

# Alternative Antriebssysteme

für die Land- und Forstwirtschaft



Mit Unterstützung von Bund und Europäischer Union

 Bundesministerium  
Land- und Forstwirtschaft,  
Regionen und Wasserwirtschaft

**LE 14-20**  
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer  
Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des  
ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in  
die ländlichen Gebiete.



# Alternative Antriebe

Mit welchem Kraftstoff soll Ihr Traktor in Zukunft fahren?

Elektrisch



Pflanzenöl

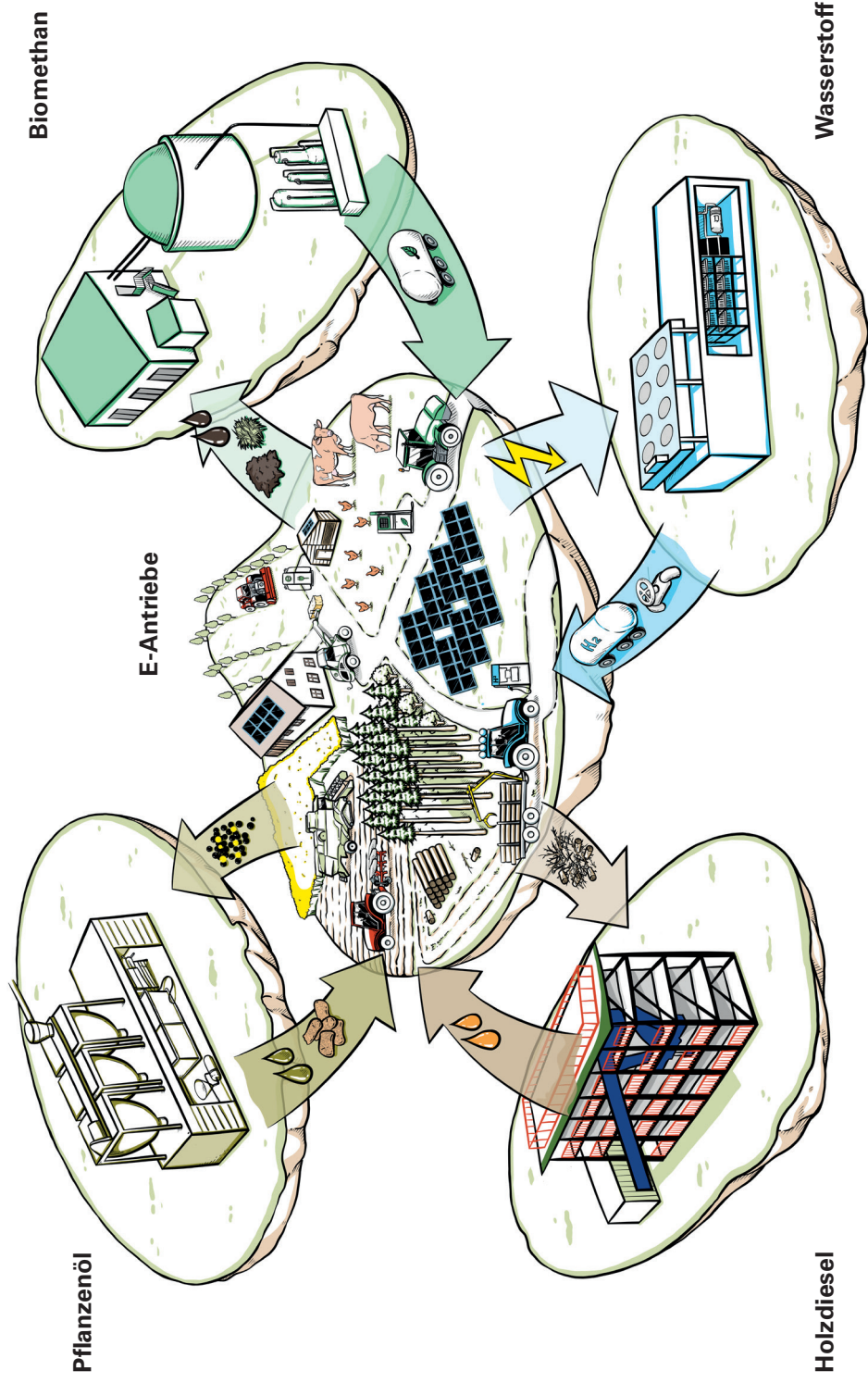


Biomethan



# Alternative Antriebe für Landmaschinen

Welche klimafreundlichen Antriebstechniken gibt es für die Land- und Forstwirtschaft?



# Alternative Antriebe

für die Land- und Forstwirtschaft

Was die Landwirtinnen und Landwirte in Österreich antreibt, ist die sichere Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln. Doch die aktuellen geopolitischen Krisen dieser Erde zeigen, dass diese gewohnte Lebensmittelversorgungssicherheit auf wackeligen Beinen steht. Denn wenn der Öl- und Glasfluss aus dem Ausland zum Erliegen kommt, stehen die Traktoren auf den Feldern still. Diese Tatsache ist Anlass genug, um über folgende Fragen nachzudenken: Wie wollen wir unsere Traktoren in Zukunft betanken? Wie können wir die dafür notwendige regionale Energieversorgung sicherstellen?

Für die Bewirtschaftung von Österreichs Wiesen, Äckern, Wäldern, Wein- und Obstgärten sind rund 383.400 Traktoren und 9.400 Erntemaschinen im Einsatz, die zu mehr als 90 Prozent mit fossilem Dieselmotorkraftstoff betrieben werden. Die Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen beziffert den Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft mit 350 Millionen Litern pro Jahr. Diese Menge ist bis zum Jahr 2040 durch biogene Kraftstoffe oder alternative Antriebslösungen zu ersetzen.

Die Landtechnikfirmen tüfteln an unterschiedlichen Lösungen zur Dekarbonisierung des landwirtschaftlichen Fuhrparks. Allerdings unterscheiden sich die Anforderungen in diesem Bereich grundsätzlich von jenen im PKW-Sektor. Während Elektromotoren und Lithium-Ionen-Akkus bei Hofladern, Staplern oder Weinbautraktoren bereits im praktischen Einsatz sind, ist ihre Eignung für leistungsstarke Traktoren noch völlig offen. Und ihr Einsatz in Feldhäckseln, Harvestern und Mähdreschern ist aus heutiger Perspektive eine völlige Utopie. Aus diesem Grund sind praxistaugliche Lösungen abseits der Elektrifizierung, in Form von biogenen und synthetischen Kraftstoffen, für die Land- und Forstwirtschaft unverzichtbar.

Egal ob Elektro-, Wasserstoff-, Pflanzenöl- oder Biomethan-Traktor – der Übergang zu klimafreundlichen Antrieben wird in Zukunft auf alle Fälle sehr viel bunter als bisher. Die vorliegende Fachbroschüre gibt Ihnen einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten alternativer Antriebslösungen in der Land- und Forstwirtschaft – im Heute und im Morgen.

# Landwirtschaft ohne Öl

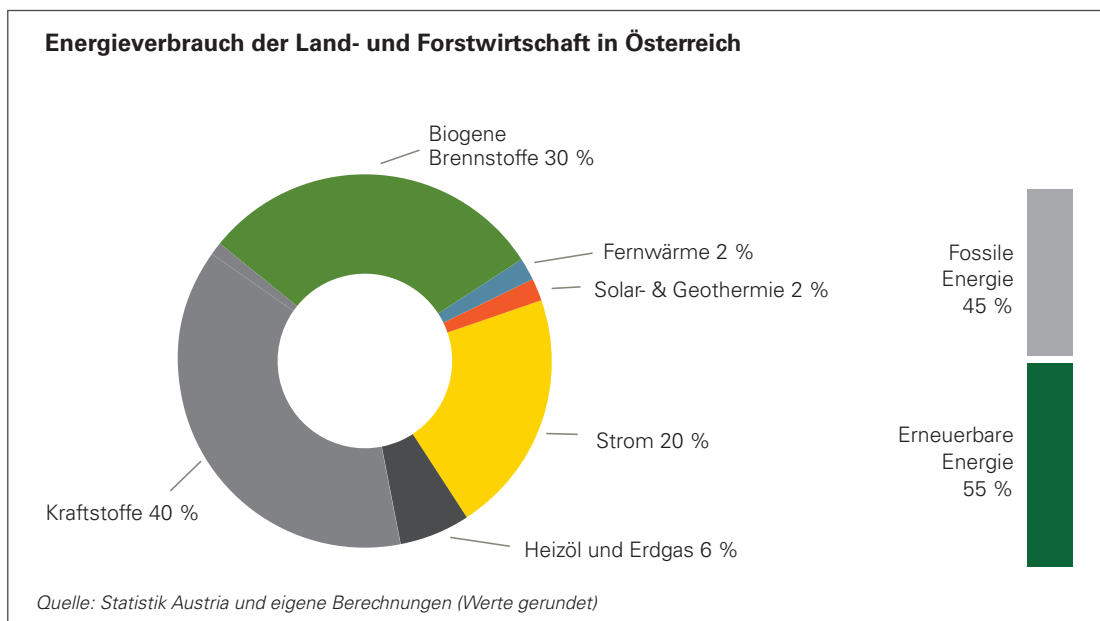
Welche Herausforderungen warten auf die Land- und Forstwirtschaft?

Bis zum Jahr 2040 muss die Land- und Forstwirtschaft unsere Lebensmittel ohne fossile Brennstoffe produzieren. Schon heute stammen 55 Prozent der in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzten Energie aus erneuerbaren Energieträgern, vor allem aus Biomasse. Damit befinden sich die Landwirtinnen und Landwirte klar auf Zielkurs in Richtung einer erdölfreien und klimafreundlichen Lebensmittelproduktion.

Für die Wärme- und Stromerzeugung spielen Heizöl und Erdgas schon seit Jahrzehnten eine unbedeutende Rolle auf den landwirtschaftlichen Betrieben. Die große Herausfor-

derung besteht im Ersatz von fossilen Dieselmotoren, die zum Betrieb landwirtschaftlicher Traktoren und Maschinen eingesetzt werden. Laut österreichischer Energiebilanz entfallen 40 Prozent der in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzten Energie auf fossile Kraftstoffe – eine allzu oft unterschätzte Energiemenge.

Die Hersteller von Traktoren und Landmaschinen forschen daher unter Hochdruck an neuen Antriebssystemen und entwickeln gleichzeitig Konzepte für die Verwendung alternativer Kraftstoffe in Bestandsmaschinen.



## Chancen und Hürden bei alternativen Antrieben

Was braucht es zur Erreichung der Klimaziele?

### Rohstoffe und Ressourcen

Die Land- und Forstwirtschaft verfügt über praktisch alle Ressourcen, um ihren Bedarf an fossilen Kraftstoffen durch erneuerbare Kraftstoffe oder alternative Antriebsformen zu ersetzen. Dazu zählen: Standorte für Wind- und Wasserkraftanlagen, Dach- und Freiflächen zur Installation von Photovoltaik-Anlagen sowie die ständige Verfügbarkeit biogener Roh- und Reststoffe (z.B. Raps, Waldrestholz, Gülle und Grasschnitt). Dadurch sind sowohl Antriebslösungen auf Basis von biogenem (z.B. Pflanzenöl, Holz-diesel, Biomethan) als auch elektrischem Ursprung (z.B. Elektroantrieb, Wasserstoff, E-Fuels) eine mögliche Zukunftsoption.

### Alternative Antriebe: Jetzt, sofort?

Auf die Frage „Wie fahren unsere Traktoren in Zukunft“ folgt nicht selten die lapidare Antwort: mit Wasserstoff. Nehmen wir doch einmal an, wir hätten Wasserstofftraktoren. Selbst unter dieser fiktiven Annahme – bis heute gibt es Wasserstofftraktoren nur als Prototypen im Forschungseinsatz – verschwinden Traktoren mit Verbrennungsmotoren nicht einfach von heute auf morgen von unseren Feldern. Moderne Dieseltraktoren sind für rund 15.000 Betriebsstunden konzipiert, wobei bei korrekter Wartung in der Praxis deutlich höhere Werte üblich sind. Nehmen wir weiter an, dass Milchbauer Huber seinen Traktor an die 500 Stunden pro Jahr im Einsatz hat. In diesem Fall erreicht der Traktor von Milchbauer Huber sein technisches Lebensende frühestens nach

30 Jahren. Oder anders ausgedrückt: Bestellt Milchbauer Huber heute einen neuen Traktor, ist dieser erst im Jahr 2054 am Ende seiner technischen Lebensdauer angekommen.

Zur Erreichung der Klimaziele ist die Entwicklung von Wasserstoff- oder E-Traktoren zwingend notwendig, aber noch dringlicher ist die Entwicklung und Produktion alternativer Kraftstoffe für den aktuellen Traktorenbestand. Denn die Nutzungsdauer eines Traktors ist doppelt so hoch wie bei einem PKW.

### Bedenke

In Österreich sind 60 Prozent der Traktoren älter als 25 Jahre. Daher braucht es hier auch eine klimafreundliche Kraftstofflösung.

### Innenwirtschaft

Hier zeichnet sich ein klarer Trend in Richtung Elektroantrieb ab. Futtermischer, Hoflader, Drohnen, Stapler und Teleskoplader werden nicht nur in Serie, sondern auch in immer leistungsstärkeren Varianten mit batterieelektrischen Antrieben auf den Markt gebracht. Die Stromer sind bereits jetzt in vielen Anwendungsfällen die besser zur Dieselvariante.

### Außenwirtschaft

Es gibt bereits serienreife Traktoren, die mit Biomethan oder reinem Elektroantrieb fahren. E-Traktoren werden derzeit nur für

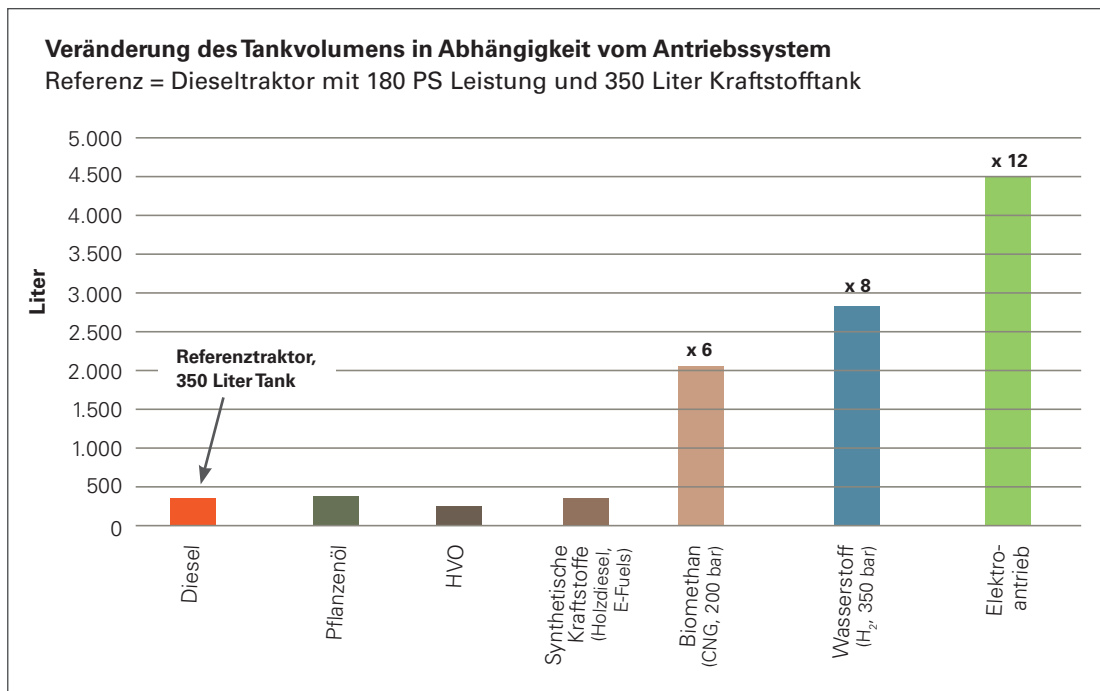
spezielle Anwendungen mit geringem Leistungsbedarf (z.B. Wein- und Obstbau, Gartenbau, Grünlandwirtschaft) produziert. Biometan-Traktoren kommen hingegen auf dem Acker zum Einsatz. Viele andere Antriebskonzepte wie z.B. der Wasserstofftraktor sind derzeit nur in Forschungsprojekten im Einsatz. Bis zu ihrem praktischen Serieneinsatz dürften noch einige Jahrzehnte vergehen. Ein weiterer Knackpunkt der alternativen Antriebslösungen sind die Tankinfrastruktur und das Tankmanagement. Die Energiedichte der alternativen Kraftstoffe ist in vielen Fällen deutlich geringer als die von Dieselmotoren.

### Fuhrparkmanagement

Verrichtet ein Biomethan-Traktor in einem Arbeitsgang die gleiche Arbeit wie ein 180-PS-Dieselmotor, benötigt er das 6-fache Tankvolumen (siehe Abbildung). Ein Wasser-

stofftraktor benötigt das 8-fache und ein E-Traktor sogar das 12-fache Tankvolumen. Zusätzlich erhöht sich beim E-Traktor trotz des höheren Wirkungsgrads des Antriebsstrangs das Gewicht der Energiebevorratung um den Faktor 28 – bei derzeitiger Batterietechnik.

Am Beispiel der Energiedichte wird ersichtlich, wie komplex sich der Umstieg von Dieselmotoren auf Wasserstoff oder Elektroantrieb in der Praxis gestaltet. Für die Umstellung erforderlich sind nicht nur die technischen Antriebssysteme, sondern ebenso ein neues Fuhrparkmanagement und Tankstellenmanagement. Plötzlich ist im Vorhinein genau zu überlegen, wie lange ein Traktor bei bestimmten Arbeitsvorgängen im Einsatz sein kann, bevor er wieder zur Tank- oder Ladestelle zurückkehren muss.



**Vergleich alternativer Antriebssysteme in Bezug auf Volumen, Gewicht und Entwicklungsstand** (Referenz = 180 PS Diesel-Traktor mit 350 Liter Kraftstofftank)

	Diesel	Pflanzenöl	Biomethan (CNG, 200 bar)	Wasserstoff (H <sub>2</sub> , 350 bar)	Elektroantrieb	Synthetische Kraftstoffe
<b>Energieträger</b>	Diesel	Rapsöl	Biogas (Bio-CNG)	Wasserstoff (H <sub>2</sub> )	Lithium-Ionen-Akku	HVO, Holzdiesel, E-Fuels
<b>Energiespeicher</b>	Flüssigtank	Flüssigtank	Druckbehälter (200 bar)	Druckbehälter (380 bar)	Batteriespeicher	Flüssigtank
<b>Energieumwandlung</b>	Verbrennungsmotor	Verbrennungsmotor	Gasmotor	Brennstoffzelle mit Elektromotor	Elektromotor	Verbrennungsmotor
<b>Wirkungsgrad</b>	32 %	32 %	24 %	49 %	81 %	32 %

**Volumen und Gewicht zur Speicherung des Energieinhaltes**

<b>Energieverbrauch</b>	350 Liter	362 Liter	334 kg	69 kg	1.375 kWh	350 Liter
<b>Energievolumen</b>	0,35 m <sup>3</sup>	0,36 m <sup>3</sup>	2,06 m <sup>3</sup>	2,84 m <sup>3</sup>	4,04 m <sup>3</sup>	0,35 m <sup>3</sup>
<b>Energiegewicht</b>	831 kg/m <sup>3</sup>	920 kg/m <sup>3</sup>	162 kg/m <sup>3</sup>	24 kg/m <sup>3</sup>	1.571 kg/m <sup>3</sup>	831 kg/m <sup>3</sup>

**Veränderung der Faktoren Volumen und Gewicht in Abhängigkeit des Energieträgers (Faktor 1 = 350 Liter bzw. 291 kg Diesel)**

<b>Faktor Energievolumen</b>	1	1	6	8	12	1
<b>Faktor Energiegewicht</b>	1	1	1	0,2	28	1

**Hersteller und Entwicklungsstand**

<b>Entwicklungsstand</b>	Stand der Technik	Stand der Technik	Traktor 130 kW bestellbar	Forschung & Entwicklung	Traktor 70–80 kW bestellbar	Demoanlagen, HVO verfügbar
<b>Beispiele für Hersteller</b>	Alle Hersteller	John Deere Multifuel	New Holland	New Holland, Fendt, Steyr	Fendt, CNH, Case, Rigitrac	Alle Hersteller

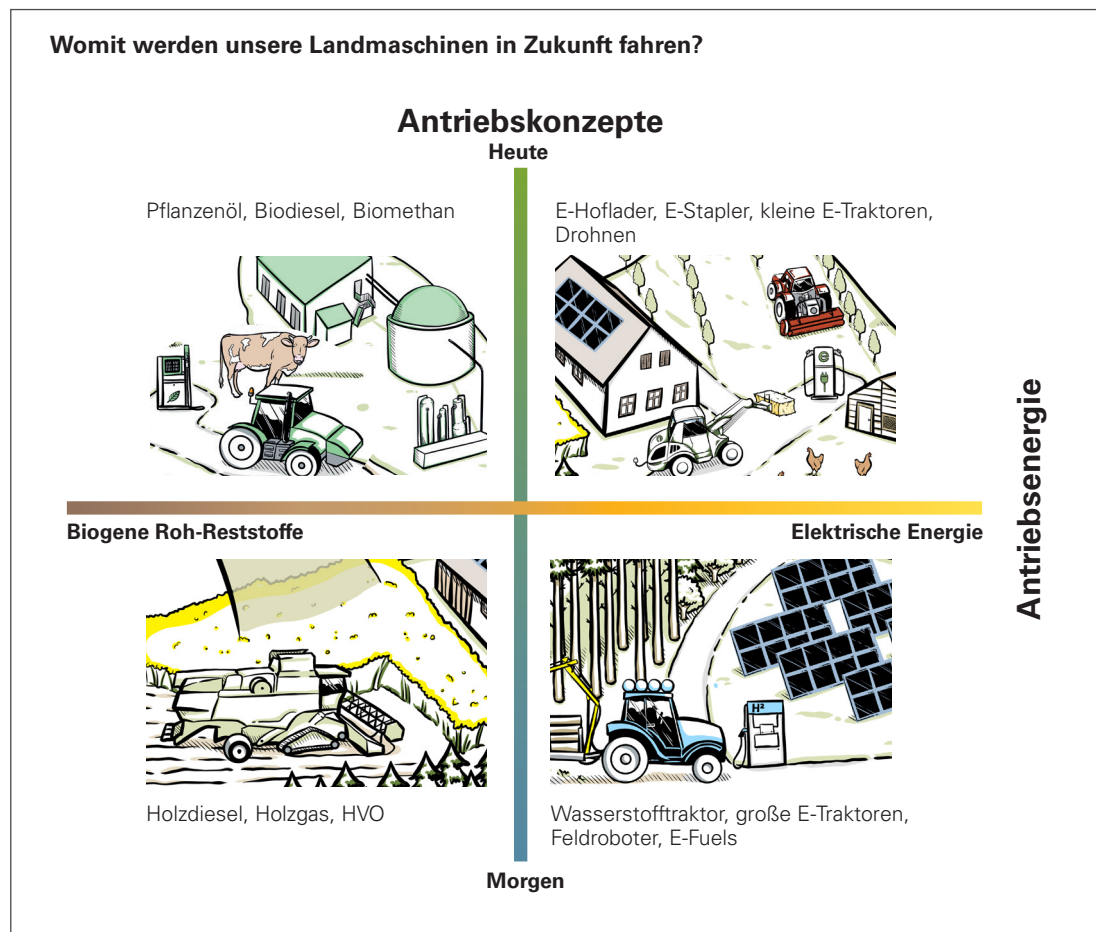


# Alternative Antriebskonzepte

Womit werden unsere Landmaschinen heute und morgen fahren?

Die Landmaschinenhersteller tüfteln an den unterschiedlichsten Antriebskonzepten, wodurch man leicht den Überblick über die einzelnen Lösungsansätze sowie deren praktische Umsetzung verlieren kann. Im Folgenden wird versucht, eine Einordnung nach der Art der Antriebsenergie und der Antriebskonzepte im Heute und Morgen vorzunehmen. Nicht ausgeführt sind die vielen hybriden

den Konzepte, bei denen zum Beispiel Dieselmotor Strom für den Elektroantrieb produziert oder – wie in der Formel 1 – kurzfristige Leistungsspitzen mit Hilfe einer Batterie abgerufen werden. Ziel der hybriden Konzepte ist es, den Wirkungsgrad des Dieselmotors und der Antriebsstränge zu steigern und die Einsatzzeiten zu verlängern. Nachteil ist der hohe technische Aufwand.



## Alternative Antriebssysteme von heute

Traktoren können aus technischer Sicht mit bis zu 100 % Biokraftstoff betrieben werden. Dazu zählen Pflanzenöl, Biodiesel und HVO („Hydrotreated Vegetable Oil“) oder in Zukunft allenfalls synthetische Dieselmotorkraftstoffe wie Holzdiesel oder E-Fuels. Doch die Tücke liegt im Detail. Seitens der Hersteller gibt es für gewöhnlich keine generelle Freigabe für den Biokraftstoffeinsatz.

Dies ist jedoch die Grundvoraussetzung für die Inanspruchnahme allfälliger Garantie- und Gewährleistungsansprüche. Die Gründe dafür sind oft in der Erfüllung der gesetzlichen Abgasnormen zu finden. Im Demonstrationsbetrieb gibt es auch sogenannte „Multifuel“-Traktoren, die mit einem Mix aus verschiedenen Biokraftstoffen betrieben werden können. Ein Sensor misst die Kraftstoffqualität und passt den Motorbetrieb entsprechend an.

### Biodiesel

Biodiesel wird durch die Umesterung von pflanzlichen Ölen in großtechnischen Anlagen erzeugt. Rohstoffbasis können pflanzliche Öle wie Raps-, Sonnenblumen- oder auch Sojaöl ebenso wie Altspeiseöl sein. Bei der Verarbeitung der Öle entstehen als Koppelprodukte Kalium-Dünger und Glycerin, ein u.a. in der Pharmaindustrie eingesetzter Rohstoff.

Technisch gesehen ist Biodiesel in freigegebenen Maschinen problemlos einsetzbar, durch den etwa 10 Prozent geringeren Energieinhalt ergibt sich allerdings ein dementsprechender Mehrverbrauch. Je nach Herstellerfreigabe ist vom Standardkraftstoff (B7) über Kraftstoffmischungen mit höheren Bioanteilen (B20/B30) bis hin zu reinem Biodiesel (B100) jeglicher genormte Dieselmotorkraftstoff einsetzbar.

Hochwertiger normgerechter Biodiesel ist zwar gut lagerfähig, im Wintereinsatz jedoch nicht mit herkömmlichem Diesel gleichzusetzen.

### Kurz notiert

- Veredelung heimischer Ölsaaten zu Treibstoffen und Eiweißfuttermitteln
- Öffentliche Tankstellen für Biodiesel (B100) kaum verfügbar
- Fehlende Herstellerfreigaben von Biodiesel (B100) bei Traktoren
- Für den Winterbetrieb nur eingeschränkt geeignet

### HVO

HVO-Kraftstoffe zählen zu den paraffinischen Kraftstoffen und sind grundsätzlich bereits am Markt erhältlich. Ein genauerer Blick auf den Ausgangsrohstoff empfiehlt sich jedoch, denn der weitaus überwiegende Teil des erhältlichen HVO nutzt aktuell das ökologisch umstrittene Palmöl als Ausgangsstoff.

Auch in Österreich befinden sich derzeit Produktionskapazitäten im Aufbau, die u.a. Pflanzenöl und Altspeiseöl als Rohstoff nutzen, und werden in naher Zukunft die Produktion aufnehmen. HVO ist genormt und muss an der Abgabestelle mit XTL gekennzeichnet

werden. Die wesentlichsten Vorteile dieses Kraftstoffs sind die hohe Kältefestigkeit und Lagerstabilität sowie bei entsprechender Freigabe die mehr oder weniger uneingeschränkte Mischbarkeit mit herkömmlichen Dieselmotoren („Drop-in“-Kraftstoff). Betreffend Leistung und Verbrauch sind HVO-Kraftstoffe praktisch ident zu Dieselmotoren.

#### **Kurz notiert**

- Veredelung landwirtschaftlicher Reststoffe und biogener Abfälle zu Treibstoff
- HVO-Tankstellennetz wächst rasant
- Zahl der Traktorenhersteller mit HVO-Freigaben nimmt laufend zu
- HVO ist relativ kalteunempfindlich
- keine Anpassungen am Motor notwendig

#### **Pflanzenöl**

Rapsöl ist mit einer Energiedichte von 93 Prozent im Verhältnis zu Diesel jedenfalls eine interessante Alternative zur fossilen Variante – besonders bei Maschinen mit hoher Auslastung. Pflanzenöl hat den Vorteil, dass der Kraftstoff selbst am Hof erzeugt und der bei der Produktion anfallende Presskuchen als hochwertiges gentechnikfreies Eiweißfuttermittel verwendet werden kann.

Der Einsatz von Pflanzenöl ist jedoch nicht ohne vorherige Umrüstung des Traktors möglich. Es müssen sowohl das Tanksystem als auch das Motormanagement angepasst werden. Hierfür gibt es spezialisierte Werkstätten. Aktuell sind am heimischen Markt keine Serientraktoren für den Einsatz von Pflanzenöl als Kraftstoff erhältlich.

#### **Kurz notiert**

- Die Motoren- und Abgastechnik ist erprobt, wird jedoch von den Herstellern nicht in Serie verbaut.
- Bei der Umrüstung bestehender Traktoren ist auf die Herstellergarantien zu achten.
- Multifuel-Konzepte entwickeln sich am Markt
- schlechteres Kaltstartvermögen im Winter
- Rapsöl kann direkt am Hof oder in regionalen Gemeinschaften produziert werden.

#### **Biomethan**

Als Biomethan bezeichnet man auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas. In einer Biogasanlage werden aus ca. 20 kg Biomasse 1 m<sup>3</sup> Biomethan, das entspricht rund einem Liter Dieseleratz, und 18 kg Wirtschaftsdünger (Gärrest) produziert. Der Betrieb von Verbrennungsmotoren mit gasförmigen Kraftstoffen funktioniert ähnlich wie mit herkömmlichen Kraftstoffen und ist an und für sich sowohl im PKW-Bereich als auch im LKW-Bereich bestens erprobt und in Ländern wie beispielsweise Italien weit verbreitet.

Herausforderungen sind die geringe Energiedichte und die dementsprechende Speicherung des Gases. Zur Erhöhung der Energiedichte wird das Gas entweder verflüssigt – „Liquefied Natural Gas“ (LNG) – oder unter Druck komprimiert – „Compressed Natural Gas“ (CNG). In Traktoren erfolgt die Speicherung derzeit in mehreren Druckflaschen bei bis zu 350 bar. Seit kurzem gibt es einen Serientraktor (180 PS Leistung) für den Einsatz

von Biomethan als Kraftstoff. Um die Einsatzzeit zu erhöhen, ist als Frontgewicht ein zusätzlicher Speichertank mit Druckluftflaschen angebracht. Bei mittlerer Belastung sind damit Einsatzzeiten von bis zu acht Stunden realistisch. Zu bedenken gilt es, dass Biomethan-Tankstellen nicht sehr verbreitet sind und die Errichtung einer eigenen Tankstelle für nur ein (oder wenige) Fahrzeug(e) sehr kostspielig ist.

### **Kurz notiert**

- Biomethan kann aus unterschiedlichen agrarischen Reststoffen hergestellt werden.
- Die Motoren- und Abgastechnik ist serienreif.
- Auswahl an Serientraktoren ist stark eingeschränkt
- CNG benötigt das 6-fache Tankvolumen gegenüber Diesel.
- Biomethan-Tankstellen sind in der Errichtung sehr teuer. Derzeit gibt es nur eine einstellige Zahl an öffentlichen Biogastankstellen.

### **Elektrifizierung – batterieelektrische Lösungen**

Kleinere Traktoren und hofnahe eingesetzte Spezialmaschinen, wie zum Beispiel Hoftrac, selbstfahrende Futtermischwagen, Pflege-traktoren, Schmalspurtraktoren oder auch Stapler, werden mittlerweile von mehreren Herstellern am Markt als vollelektrische Varianten auf dem Markt angeboten. Neben dem geringen Energiebedarf ergeben sich durch die Elektrifizierung weitere Vorteile: Abgasfreiheit, günstigere Betriebskosten sowie eine geringe Geräuschentwicklung.

Ein E-Motor hat den doppelten bis dreifachen Wirkungsgrad eines Dieselmotors. Zudem kann der benötigte Strom kostengünstig mit einer eigenen PV-Anlage erzeugt werden. Der große Nachteil ist allerdings die geringe Energiedichte und das hohe Gewicht der Batterie sowie die abnehmende Batterieleistung bei niedrigen Außentemperaturen im Winter.

Die Landmaschinenhersteller sind sich jedoch einig, dass Kleintraktoren praxistauglich elektrifizierbar sind. Es gibt bereits Hersteller, die rein elektrische Traktoren mit einer Leistung von 55 kW anbieten. Mit einer Batteriekapazität von rund 100 Kilowattstunden lassen sich die Traktoren 4 bis 6 Stunden betreiben. Die Batterie hat ein Gewicht von 600 kg und benötigt ein Volumen von 0,3 m<sup>3</sup>.

Für Traktoren mit mehr als 100 kW Leistung müsste sich die Batterietechnologie im Hinblick auf Energiedichte und Preis noch deutlich weiterentwickeln. Zudem braucht es auch entsprechende Netzanschlusskapazitäten, um ein schnelles Laden der Batterie und damit praktikable Einsatzzeiten des Traktors zu ermöglichen. Um das Problem des hohen Batteriegewichts zu umgehen, experimentieren vereinzelte Hersteller mit kabelgebundenen Lösungen, wie sie heute bereits bei elektrischen Futtermischern im Einsatz sind. Bei einer Neuanschaffung sollten gegebenenfalls erhältliche elektrische Varianten unbedingt einer genaueren Prüfung unterzogen und in die engere Wahl genommen werden.

## Robotik

Die innovativste Form der Elektrifizierung in der Innen- und Außenwirtschaft sind autonom arbeitende Roboter. Spaltenschieber, Futterschieber oder Fütterungsroboter sind heute fester Bestandteil moderner Stallungen. Sie bieten nicht nur einen hohen Arbeitskomfort, sondern verrichten ihre Arbeit lautlos und mit elektrischem Strom, der im Idealfall aus der eigenen Photovoltaik-Anlage bzw. dem eigenen Batteriespeicher kommt. Auf dem Acker übernehmen Feldroboter eine Reihe von Aufgaben, die von Aussaat bis zur Beseitigung von Unkräutern reichen. Satellitengesteuerte Agrarroboter können als autarke, autonome Maschinen für sehr leichte Arbeiten mit geringen Leistungsanforderungen insbesondere im Hackfrucht- und Gemüseanbau eingesetzt werden. Bis zu ihrer großflächigen praktischen Anwendung werden jedoch noch mehrere Jahre vergehen.

In Zukunft soll es möglich sein, die Batterien der E-Traktoren als mobile Batteriespeicher zu verwenden (Vehicle-to-Grid-Technologie). Mit einer bidirektionalen Ladestation kann der gespeicherte Strom zur Erhöhung der Stromeigenversorgung am Hof oder als strategische Netzreserve dienen. Speziell in den Wintermonaten könnten die meist ungenutzten und bis zu mehreren hundert Kilowattstunden leistungsstarken Batterien eine wichtige Rolle bei der Erhöhung der Energieautarkie spielen.

## Kurz notiert

- Elektrische Antriebe ermöglichen ein emissionsfreies und geräuscharmes Arbeiten im Stall.
- Elektromotoren haben einen Wirkungsgrad von mehr als 85 Prozent.
- Strom kann selbst am Hof erzeugt und verwendet werden.
- Dieselkraftstoff hat eine 12-mal höhere Energiedichte als Batterien.
- Landmaschinenhersteller tüfteln an verschiedenen hybriden Konzepten (Kombination aus Diesel- oder Elektromotor und Batterie).
- Weltweite Forschungsanstrengungen haben eine Erhöhung der Energiedichte zur Folge; steigende Produktionskapazitäten senken die Preise für Batterien stetig.

## Lesetipp

In der Broschüre „Treibstoff sparen in der Landwirtschaft“ erfahren Sie, wie Sie Ihren Dieselbedarf um bis zu 20 Prozent senken können.



# Alternative Antriebssysteme von morgen

## Grüner Wasserstoff

Grüner Wasserstoff ist ein wichtiger Energieträger in der zukünftigen Energiewelt. Er wird durch die Aufspaltung von Wasser mittels erneuerbaren Stroms in sogenannten Elektrolyseuren gewonnen. Um den erzeugten und gespeicherten Wasserstoff wieder energetisch nutzbar zu machen, wird er in einer Brennstoffzelle mit Sauerstoff verschmolzen. Bei diesem chemischen Prozess entstehen elektrische Energie und Wasser. Die elektrische Energie treibt die verschiedenen Elektromotoren des Traktors an. Wie bereits zu erahnen ist, liegt der gravierende Nachteil der Brennstoffzellen-Technologien in ihren hohen Verlusten entlang der Erzeugungskette. Der Wirkungsgrad der Elektrolyse liegt bei rund 70 Prozent. Der elektrische Wirkungsgrad der Brennstoffzelle liegt bei 50 Prozent. Von 100 Kilowattstunden Strom können auf diese Weise nur rund 35 Kilowattstunden als Antriebsenergie im Traktor genutzt werden.

Wasserstoff ( $H_2$ ) hat eine geringe Energiedichte. Dadurch bedarf es großer Druckbehälter zur Speicherung des komprimierten Wasserstoffs auf den Traktoren. Zudem gibt es keine Brennstoffzellen-Technologien, die für eine Anwendung unter hoher Schmutz- und Temperaturbelastung am Feld entwickelt wurde. Auch ist das Netz an Wasserstofftankstellen aktuell nicht auf die Bedürfnisse der Land- und Forstwirtschaft ausgerichtet. In den vergangenen Jahren wurden auf den internationalen Landmaschinenmessen mehrere Konzepttraktoren mit Brennstoffzellen

als Hauptantrieb präsentiert. Bis zum landwirtschaftlichen Praxiseinsatz haben es bisher aber erst einzelne Prototypen geschafft. Ob und ab wann es serienreife Modelle mit Brennstoffzellenantrieb geben wird, kann zum heutigen Zeitpunkt nicht seriös abgeschätzt werden.

Neben der Brennstoffzelle gibt es noch die Möglichkeit, den Wasserstoff direkt zu verbrennen (Wasserstoffverbrenner). Diese Variante ist kostengünstig und mit der heutigen Fertigungsinfrastruktur grundsätzlich eine schnell umsetzbare Alternative. Nachteil ist der im Vergleich zur Brennstoffzelle deutlich geringere Wirkungsgrad.

### Kurz notiert

- Antriebstechnik befindet sich im Prototypenstadium
- Wasserstoff benötigt in etwa das 8-fache Tankvolumen gegenüber Diesel.
- Brennstoffzellen sind für land- und forstwirtschaftliche Anwendungen noch nicht in greifbarer Nähe.
- Wasserstofftankstellen sind bisher nur spärlich vorhanden und erfordern hohe Investitionen.

Die Wasserstoffproduktion benötigt neben Strom auch Wasser, das in einigen Regionen Österreichs bereits eine sehr knappe Ressource in der landwirtschaftlichen Produktion ist.

### **Synthetische Kraftstoffe**

Synthetische Kraftstoffe werden mit Hilfe von elektrischer Energie, Wasser, Kohlenstoff, Biomasse und anderen erneuerbaren Grundstoffen in technischen Anlagen synthetisch erzeugt. Sie besitzen im Wesentlichen alle chemischen Eigenschaften von herkömmlichem Dieseldieselkraftstoff und können daher problemlos in jeglicher Mischung oder als Reinkraftstoff in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden.

**Holzdiesel** ist derzeit noch nicht am Markt verfügbar. Aktuell wird an der Entwicklung einer Demoanlage für die Produktion von Fischer-Tropsch-Dieseldieselkraftstoff aus Holzreststoffen geforscht. Die Produktionsanlage soll in den Jahren 2024 bis 2027 in Zeltweg (Steiermark) errichtet werden. Damit könnte sich die Land- und Forstwirtschaft durch ihr Waldrestholz selbst mit erneuerbaren Kraftstoffen versorgen. Der Holzdiesel ist genormt und soll auch im bestehenden Fahrzeugbestand ohne große Umrüstungen einsetzbar sein. Bis es zu den ersten Feldversuchen kommt, wird es jedoch noch einige Jahre dauern.

**E-Fuels** werden aus elektrischem Strom (daher „E“), erneuerbarem Wasserstoff und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) synthetisch hergestellt. Ihre Anwendung ist derzeit noch Zukunftsmusik. Erste Pilotanlagen entstehen derzeit in Chile und auch in Graz. Großer Nachteil ist der mit rund 15 Prozent schlechte Wirkungs-

grad des Gesamtsystems. Größter Vorteil ist die Speicherbarkeit von erneuerbarem Strom z.B. aus Photovoltaik- oder Windkraftanlagen, der im öffentlichen Stromnetz nicht genutzt werden kann. E-Fuels sind mit herkömmlichen Dieseldieselkraftstoffen chemisch ident, wodurch sie mit diesen in jeder beliebigen Mischung – bis hin zur Reinform – einsetzbar sind.

### **Kurz notiert**

- Synthetische Kraftstoffe benötigen noch Jahre bis zur Marktdurchdringung.
- Holzdiesel ermöglicht neue Verwertungspfade für Schadholz oder Holzreststoffe.
- Dekarbonisierung der Bestands-traktoren ist ohne synthetische Kraftstoffe nicht möglich.

### Mehr Fragen als Antworten

Fakt ist: Alternative Antriebssysteme und Kraftstoffe sind für die Ernährungssicherheit in Europa unverzichtbar. Die Land- und Forstwirtschaft hat das Privileg, auf eine Vielzahl von erneuerbaren Ressourcen zurückgreifen zu können. Sie ist in der Lage, ihre Kraftstoffe und Antriebsenergien aus eigener Kraft zu produzieren, anstatt sie aus dem Ausland importieren zu müssen. Bis jeder Acker und jedes Feld ohne fossilen Dieselmotorkraftstoff bestellt werden kann, bedarf es allerdings noch vieler Fragen – und noch mehr Antworten.

- Welches Antriebssystem eignet sich für welchen Produktionsprozess?
- Wie entwickelt sich die globale Batterie- und Wasserstofftechnik?
- Wie entwickelt sich eine leistungsfähige Tankstelleninfrastruktur im ländlichen Raum?
- Wie werden Mechaniker für Reparaturarbeiten geschult?

Einige Antworten und Lösungen hat der Landtechnikmarkt schon geliefert. Viele weitere werden folgen. Bleiben Sie neugierig.

### Alternative Antriebssysteme in der Innen- und Außenwirtschaft bis 2040 in Österreich

Maschinentyp	Alternative Antriebssysteme am Landtechnikmarkt 2024	Vision 2040: eine erdölfreie Land- und Forstwirtschaft	Mögliche Stolpersteine am Weg zur Zielerreichung 2040
Innenmechanisierung: Fütterungssysteme, Spaltenroboter, ...	Elektrifizierung & Teil-Elektrifizierung	Völlige Elektrifizierung	Keine
Hoflader, Teleskoplader, Stapler, ...	Elektrifizierung geringer Leistungsklassen	Völlige Elektrifizierung	Batterien entwickeln sich nicht schnell genug weiter (Energiedichte)
Traktor (0–80 kW)	Elektrische und teilelektrische Antriebe als Serientraktor	Völlige Elektrifizierung aller Traktormarken	Batteriekosten, Ladeinfrastruktur & Netzanschluss für schnelles Laden am Hof
Traktor (80–150 kW)	Biomethan (CNG) als Serientraktor, Wasserstoff im Forschungsbetrieb	Mix von E-Antrieben, Biomethan & Wasserstoff, hybriden Antrieben und Multifuel-Technologien	Batterien entwickeln sich nicht schnell genug weiter (Energiedichte), Errichtung regionaler Wasserstoff-Tankstellen, Mangel an GrünGas
Traktor (150–300 kW)	Multifuel-Technologien im Demobetrieb (HVO, Biodiesel, Pflanzenöl)	Weiterentwicklung der Verbrennertechnologie, Einsatz von alternativen Kraftstoffen: HVO, Pflanzenöl, Holzdiesel, E-Fuels, ...	Verfügbares Reststoffpotential für Biokraftstoff-Produktion, hohe Kosten, Holzdiesel-Produktion im Realbetrieb
Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Mähdrescher, Häcksler, Hacker, Harvester, ...	Keine alternativen Antriebssysteme am Markt verfügbar		



# Energieeffiziente Landwirtschaft

Diese Broschüre wurde im Rahmen des Bildungsprojekts „Energieeffiziente Landwirtschaft: Klimafreundlich und zukunftssicher“ erstellt, das von Bund, Ländern und Europäischer Union unterstützt wird. Ziele des Projekts sind die Erhöhung der Energieeffizienz sowie der Ausbau der erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft.



## Kontakt und Projektpartner

### **LK Österreich**

#### **Referat Energie**

energie@lk-oe.at

Schauflergasse 6, 1010 Wien

### **LK Oberösterreich**

#### **Abteilung Forst & Bioenergie**

bioenergie@lk-ooe.at

Auf der Gugl 3, 4021 Linz

### **LK Salzburg**

#### **Abteilung Forstwirtschaft**

forst@lk-salzburg.at

Schwarzstraße 19, 5020 Salzburg

### **LK Steiermark**

#### **Referat Energie, Klima und Bioressourcen**

energie@lk-stmk.at

Hamerlinggasse 3, 8010 Graz

### **LK Kärnten**

#### **Abteilung Forst & Energie**

forstwirtschaft@lk-kaernten.at

Museumgasse 5, 9020 Klagenfurt

### **LK Tirol**

#### **Fachbereich Recht, Wirtschaft und Forst**

energie@lk-tirol.at

Brixner Straße 1, 6020 Innsbruck

### **LK Niederösterreich**

#### **Referat Energie**

energie@lk-noe.at

Wiener Straße 64, 3100 St. Pölten

### **LK Vorarlberg**

#### **Referat Forst & Umwelt**

forst@lk-vbg.at

Montfortstraße 9, 6900 Bregenz

Impressum 05/2024: Für den Inhalt verantwortlich: Mag. Thomas Loibnegger, DI Alexander Bachler; Fotos: Aleksandar Malivuk Presse New Holland, Presse John Deere, Presse Fendt; Illustrationen: Cornelia Schwingenschlögl; Konzeption, Layout und Covergestaltung: © thesignwerkstatt.at; Lektorat: Mag. Michaela Beichtbuchner.

