

# Möglichkeiten zum Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik

Dipl.-Ing. Ewald Luger  
HBLFA Francisco Josephinum / Wieselburg

Der geplante Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik wird ohne alternative Kraftstoffe und neue Antriebssysteme für Traktoren und selbstfahrende Erntemaschinen nicht möglich sein. Klimaneutralität in Österreich bis 2040 ist das vorgegebene Ziel des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Möglichkeiten dieses Ziel zu erreichen, wie weit die Entwicklungen sind, ob und wie man es schaffen kann und welche Risiken damit verbunden sind, wird in diesem Artikel kurz zusammengefasst.

## Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch eines Traktors

Der Kraftstoffverbrauch eines Traktors wird von vielen technischen Parametern beeinflusst. Das sind beispielsweise Motor, Getriebe, Reifen, Volllast, Teillast, Art des Einsatzes wie Pflügen oder Transportfahrt, in der Ebene oder am Hang. Einen meist noch größeren Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch haben Prozessparameter wie Bodenbearbeitung mit Pflug oder pfluglos, Arbeitstiefe, Fruchtfolge, Ballast, Feldgröße, stumpfe oder scharfe Werkzeuge, Reifendruck, Überlappung, Wetter, Wartung und der Fahrer selbst.

## Kraftstoffeffizientere Dieselmotoren

Kraftstoffeffizientere Dieselmotoren sind in Entwicklung. Dass eine Wirkungsgradsteigerung auf 50 % möglich ist, konnte mit Prototypen nachgewiesen werden. Sind aber gleichzeitig auch noch strenge Emissionsvorgaben einzuhalten, so ist dies nur mit einem Kraftstoffmeherverbrauch möglich. Traktoren mit Diesel-Elektro Hybridantrieb werden wohl auch in Zukunft eine robuste, zuverlässige und kostengünstige Lösung sein. Ein CO<sub>2</sub> neutraler Betrieb wird durch erneuerbare Kraftstoffe ermöglicht.

## Biokraftstoffe, Methylester, Beimischungen zu fossilem Diesel

Biokraftstoffe, Methylester und Beimischungen zu fossilem Diesel gibt es schon heute. Generell erfordert Pflanzenölkraftstoff jedoch Modifikationen des Motors. Vergleicht man die Kosten von Rapsöl/Liter, so ist Sojaöl etwa um 10 Cent/l und Palmöl um 20 Cent/l billiger. Die gesetzliche Beimischung von 7 Vol. % Biodiesel zu fossilem Diesel führte aus Kostengründen zu einer hohen Nachfrage an Palmöl und – um riesige Palmölplantagen anzulegen – zur Abholzung von Regenwald. Fossilem Benzin kann Bioethanol beigemischt werden. Die Herstellung von Bioethanol kann aus Zuckerrohr, Zuckerrübe, Getreide, Kartoffeln, Mais, ... erfolgen.

## Biokraftstoffe der zweiten Generation

Biokraftstoffe der zweiten Generation sind eine weitere Alternative. Pflanzliche Abfälle, landwirtschaftliche Reststoffe, Hackschnitzel, Altspeiseöl, ... werden zu flüssigem Kraftstoff umgewandelt. So kann z. B. aus Weizenstroh Kraftstoff hergestellt werden. Aus einem Großballen Maisstroh können 160 Liter Bioethanol hergestellt werden. Dieses ist mit Benzin mischbar und kann in Ottomotoren verwendet werden. Der Nachteil von Biokraftstoffen der zweiten Generation sind die hohen Kosten.



*Aus in einem Großballen Maisstroh können 160 Liter Bioethanol hergestellt werden  
Quelle. Ewald Luger*

### **Methanbetriebene Traktoren**

New Holland hat 2019 den weltweit ersten Serientraktor mit Methantrieb vorgestellt. Erdgas hat einen Methan-gehalt von 89 % bis 98 % und Biogas von etwa 52 % bis 65 %. Landwirte können aus Energiepflanzen und landwirtschaftlichen Abfällen Biomethan herstellen. Dieses muss dann entsprechend aufbereitet und verdichtet werden.

### **Antrieb elektrifizierter Anbaugeräte**

Anbaugeräte, die über Elektromotoren angetrieben werden, oder elektrisch angetriebene Triebachsen von Anhängern wie z.B. einem Güllefass, haben ein großes Potential der Energieeinsparung. Strom, der von einem Generator am Traktor erzeugt wird oder aus Batterien kommt, dient so dem elektrischen Antrieb von Landmaschinen.

Das Fendt X Concept verwendet 700 V DC, also Gleichstrom. Dieser muss erst durch einen Wechselrichter auf dem jeweiligen Anbau-/Anhängegerät in Drehstrom umgewandelt werden. John Deere eAutoPowr Transmission nutzt 480 V AC, Wechselstrom und Wechselrichter sind dabei auf dem Traktor. Jedes System hat seine Vorteile und Nachteile.

### **Traktoren mit Hybridantrieb**

Weiter sind auch Traktoren mit Hybridantrieb in Entwicklung. Diese bestehen aus einem Dieselmotor und einem Elektromotor mit Batterie. Die Batterieladung erfolgt, wenn der Diesel im unteren Leistungsbereich betrieben wird oder auch durch Rekuperation, also der Energie-rückgewinnung aus Bremsenergie. Für kürzere Strecken, beispielsweise in Gebäuden, ist ein vollelektrischer Antrieb möglich. Für größere Leistungen wird der Energiebedarf durch den Dieselmotor gedeckt.

2019 wurde von der Firma Steyr ein Konzept mit einem Hybrid-Elektro-Antrieb und Dieselmotor mit 150 kW vorgestellt. Ein Generator, speist entweder die Batterie oder die Radnabenmotoren. Die maximale Leistung des Traktors beträgt kurzzeitig 340 PS. Der Antrieb elektrischer Anbaugeräte erfolgt mit 700 V und 48 V.

Der Landini REX4 Electra ist ein kompakter Hybridtraktor mit einem 110 PS Dieselmotor, der über einen Generator und eine Batterie die elektrisch betriebene Vorderachse antreibt. Durch das Power-Managementsystem gibt es mehr Kraftstoffeinsparung, einen besseren Lenkwinkel und mehr Stabilität.

## Batterieelektrische Traktoren

Batterieelektrische Antriebe besitzen einen hohen Wirkungsgrad – je nach Leistung – von 80% und darüber. Bei batterieelektrischen Traktoren der ersten Entwicklungsstufe wurde der Dieselmotor einfach durch einen Elektromotor ersetzt. Die heutigen Antriebsgetriebe und der Aufbau des Traktors bleiben weitgehend unverändert. Elektrotraktoren der zweiten Entwicklungsstufe werden auf einer komplett neuen Traktorstruktur aufgebaut. Batterieelektrische Traktoren sind bereits seit einiger Zeit auf dem Markt, so z.B. der Farmtrac 25G aus Indien. Mehrere Elektrotraktoren sind in Entwicklung, z.B. der Fendt e100 Vario.

Der Solectrac eUtility ist ein reiner Elektrotraktor und seit mehreren Jahren in den USA auf dem Markt erhältlich. Die Nennleistung beträgt 29 kW, die Lithium-Ionen-Batterie hat eine Kapazität von 28 kWh. Der Rigitrac SKE 40 Electric wird in der Schweiz entwickelt und verfügt über eine Nennleistung von 40 kW sowie eine 50 kWh Lithium-Ionen-Batterie. Ende 2022 werden die ersten Traktoren verfügbar sein. ZY Electric Tractor ist ein Traktorenhersteller in der Türkei. Der Serienstart des Elektrotraktors mit einer Nennleistung von 97 kW und 95 kWh Batterie war im Herbst 2022.



*Electric Tractor Icon*

Quelle: FJ – BLT Wieselburg

Ein Schlüsselpunkt bei elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist der Batteriepreis. Innerhalb von 10 Jahren (von 2010 bis 2019) sind die Kosten einer Lithium-Ionen-Batterie um fast 90 % gesunken. Auf Grund der Verwendung neuer Materialien werden die Kosten von Lithium-Ionen-Batterien weiter sinken.

**Batteriekapazität:** Die Batteriekapazität eines Traktors muss nicht unbedingt für eine Arbeitszeit von 8 bis 12 h ausgelegt sein. Batterie-Schnellwechselsysteme ermöglichen eine leere Batterie innerhalb weniger Minuten durch eine aufgeladene Batterie auszutauschen. Leere Batterien könnten z.B. am Feldrand durch eine Windkraft- oder Solarstrom-Ladestation aufgeladen werden. Batterien können herkömmliche Ballastgewichte ersetzen, beispielsweise ein Frontballastgewicht. Diese Batterien können auch doppelt genutzt werden – sie können auch als stationärer Stromspeicher im Hofbereich verwendet werden.

Auch die Batterieladezeit ist ein Schlüsselpunkt. Heute dauert das Normalladen von Lithium-Ionen-Batterien rund 8 Stunden. Das Schnellladen auf 80 % der vollen Ladung dauert 1 bis 2 Stunden. In Entwicklung sind Batterietechnologien, die bereits in wenigen Jahren eine Schnellladung in 10 bis 15 min ermöglichen, ohne dabei die Lebensdauer der Batterien zu verkürzen.

## Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle

Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle sind auch eine Option. Brennstoffzellen sind leichter als Batterien und ein Auto kann in fünf Minuten mit Wasserstoff betankt werden. Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle sind in Entwicklung. Der EOX H2trac EXO - 175 wird in den Niederlanden entwickelt. Der Traktor hat eine Wasserstoff Brennstoffzelle und eine Nennleistung von rund 130 kW.

Wasserstoff kann durch Elektrolyse von Wasser durch elektrochemische Spaltung in Wasserstoff ( $H_2$ ) und Sauerstoff ( $O_2$ ) hergestellt werden. Die Elektrolyse sollte vorzugsweise mit erneuerbarem Strom aus Sonne, Wind- oder Wasserkraft erfolgen. Der Wirkungsgrad des Elektrolyseprozesses liegt bei bis zu 75 %. Wasserstoff kann auch aus Erdgas hergestellt werden. Beim Cracken von Methan ( $CH_4$ ) wird es in die Bestandteile Wasserstoff ( $H_2$ ) und Kohlenstoff (C) zerlegt. Gasförmiges  $H_2$  ist aufgrund der geringen volumetrischen Dichte nicht praktikabel. Es muss komprimiert und gekühlt werden. Dieser Prozess ist zu etwa 90 % effizient. Flüssigwasserstoff benötigt etwa die 5-fache Tankgröße im Vergleich zu Diesel (Drucktank versus druckloser Tank). Eine Brennstoffzelle wandelt  $H_2$  wieder in elektrische Energie um. Der Wirkungsgrad von Brennstoffzellen liegt derzeit in mobilen Anwendungen bei 60 %.

## Wasserstoff-Verbrennungsmotor

Mehrere Hersteller von Verbrennungsmotoren haben Motoren für den Betrieb mit reinem Wasserstoff angepasst. Der Deutz Wasserstoffmotor ist ein 6 Zylinder-Motor mit einer Nennleistung von 200 kW. Er ist marktreif und wird voraussichtlich im Jahr 2024 erhältlich sein. Er erfüllt die EU Kriterien für CO<sub>2</sub>-freie Motoren und ist für stationäre Anlagen, Generatoren und den Bahnverkehr vorgesehen.

## eFuels

Herstellung von eFuels: Im sogenannten Power-to-Liquid (PtL) Verfahren wird aus erneuerbarem Strom durch Elektrolyse Wasserstoff (H<sub>2</sub>) erzeugt. H<sub>2</sub> wird mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) vermischt und im Fischer-Tropsch-Verfahren chemisch verflüssigt. Dadurch entsteht synthetischer Kraftstoff, der zu eFuels, Heizöl, Diesel, Kerosin etc. weiterverarbeitet werden kann.

Als synthetische Kraftstoffe, die aus regenerativer Energie hergestellt werden, sind eFuels ein wichtiger Schlüssel zu nachhaltiger Mobilität. eFuels sind klimaneutral und sie sind eine Lösung, um fossile CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden. Durch eFuels können sowohl neue, als auch alte Fahrzeuge klimaneutral betrieben werden.

## Autonomes Arbeiten mit Roboter

Selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten ermöglicht z.B. der elektrische Monarch Tractor aus den USA. Die Fahrt auf öffentlichen Straßen erfolgt mit Fahrer. Autonom ist der Monarch Traktor auf dem Feld im Einsatz. Autonome Funktionen gibt es auch für Flotten- bzw. Schwarmeinsatz. Damit ist ein 24h / 7Tage Betrieb möglich.

Für selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten und auch in Schwärmen ist der kleine elektrische Feldroboter Fendt Xaver konzipiert. Er ist im Prototypenstadium und für Schwarmtechnik ausgelegt. Mehrere dieser Roboter arbeiten völlig autonom, effizient und mit hoher Präzision zusammen. Der Grundgedanke ist Vereinfachung, wenige Sensoren, robuste Steuerung und eine klare Struktur.

John Deere Deutschland hat einen Prototyp einer kompakten Antriebseinheit als Ersatz für einen großen Traktor in Entwicklung. Die ultra-kompakte Antriebseinheit hat einen elektrischen Antrieb, ist sehr wendig, hat 500 kW Maximalleistung, kann mit Raupenbändern für einen besseren Bodenschutz versehen werden und ermöglicht eine volle Integration von Traktor/Anbaugerät.

Selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten erlaubt auch ein Roboter mit Solarantrieb. Der FarmDroid ist eine dänische Entwicklung und ist auf dem Markt erhältlich. Der FarmDroid ist ein Sä- und Hackroboter mit Solarantrieb. Er speichert die exakte Position der Saatgutablage und ermöglicht damit eine punktgenaue mechanische Unkrautbekämpfung. Bis zu 24 h täglicher CO<sub>2</sub>-neutraler Betrieb ist bei ausreichend Sonneneinstrahlung möglich.

Zahlreiche weitere autonome Traktoren und Feldroboter sind in Entwicklung. Für selbständiges und autonomes Arbeiten sind derzeit die notwendigen Sicherheitsanforderungen in Ausarbeitung. Wie weit Felder und Flächen für den Betrieb autonomer Feldroboter eingezäunt werden müssen, ist noch in Diskussion. Ein geringes Sicherheitsrisiko besteht bei autonomen Feldrobotern mit einer Fahrgeschwindigkeit unter 1 km/h und einem Gewicht unter 1000 kg.

### Ist ein Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik möglich?

Die technische Entwicklung schreitet voran. Es stehen zukünftig verschiedene Optionen zur fossil-freien Energieversorgung zur Verfügung. Allerdings werden Traktoren und selbstfahrende Erntemaschinen im Gegensatz zu PKW oder LKW nicht alle 5 bis 10 Jahre durch neue ersetzt, sondern nur alle 10 bis 25 Jahre. Klimaneutralität für landwirtschaftliche Traktoren und

Maschinen in Österreich bis 2040 ist ein sehr ehrgeiziges Ziel. Ein Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik bis 2040 wäre nur durch den Einsatz einer ausreichenden Menge an eFuels möglich, die Kosten dafür würden aber sehr hoch sein.



HBLFA Francisco Josephinum  
Wieselburg

# LANDWIRTSCHAFTLICHES TAGEBUCH 2023

mit Mondkalender

Mensch + Tier

Haus + Hof

Wald + Flur



**WER GUT SÄT.....  
.....DER AUCH  
GUT ERNTET!**

**Raiffeisen.  
Meine Bank**



Einzelpreis € 14,-