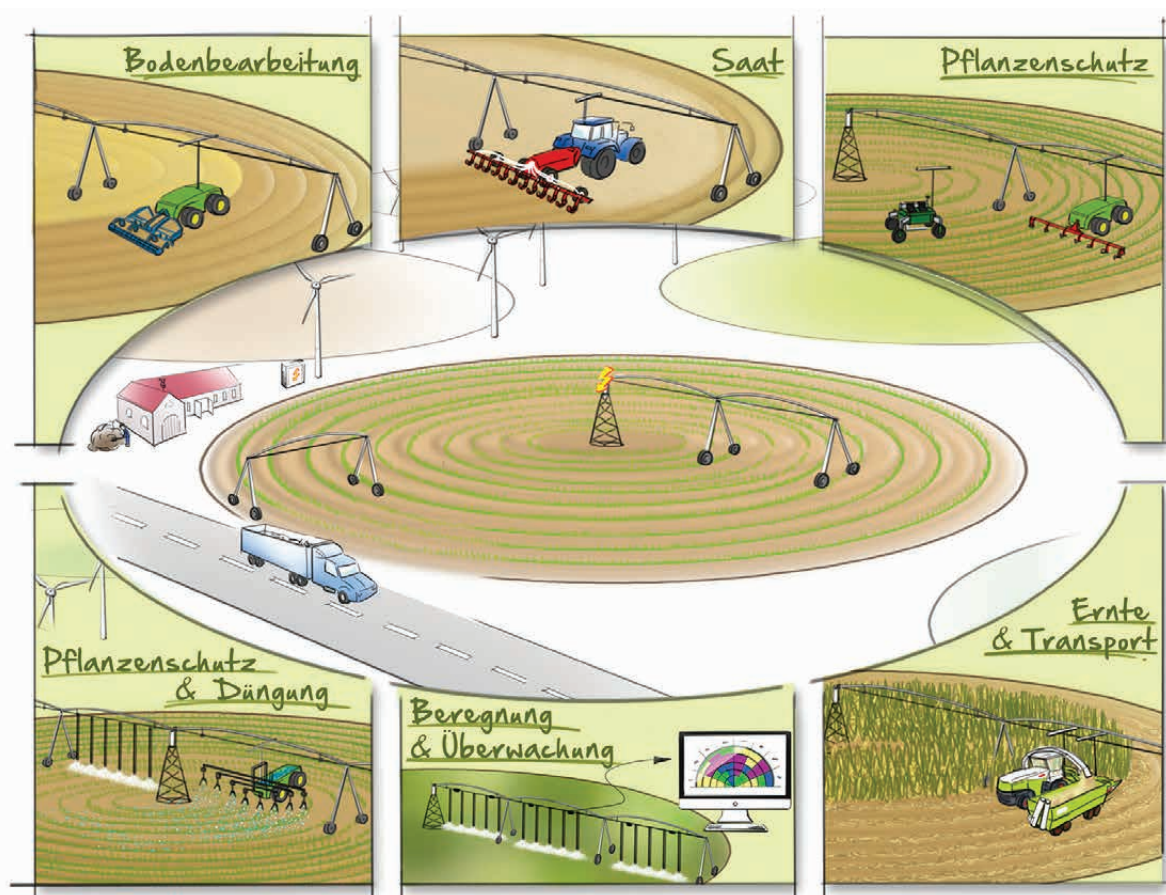


Abbildung 2: Direktversorgung mit elektrischer Energie im System der Feldbearbeitung; Visualisierung des Konzeptes „Center Pivot“

Anhand der skizzierten Bildergeschichte in Abbildung 2 können diverse Einzelaspekte erläutert werden. Im Mittelpunkt steht der landwirtschaftliche Betrieb mit seinen großen, hier kreisrunden, Feldern. Der Lösungsansatz setzt auf eine großflächige Landbewirtschaftung wie sie zur Sicherstellung der Welternährung erforderlich scheint und in weiten Bereichen bereits erfolgreich praktiziert wird. Es ist aber offensichtlich, dass im Sinne der durchgängigen Nachhaltigkeit beispielsweise monokulturelle Strukturen zu vermeiden sind. Die anlagenmäßig erforderliche Parzellierung der Flächen bietet hier entsprechende Möglichkeiten. Noch ein weiterer, zukunftsgerichteter Aspekt macht das Szenario bedenkenswert. Ausgehend von der Annahme, dass die Produktion von Grundnahrungsmitteln dort erfolgen sollte wo die Bevölkerung lebt – und weiter wächst – ist der vorgestellte Ansatz nicht nur in bestehenden Strukturen, sondern auch für neu zu schaffende Landbewirtschaftungen (z. B. in Afrika) eine der Lösungsoptionen.

Exemplarisch ist in Abbildung 2 die Verfahrenskette der Silomaisproduktion dargestellt. Ziel muss es sein, ein mindestens so produktives System wie es heute Stand der Technik ist zu schaffen und gleichzeitig aktuelle technologische Entwicklungstrends aufzunehmen. Die Bodenbearbeitung kann konventionell erfolgen, beispielsweise mit einem Grubber, der von einer autonom fahrenden Einheit gezogen wird. Aufgrund des hohen Energiebedarfs ist bei der Bodenbearbeitung von einer ständigen Stromzuführung zum Zugfahrzeug auszugehen. Das gilt auch für die Saat, die hier von einem klassischen Traktorgespann mit einer Einzelkornsämaschine durchgeführt wird, d. h. ein elektrisch angetriebener Standardtraktor ist einsetzbar. Wegen der erfolgskritischen Gerätekontrolle bei der Saat ist hier eine Bedienperson vorgesehen.

Maßnahmen zur Pflanzenpflege können dagegen wieder überwiegend technisch autonom erfolgen. Eine mechanische Hacke großer Arbeitsbreite wird von einem autonomen Fahrzeug gezogen oder aber es findet eine Einzelpflanzenbehandlung bzw. Bekämpfung von Unkrautnestern mit einem autonomen Kleinfahrzeug statt (BANGERT 2013). Dieses Fahrzeug kann batteriebetrieben sein und sich nach Bedarf zum Laden an die Stromversorgung andocken. Die Düngung oder auch der Pflanzenschutz können in flüssiger Form ggf. kombiniert mit der Beregnung über ein Leitungssystem direkt am Gestänge erfolgen. Granulate können mit Pneumatikstreuern, autonom gezogen, lokal und bedarfsgerecht ausgebracht werden. Die Beregnung der Felder ist der Ausgangspunkt der Systemüberlegungen mit Center Pivots und sozusagen Kerndisziplin der Anlage. Durch das wiederholte Überfahren der Flächen ist ein detailliertes Pflanzenmonitoring möglich. Neben einer präzisen Applikation lässt sich so der optimale Erntezeitpunkt bestimmen.

Im dargestellten Szenario erfolgt die Ernte mit der Standardmaschine, dem Feldhäcksler. Aufgrund der Leistungsfähigkeit und für eine optimale Prozessführung soll auf einen Systembediener nicht verzichtet werden. Die Feldlogistik hingegen wird durch autonom fahrende und selbstorganisierende Einheiten realisiert. Während der Parallelfahrt können die Überladefahrzeuge ebenfalls an die Versorgungsbrücke gekoppelt werden, elektrische Energie aufnehmen und ihre Batterien nachladen. Für die Fahrt zum Feldrand und zum Überladen des Häckselguts auf das Straßenfahrzeug erfolgt die Energieversorgung aus Batterien.

Notwendige Systemvoraussetzungen

Aufgrund der globalen Vielfalt von Regionen und Strukturen wird und kann es für die Landwirtschaft keine „One fits all“-Lösungen geben. Zumindest Adaptionen werden erforderlich sein und in kleinparzellierten Regionen ist der Einsatz der beschriebenen Anlagen ohne Flurbereinigung oder eine so-

genannte Gewannebewirtschaftung schwer vorstellbar. Die kritische Diskussion der modernen Landwirtschaft – speziell in Deutschland – könnte auch generell an einer möglichen Einführung solcher elektrischen Center-Pivot-Systeme zweifeln lassen. Insbesondere wird dem Erhalt der überbrachten Kulturlandschaft ein großer Stellenwert eingeräumt. Unter diesen Bedingungen mögen andere Formen der Energiebereitstellung, wie beispielsweise Ladestationen an naheliegenden Sammelpunkten für batteriebetriebene Fahrzeuge, die adäquate Lösung sein. In vielen Ländern der Welt besitzt die Landwirtschaft jedoch eine signifikante volkswirtschaftliche Bedeutung und die Sicherstellung der Ernährung hat gegenüber dem Erhalt des landschaftlichen Bildes einen höheren Stellenwert. Dort ist besonders in dünn besiedelten Regionen die Errichtung von Anlagen, wie hier skizziert, durchaus denkbar. Die große Anzahl von Center Pivots in den USA und z.T. auch bereits in Afrika, sind beredte Beispiele dafür. Speziell in Afrika wird es darauf ankommen, produktive Systeme zur Sicherstellung der Ernährung darzustellen.

Kommt es gemäß dem Szenario zu vorrangig elektrisch betriebenen Systemen in der Feldwirtschaft, so ist eine entsprechende Infrastruktur zur Versorgung der Feldanlagen bzw. der Ladestationen mit elektrischer Energie eine wesentliche Voraussetzung. In Abbildung 2 sind Windkraftanlagen abgebildet, die stellvertretend für eine nachhaltige und lokale Energieversorgung einschließlich möglicher Speicherlösungen (Smart Grid) stehen sollen. Die Installation des erforderlichen Leitungsnetzes zu den Feldern wird erhebliche finanzielle Investitionen und ggf. auch Aufwendungen für die Herstellung einer allgemeinen Akzeptanz notwendig machen. Verwiesen sei hier nur beispielhaft auf die über- oder unterirdische Verlegung von Stromtrassen.

Aber es sind weitere, vor allem technologische Voraussetzungen zu schaffen. Der Anschluss des jeweiligen Fahrzeugs an die Energiequelle erfolgt bei den beschriebenen Anlagen über Leitungssysteme in der Versorgungsbrücke. Ob hierfür der klassische Stromabnehmer oder eine berührungslose induktive Übertragung die bessere Lösung darstellt, müssen entsprechende Untersuchungen zeigen. Die Anlage erfordert zudem eine gewisse Flexibilität. Damit beim Arbeiten im Inneren der Kreisanlage diese außen nicht mit hoher Umfangsgeschwindigkeit zu fahren hat, müssen nach außen hin einzelne Segmente der Versorgungsbrücke abgekoppelt werden (Abbildung 2). Abbildung 3 zeigt ein wiederum stark vereinfacht skizziertes Anlagenkonzept als „Linear Move“. Auch wenn ein

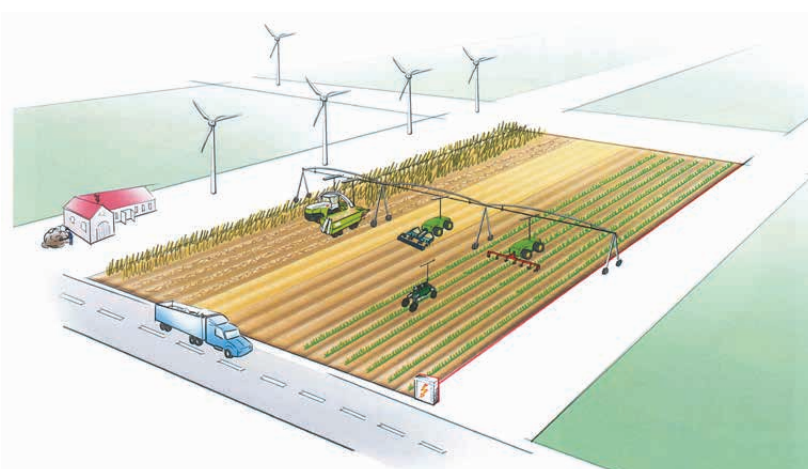


Abbildung 3: Direktversorgung mit elektrischer Energie im System der Feldbearbeitung; Visualisierung des Konzeptes „Linear Move“

Center Pivot – aus der Erfahrung der Beregnungstechnik – die einfachere Lösung darstellt, so kann zur leichteren Integration in vorhandene Strukturen und zur besseren Flächennutzung auch ein rechteckig arbeitendes System abgebildet werden. Die Energieübertragung auf die Versorgungsbrücke könnte dann induktiv über eine am Feldrand verlegte Bodenleitung erfolgen. Die Fragen nach der Sicherheit der direkten oder induktiven Leistungsübertragung sind zu adressieren. Im Einsatz befindliche Systeme im Nutzfahrzeugsektor zeigen bereits eine technische Beherrschbarkeit.

Wie kann das Umsetzen der Maschinen zwischen Feldern und Betrieben geschehen? Eine Lösungsoption wäre ähnlich der oben beschriebenen für die Überladefahrzeuge. Elektrische Speicher, die nicht auf den energieintensiven Prozesseinsatz ausgelegt sind, sondern nur für den relativ kurzen Transport, könnten auch hier die probate Lösung sein. Es sind allerdings auch Alternativen wie das Schleppen von Feld zu Feld möglich und zu bewerten. Bei durchgängiger Nutzung aller neuen Möglichkeiten, die das Konzept bietet, ist eine Vielzahl neuer Verfahrensvarianten und -kombinationen möglich. So ist das Controlled Traffic Farming (CTF), also das Fahren in immer gleichen Spuren, eine naheliegende Ausgestaltungsvariante. Bei weiterer Beschäftigung mit dem Systemansatz stellt sich auch die Frage nach den passenden Maschinenkonzepten. Bereits früher angedachte Lösungen wie Gantry-Konzepte oder auch multifunktional einsetzbare Triebkopflösungen sind in einem neuen Licht zu betrachten.

Potenzial für Automatisierung und Präzisionslandwirtschaft

Das konzipierte Bewirtschaftungssystem impliziert durch die kontrollierbare Begrenztheit der Anlage ein enormes Potenzial für die Automatisierung bis hin zur fast vollständig autonomen Feldbewirtschaftung. Durch das System kann es gelingen, den Pflanzenbau noch umweltfreundlicher und ressourcenschonender zu gestalten, indem der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie von Wasser weiter reduziert werden kann. Durch die exakte Lokalisierung und pflanzennahe Sensorführung kann, in Verbindung mit Bestandskarten und Felddokumentationssystemen, hochpräzise appliziert werden. Das Wissen über den genauen Standort einer Pflanze ermöglicht es, Krankheiten oder Unkrautdruck zielgenau zu bekämpfen, wodurch verstärkt mechanische Verfahren (z. B. das Hacken) eingesetzt werden können. In gleicher Weise können Maschinen in allen Anwendungen präzise und damit effizient geführt werden. Der Zustand des Feldes und des Bestandes ist an jedem Ort und zu jeder Zeit bekannt, sodass durch eine prädiktive Maschineneinstellung eine optimale Prozessführung realisiert werden kann.

Die vorgestellten Ansätze sind sicherlich auch kritisch zu diskutieren. Es finden sich, wie bei allen neuen Konzepten, auch schnell die vorgeblichen Argumente, warum eine Umsetzbarkeit nicht machbar erscheint. Diverse Aspekte wie Aufwand, Akzeptanz und Sicherheit, aber auch einzelne technische Fragestellungen werden im Beitrag angesprochen. Es könnte zudem die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bis hin zur CO₂-Bilanzierung oder einer Lebenszyklusanalyse gefordert werden. Es ist jedoch nicht das Anliegen dieses Beitrages, ein bestimmtes System durchzudeklinieren oder gar ideologisch verbrämt zu proklamieren. Am Beispiel des Center Pivots zur „Stromverteilung“ auf dem Feld soll aufgezeigt werden, dass es der Landtechnik mit innovativen Lösungen gelingen kann, für ihren Verantwortungsbereich visionäre Antworten auf die drängenden Fragen der Produktivitätssteigerung, des Klimawandels und der Ressourcenknappheit zu geben. Darüber hinaus soll gezeigt werden, dass bei systemischer Betrachtungsweise sowohl die vielfältigen Herausforderungen als auch die weitreichenden Chancen offensichtlich werden.

Schlussfolgerungen

Für eine nachhaltige Landwirtschaft werden Produktionssysteme benötigt, die gleichermaßen produktiv, effizient und emissionsarm sind. Dabei ist der gesamtheitlich systemische Blick auf die Aufgabenfelder „landwirtschaftliche Verfahren“, „betriebliche Gegebenheiten“ und „organisatorische Abläufe“ zwingend. Die zukünftigen Herausforderungen erscheinen derart groß, dass die evolutionäre Weiterentwicklung der Landtechnik sicherlich auch notwendig, aber in der bisherigen Form nicht mehr ausreichend ist. Es sind weitreichende Konzepte für innovative, standortgerechte Systemlösungen zu entwickeln. Die Zukunft der Feldbewirtschaftung auf Grundlage einer elektrischen Direktversorgung zu denken, stellt eine Option für landwirtschaftliche Produktionssysteme dar, die alle Aspekte der Nachhaltigkeit erfüllen könnte. Das Schaffen einer feldnahen, elektrischen Infrastruktur ist eine der erfolgskritischen Systemvoraussetzungen auch für andere elektrische Systemlösungen. Der vorliegende Beitrag soll mit der Darstellung der Ausgangslage und dem Beispiel eines unkonventionellen Lösungsansatzes die Diskussion und weitere Entwicklungen anregen.

Literatur

- Bangert, W.; Kielhorn, A.; Rahe, F.; Albert, A.; Biber, P.; Grzonka, S.; Haug, S.; Michaels, A.; Mentrup, D.; Hänsel, M.; Kinski, D.; Möller, K.; Ruckelshausen, A.; Scholz, C.; Sellmann, F.; Strothmann, W.; Trautz, D. (2013): Field-Robot-Based Agriculture: „RemoteFarming.1“ and „BoniRob-Apps“. In: 71. Tagung LAND.TECHNIK – AgEng 2013, Hannover, VDI-Verlag, VDI-Berichte 2193, S. 439–446
- Brutschke, F. (1894): Ein neuer elektrischer Pflug der Maschinen-Fabrik A. Borsig, Berlin, in Vorträge und Aufsätze über Elektrizität in der Landwirtschaft und den elektrischen Pflug, A. Borsig, Berlin, S. 30–33
- Cline, H. (2009): Center pivots gain favor in West. Western Farm Press, <http://westernfarmpress.com/irrigation/center-pivots-gain-favor-west>, Zugriff am 15.11.2014
- CTF Europe (2013): Wide Span Controlled Traffic Farming, <http://ctfeurope.com/2013/ws/>, Zugriff am 8.10.2014
- De Gruyter et al. (1927): Elektrizität in der Landwirtschaft. Siemens Handbücher. Band 12. Berlin/Leipzig
- DLG (2012): Welternährung. Welche Verantwortung hat Europa? Frankfurt am Main, DLG-Verlag
- Herlitzius, T.; Mueller, H.; Kranke, G.; Wittig, H.; Wolf, J. (2011): Concept Study of a Self Propelled Harvester versus a Modular System. Tagung LAND.TECHNIK 2011, VDI-MEG, 11.-12.11.2011, Hannover, S. 69–75
- Kaiserliches Patentamt (1880): Elektrischer Pflug, Siemens & Halske, Patentschrift Nr. 12869
- Kongskilde Industries (2013): Kongskilde Vibro Crop Robotti - Die Automatisierte Agrarplattform. <http://www.kongskilde.com/in/de-DE/News/Year%202013/09-09-2013%20-%20New%20automated%20agricultural%20platform%20-%20Kongskilde%20Vibro%20Crop%20Robotti>, Zugriff am 6.8.2015
- Rauch, N. (2012): Nachhaltigkeit – was ist das eigentlich? Herausforderungen und Potenziale für die Landtechnik. 70. Tagung LAND.TECHNIK 2012: Mit Erfahrung und Innovationskraft zu mehr Effizienz. Karlsruhe, 7. November 2012, Plenarvortrag, unveröffentlicht
- Robert, M.; Frerichs L. (2014): Autonomes Robotersystem für die Innenbewirtschaftung. In: 72. Tagung LAND.TECHNIK – VDI-MEG 2014, Berlin, VDI-Verlag, VDI-Berichte 2226, S. 255–261
- Schattenberg, J.; Harms, H.; Lang, T.; Batzdorfer, S.; Becker, M.; Bestmann, U.; Hecker, P. (2013): Datenaustausch in mobilen Maschinenverbänden zur echtzeitfähigen Positionierung. Landtechnik 68(5), S. 359–364

Autoren

Prof. Dr. Ludger Frerichs ist Institutsleiter und **Dipl.-Wirtsch.-Ing. Lars Thielke** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der TU Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, E-Mail: ludger.frerichs@tu-braunschweig.de

Hinweis

Das Thema wurde auf der VDI-Tagung LAND.TECHNIK 2014, Berlin, 19.–20. November 2014, vorgestellt und eine Kurzfassung im VDI-Bericht veröffentlicht (Bd. 2226, S. 315–323).