



PV GESTÜTZTE ELEKTRIFIZIERUNG DER LANDWIRTSCHAFT

DR. ERICH MERKLE
ENTWURF | NOVEMBER 2024

1. EIN EINSPARUNGSPOTENZIAL VON 1 MRD. LITER FOSSILEM DIESEL DURCH ELEKTRIFIZIERUNG LIEGT BRACH

Im stationären Bereich von landwirtschaftlichen Betrieben – also bei der Versorgung von Gebäuden und Anlagen aus Photovoltaik und Biogas, ist der Elektrifizierungsgrad bereits relativ hoch. Bei den Fahrzeugen sieht es dagegen anders aus, einfach weil es schwierig ist, den Strom auf mobile Maschinen zu bringen.

Dabei ist das Einsparungspotenzial dort sehr groß:

Die durchgängige Elektrifizierung von Landmaschinen mit niedrigem Leistungsbedarf könnten jährlich bis zu 1 Mrd. Liter an fossilem Diesel eingespart werden; das ist knapp die Hälfte der im Schnitt der Jahre 2016 bis 2020 in der Land- und Forstwirtschaft verbrauchten Kraftstoffmenge. Auf diese immense Menge hat Dr. Edgar Remmele vom Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) bei einem Fachkongress hingewiesen.

Das berechnete theoretische Potenzial ist vor allem deshalb so hoch, weil allein 24% des Kraftstoffs für Aufgaben im Bereich der Tierhaltung verbraucht werden, wo langfristig alle mobilen Arbeitsgeräte elektrifiziert werden könnten.

Dazu kämen leichte Feldarbeiten, wo mit 23% ein knappes weiteres Viertel des aktuellen Kraftstoffbedarfs durch konsequente Elektrifizierung substituiert werden könnte. Der Rest an möglicher Einsparung resultiert aus der zumindest teilweisen Elektrifizierung mittelschwerer Feldarbeiten mit einem Dieselbedarf zwischen 5 und 15 l/ha.

2. VORTEILE ELEKTRISCHER ANTRIEBE

Es gibt drei wesentliche Vorteile des elektrischen Antriebs gegenüber dem klassischen Verbrennungsmotor:

1. **Elektrische Systeme**, also insbesondere Traktoren plus Anbaugeräte, sind besser dynamisch regelbar und können damit präziser als mechanische oder hydraulische Antriebe arbeiten. Mit Hilfe von Servomotoren können z.B. Sämaschinen eine genauere Saatgutablage bei hoher Geschwindigkeit erreichen und dies sogar im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitung z.B. während des Häckselns.
2. **Elektrische Antriebe** arbeiten deutlich genauer, weil sie Sensorik beinhalten, etwa zur Erfassung des Drehmoments und der Motordrehzahl.
3. **Vollelektrische Maschinen** arbeiten zuverlässiger und praktisch verschleißfrei. In Summe ergibt sich dadurch ein höherer potenzieller Automatisierungsgrad bei reduzierten variablen Betriebskosten.

Interessant ist die Tatsache, dass die Elektrifizierung inzwischen ein globaler Trend ist, gerade auch in den Ländern, in denen kleinere mobile Landmaschinen mit einem geringeren Leistungsbedarf im Einsatz sind wie z.B. in Indien. Dort unterstützt die Regierung massiv die Elektrifizierung ländlicher Regionen durch PV-Anlagen. Der dort produzierte Strom kann dann direkt in der Landwirtschaft genutzt werden.

3. ENTWICKLUNG IM BEREICH DER BODENBEARBEITUNG

3.1 Ein riesiges Potenzial liegt brach



Abbildung: Fendt E-Vario 100 (Foto Werksbroschüre)

Ca. 300.000 Traktoren sind in der deutschen Landwirtschaft im Einsatz nach Zahlen des Kraftfahrtbundesamts, jährlich werden ca. 30.000 neu zugelassen, über 90 % als Ersatzbeschaffungen. Diese und die anderen Landmaschinen verbrennen 2 Milliarden Liter Diesel. Die dadurch erzeugten 5 Millionen Tonnen CO₂ verursachen ca. 7 % aller Klimaemissionen des Agrarsektors.

Leichte E-Traktoren mit bis zu 100 kW Leistung die in Ställen und bei der Hofarbeit sowie z.B. im Gemüseanbau oder im Weinbau genutzt werden sind verfügbar. Alle großen Landmaschinenhersteller haben bereits Modelle im Angebot. Unser Bild zeigt den Fendt E-Vario 100.

In Schweden das bereits für das Jahr 2030 eine fossilfreie Landwirtschaft zum Ziel hat, ist die Umstellung auf elektrische Antriebe auf vielen Höfen schon erfolgt. Dort wird der von Arvid Ördre entwickelte Traktorarvid mit 88 kW häufig eingesetzt. Dieser ist auch für Feldarbeiten geeignet. Die Entwicklungen dort zeigen die Richtung vor: Die in der Entwicklung befindlichen Modelle fahren selbstständig und tauschen auch ohne menschliche Eingriffe den Akku aus, der dann in der Ladestation auf dem Hof oder im Feld wieder geladen wird.

Aber auch kleinen Traktoren kann in Zukunft eine große Bedeutung zukommen. Indien ist ein gutes Beispiel für diese Entwicklung. Dort gibt es über 1,2 Millionen landwirtschaftliche Betriebe. Schon heute ist der meistverkaufte Traktor in Deutschland der indische Solis 26 mit über 1.000 verkauften Exemplaren. Der Kleintraktor hat 26 PS. Inzwischen gibt es auch eine elektrische Variante.

Im Jahr 2022 stellte das Start-up Celestial e-mobility Indiens erste Elektrotraktoren vor: Das Unternehmen aus Hydera-

bad bietet drei kleine Baureihen mit Leistungen von 27 bis 55 PS zu Preisen zwischen 7.000 und 10.000 € die auch im Betrieb weniger kosten als vergleichbare Traktoren mit Verbrennungsmotor. Die Maschinen können an einer herkömmlichen 16-Ampere-Steckdose in sechs Stunden, mit einer industriellen Infrastruktur in zwei Stunden voll aufladen. Die Reichweite einer Ladung liegt bei 75 km, durch Wechselakkus kann fast ohne Unterbrechung gearbeitet werden. Die Traktoren verfügen über Zapfwelle, Hydraulik und Allradantrieb und bieten ein Spitzendrehmoment von 53 Nm.

3.2 Elektrische Systeme: präzise, wirtschaftlich und klimaneutral

Traktoren mit Elektroantrieb sind nicht nur deswegen interessant, weil Strom im Vergleich zum üblichen Diesel ein günstiger und im Idealfall CO₂-freier Treibstoff ist. Elektroantriebe haben einen wesentlich geringeren Wartungsaufwand und gelten als besonders zuverlässig. Außerdem lassen sich Elektromotoren sehr präzise ansteuern und liefern genauere Sensordaten, etwa zu Drehmoment und Motordrehzahl. Elektroantriebe fungieren in Verbindung mit genauen GPS Positionsdaten als Wegbereiter für „Precision Farming“ und die zunehmende Automatisierung in der Landwirtschaft. Beispiele sind Sähmaschinen (z.B. ExactEmerge von John Deere), deren Genauigkeit der Kornablage bei hoher Geschwindigkeit nur mit Hilfe von Servomotoren erreicht werden kann.

Fazit: Vollelektrische Maschinen arbeiten präziser und zuverlässiger als Aggregate mit Verbrennungsmotoren und sind zudem fast verschleißfrei.



3.3 Die notwendigen Änderungen der Bodenbearbeitung sprechen für E-Traktoren

Im Vergleich zu schweren, konventionellen Traktoren bieten elektrisch betriebene, leichte Modelle nicht nur eine ökologischere Lösung, sondern verbessern auch die Wendigkeit auf dem Feld. Diese Traktoren minimieren nicht nur den Ressourcenverbrauch, sondern reduzieren auch die Bodenverdichtung, was besonders auf kleineren und hügeligen Anbauflächen von Vorteil ist. Der Bodendruck hat bei den immer größeren Maschinen eine wachsende Bedeutung. Als neuer Ansatz wird daher der Einsatz mehrerer kleiner Arbeitseinheiten diskutiert, dem sogenannten Feldschwarm. Statt einer riesigen Landmaschine nutzt man kleine Roboter, die untereinander kommunizieren und möglichst effizient zusammenarbeiten. In der Summe leisten die Roboter dann das Gleiche wie die große Maschine, belasten den Boden aber viel weniger stark.

Ein weiterer großer Trend ist die Einzelpflanzenerkennung und -behandlung. Bislang wird nach dem Gießkannenprinzip vorgegangen und der gesamte Acker gespritzt und gedüngt. Das große Ziel ist aber, umwelt- und ressourcenschonend vorzugehen und jede einzelne Pflanze so zu versorgen, wie es für sie nötig ist.

Schon heute können Teile des Ackers erkannt und teilflächenspezifisch unterschiedlich behandelt werden. Dies wird als „Precision Farming“ bezeichnet. Die Maschinen und Geräte für das Precision Farming verwenden zur Positionsbestimmung Navigationssysteme und GPS-Empfänger die auf mittels geografischer Informationssysteme erstellte „digitale Karten“ zugreifen.

In der nächsten Stufe, der angestrebten Einzelpflanzenerkennung, muss ein Roboter zum Beispiel zwischen Nutzpflanzen oder Unkraut differenzieren können, um entsprechend zu reagieren. Danach kann der Roboter auch lernen, was genau die Kulturpflanze benötigt und ob sie zum Beispiel krank ist. Für große Ackerflächen ist das noch Zukunftsmusik, im Gemüsebau wird das aber jetzt schon erfolgreich eingesetzt.

Aber es ist nicht nur die Landtechnik, die die Landwirtschaft nachhaltiger macht.

Notwendig ist weiter eine Neubewertung des Bodens. Jeder Landwirt hat ein Interesse daran, dass der Boden als sein wichtigstes Produktionsmittel gesund, aber auch produktiv ist. Früher wurde intensiv gepflügt. Da das Pflügen der energieaufwändigste Teil in der Landwirtschaft ist, ist diese intensive Bodenbearbeitung mit einem hohem Ressourceneinsatz und hohen CO₂ Emissionen verbunden. Heute nutzt man in den meisten Fällen die sogenannte konservierende Bodenbearbeitung, bei der sehr viel weniger CO₂ freigesetzt wird. Der Boden wird dabei zum Beispiel mit Scheibeneggen oder sogenannten Grubbern bearbeitet, die die Erde auflockern, aber nicht umpflügen.

Dadurch werden die Bodenstruktur und das Kapillarsystem besser erhalten. Das ist gerade in Gegenden mit wenig Niederschlag wichtig, weil Feuchtigkeit im Boden gehalten wird und nicht so schnell verdunstet. Da hierfür wesentliche leichtere Maschinen gebraucht werden, ist die Notwendigkeit, schwere Traktoren vorzuhalten, viel geringer.

4. ELEKTRIFIZIERUNG VON HÖFEN DURCH EIGENSTROM

Die skizzierten Entwicklungen treiben die Agrarbranche in Richtung Nachhaltigkeit und Effizienz. In diesem Zusammenhang stehen der verstärkte Einsatz von Photovoltaik als Treiber für die Elektrifizierung von Höfen durch Eigenstrom verbunden mit innovativen Technologien insbesondere bei der Batterie- und Ladetechnik.

Die Landwirtschaft war insbesondere in Süddeutschland ein starker Motor für die dynamische Entwicklung der PV-Ausbauzahlen. Die Entwicklung war in den Jahren 2005 bis 2012 besonders dynamisch aufgrund der im Vergleich zu den Installationskosten relativ hohen Einspeisevergütung. Eine Eigennutzung des erzeugten Stroms war in diesen Jahren nicht wirtschaftlich. Ein Umdenken erfolgte erst aufgrund der starken Steigerung der Strompreise in den letzten Jahren, insbesondere aufgrund des Ukrainekriegs. Diese führte dazu, dass etablierte Geschäftsmodelle z.B. im Obst- und Kartoffelanbau sich aufgrund der monatelangen Kühlung bis zur Vermarktung (bei Äpfeln bis zu 6 Monaten) oft nicht mehr rechneten.

Diese Entwicklung ist eine der Ursachen für das große Interesse, das eine hofnahe Erzeugung von PV Strom z.B. durch AgriPV Anlagen erfährt.



Abbildung: Hofnahe TrackerPV Anlage (©GridParity AG)



Abbildung: Hofnahe BerryPV Anlage (©GridParity AG)

Dass eine Elektrifizierung von Höfen auch wirtschaftlich außerordentlich interessant ist, zeigt die nachfolgende Fallstudie einer 1,5 MW PV-Trackeranlage einschließlich einer 2 MWh großen Batterie zur Eigennutzung des erzeugten Stroms im Betrieb z.B. von Kühlanlagen sowie der Laden der E-Maschinen.

Hofnahe Stromerzeugung AgriPV Tracker	1,5 MWp
Kosten AgriPV Trackeranlage mit elektrischer Installation	1,1 Mio. €
Kosten Batteriecontainer 2MWh einschl. AC Installation Ladetechnik	0,8 Mio. €
Stromproduktion p.a.	2.300 MWh
Stromkosten bei 3% Zinsen, Abschreibung 15 Jahre	8,2 ct/kWh
Betriebskosten je Traktorstunde (50kW) im Vergleich zu Diesel	10 %

5. NEUE FORMEN DER KOOPERATION

Die obige Investition könnte auch von einer lokalen Energiegemeinschaften durchgeführt werden, die den erzeugten Strom den Mitgliedern direkt zur Verfügung stellt und Überschüsse in den gemeinsamen Speicher einspeist. Diese Batteriezentren können zentral im Ort oder auch dezentral verteilt an Knotenpunkten verschiedener Felder installiert werden. Die elektrischen Landmaschinen können diese selbstständig ansteuern zum Laden oder zum Tausch von Batterien.

Darüber hinaus können die Speicher Lastmanagement-Dienstleistungen erbringen und dadurch bei der Entlastung des Stromnetzes mithelfen sowie interessante Zusatzerträge erwirtschaften. Für entlegene Regionen ist das ein absolutes Zukunftsmodell. Es ermöglicht, den Anteil erneuerbarer Energien zu erhöhen und unter Beibehaltung des Stromnetzes bis zu einem gewissen Grad autark zu sein.



GridParity AG
next generation photovoltaic

Ohmstr. 7, 85757 Karlsfeld
GERMANY

www.gridparity.ag
www.agripv.de

agripv@gridparity.ag
Tel: +49 (0) 8131 3307 560
Fax: +49 (0) 8131 3307 737



weitere Informationen und technische Details finden Sie in unserem AgriPV Katalog.