

# **Aktuelle Trends im Traktorenbau neue Entwicklungen im Bereich Getriebetechnologie, autonomes Fahren und Automatisierung**

Aktuelle Trends im Traktorenbau - neue Entwicklungen  
Webinar Landwirt.com - 26. Jänner 2024  
Ewald Luger

## Überblick

- Noch leistungsstärker, größer und schwerer
- Wie viel Leistung brauchen wir wirklich?
- Forderungen gibt es viele
- Stufenlosgetriebe bei Traktoren
- Elektrisch angetriebene Geräte
- Dieselmotor versus Batterie elektrisch
- Batterie elektrische Traktoren
- Traktoren mit Hybridantrieb
- Autonomes Arbeiten
- Ziel ist Klimaneutralität für landw. Traktoren und Maschinen
- Alternative Treibstoffe
- Verbrennungsmotor durch eFuels CO<sub>2</sub> neutral

## Noch leistungsstärker, größer und schwerer

**XERION 12er Serie**  
**bis zu 650 PS, Gewicht 25.400 kg,**  
**6 Zylinder, 15.600 cm<sup>3</sup> Hubraum**

- stärkere Rentabilität
- stärkere Zueffizienz
- stärkerer Komfort
- stärkere Assistenz

<https://www.claas.de/>

CLAAS XERION 12er Serie (Germany)  
<https://www.youtube.com/watch?v=us4ek95Rcz8>  
CLAAS - Die neue XERION 12er Serie, 08.2023, 0:59 min



Source: <https://www.claas.de> - modified

## Noch leistungsstärker, größer und schwerer

### NEXAT - Next Generation Agriculture Technology

- Wide-Span-Wechselträgerfahrzeug mit Wechselgeräten
- elektrischer Antrieb
- zwei 550 PS Dieselmotoren treiben Generatoren an
- in Zukunft Wasserstoff-Antrieb

<https://www.nexat.de/>

NEXAT carrier vehicle (Germany)

<https://www.youtube.com/watch?v=bXnvtyqcaoo&t=55>  
The System I NEXAT, 09.2023, 2:30 min



Source: <https://www.nexat.de/> - modified



## Wie viel Leistung brauchen wir wirklich?

- oft haben landw. Traktoren und Erntemaschinen unnötig viel Motorleistung, um die Arbeit zu erledigen
- sie sind zu groß, zu breit, zu schwer
- hohe Bodenverdichtung
- sie sind oft nicht so energieeffizient wie kleinere
- zurück zu vernünftigen Größen und Motorleistungen



Quelle: Ewald Luger

## Forderungen gibt es viele

- nachhaltig und emissionsfrei
- boden- und ressourcenschonend
- effizient und leistungsstark
- schlagkräftig und zuverlässig
- kostengünstig, komfortabel, smart, vernetzt, autonom, ...
- **Forderung der Klimaneutralität für landw. Traktoren und Maschinen**
- **EU Beschluss – weitgehendes Aus für die Neuzulassung von Autos mit Verbrennungsmotor ab 2035**

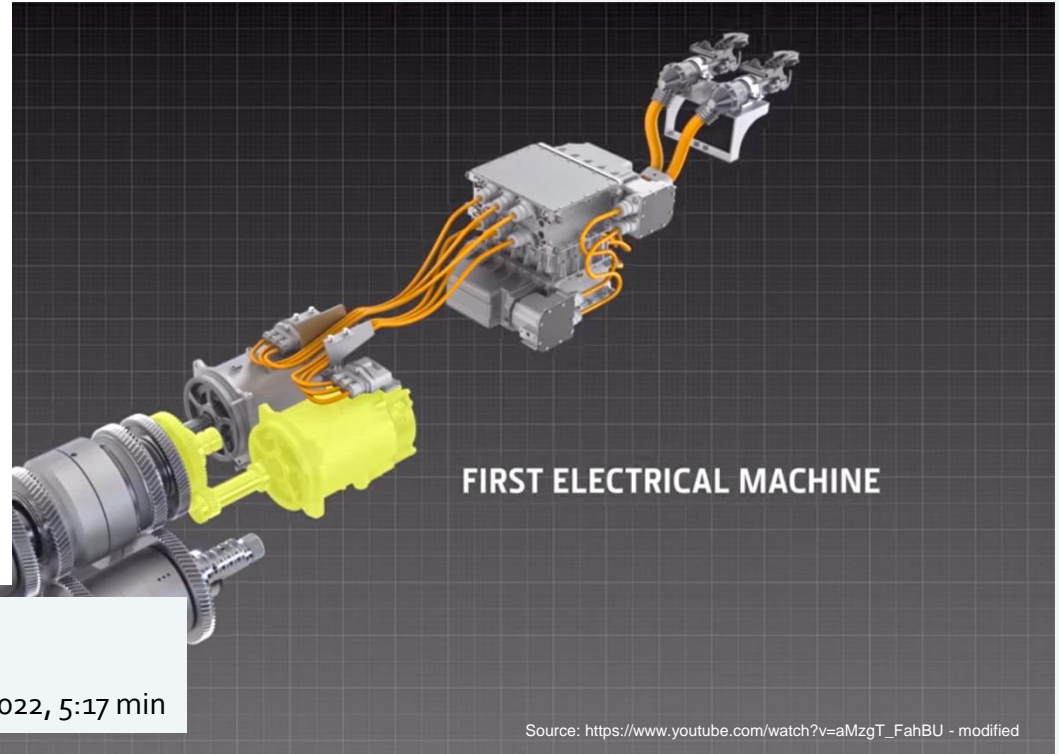


Quelle: Ewald Luger

## Stufenlosgetriebe bei Traktoren – wird elektrisch

### John Deere eAutoPowr

- elektrisch stufenloses Getriebe für Traktoren mit über 400 PS
- elektrischer Generator versorgt Elektromotor für die Leistungsverzweigungsstufe und das Summiergetriebe
- erster Gang ist zu 100% elektrisch angetrieben



John Deere eAutoPowr transmission (Germany)  
[https://www.youtube.com/watch?v=aMzgT\\_FahBU](https://www.youtube.com/watch?v=aMzgT_FahBU)  
Stepless goes Electric: eAutoPowr transmission, 08.2022, 5:17 min

Source: [https://www.youtube.com/watch?v=aMzgT\\_FahBU](https://www.youtube.com/watch?v=aMzgT_FahBU) - modified

## Elektrisch angetriebene Geräte

Strom, der von einem Generator am Traktor erzeugt wird oder aus Batterien kommt, dient dem elektrischen Antrieb von Landmaschinen.

### Fendt X Concept

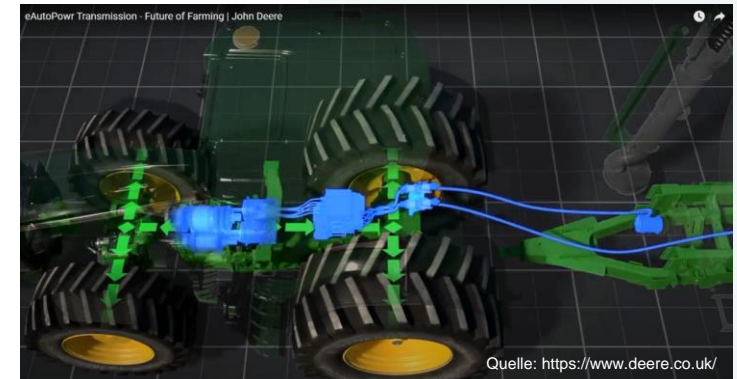
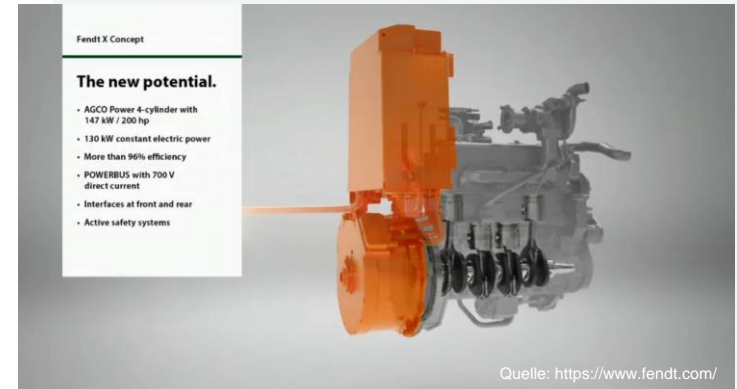
- 700 V DC (Direct Current) Gleichstrom
- Wechselrichter sind auf dem Gerät

### John Deere eAutoPowr Transmission

- 480 V AC (Alternating Current) Wechselstrom
- Wechselrichter sind auf dem Traktor

## DC versus AC - auf Gerät versus auf Traktor

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft





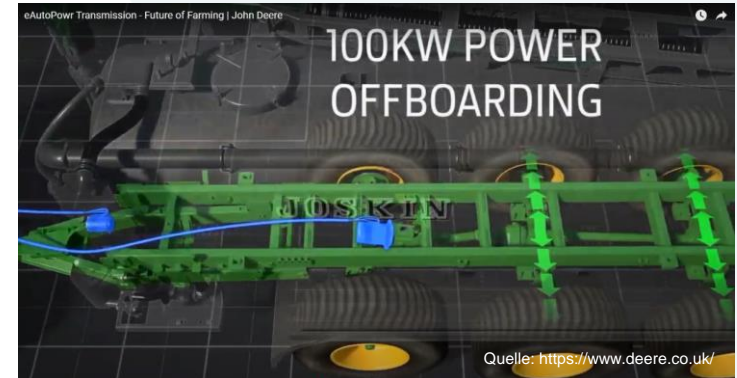
## Elektrisch angetriebene Geräte



Steyr Hybrid Tractor (Austria)

[https://www.youtube.com/watch?v=vigGo7\\_vjzI](https://www.youtube.com/watch?v=vigGo7_vjzI)

Steyr Hybrid Tractor, 04.2022, 7:22 min



John Deere - EAutoPowr

<https://www.youtube.com/watch?v=edhZn48RZJc>

eAutoPowr Transmission - Future of Farming | John  
Deere, 02.2020, 1:39 min

### Über Zapfwelle, hydraulisch oder elektrisch angetriebene Geräte?

Es ist eine Art Henne oder Ei - Problem.

# Dieselmotor versus Batterie elektrisch

## Fossiler Diesel

- 100 kWh Energieinhalt in Rohöl – Erdöl für fossilen Diesel
- Wirkungsgrad der Dieselpreparierung (gesamte Kette vom Bohrloch zur Zapfsäule) 83 %
- Wirkungsgrad Dieselmotor 35 %
- Wirkungsgrad Traktorgetriebe 85 %
- **rund 25 kWh von 100 kWh nutzbar**

## Batterie elektrisch

- 100 kWh Strom aus einer erneuerbaren Quelle wie einer Windkraftanlage
- Wirkungsgrad der Netzversorgung 95 %
- Laden und Entladen eines Lithium-Ionen-Akkus ist zu 90 % energieeffizient
- Wirkungsgrad Elektroantrieb 95 %
- **rund 80 kWh von 100 kWh nutzbar**

## Batterie elektrische Traktoren – Schlüsselpunkte

### Batteriekosten

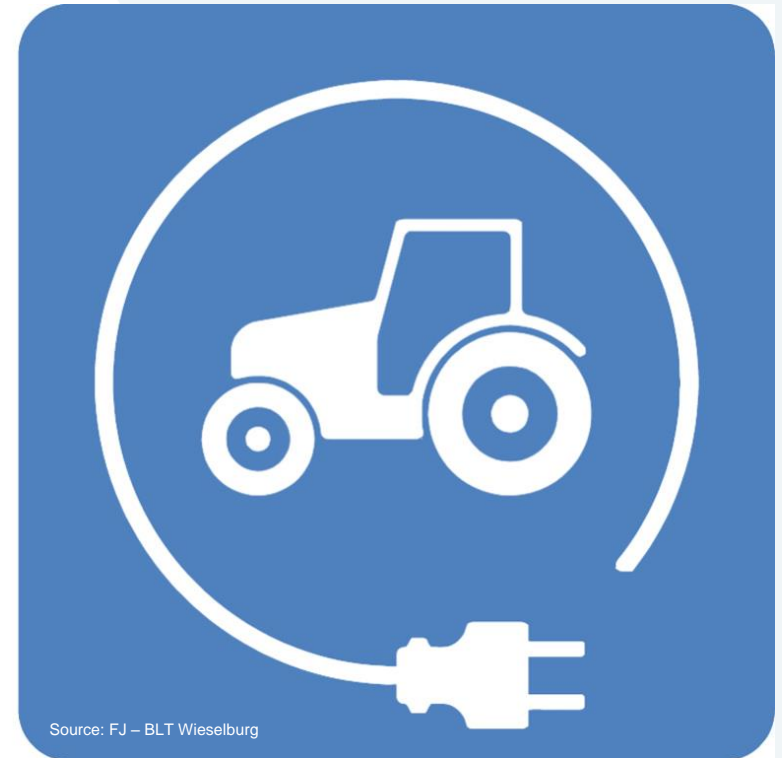
- in 10 Jahren sind die Kosten einer Lithium-Ionen-Batterie um fast 90 % gesunken

### Batteriekapazität

- hohe Batteriekapazitäten derzeit nur mit sehr hohem Batteriegewicht und Batterievolumen möglich – Batteriewechselsysteme

### Batterieladezeit

- Schnellladen auf 80 % voll soll bereits in einigen Jahren in 10 bis 15 min möglich sein



Source: FJ – BLT Wieselburg

## Batterie elektrische Traktoren

### Rigitrac SKE 40 Electric

- Nennleistung: 40 kW (64 kW peak)
- Batterie: Lithium-Ionen
- Batteriekapazität: 58 kWh (400 V)
- ~ 6 Monate Lieferzeit (~ 200.000 €)

<https://www.rigitrac.ch/>

je ein Elektromotor für Fahrantrieb,  
pro Zapfwelle und für die Hydraulik

Rigitrac battery electric tractor (Switzerland)

<https://www.youtube.com/watch?v=nHXMx3q-xyg>

Rigitrac «SKE 50 Electric», 08.2019, 4:17 min



Quelle: <https://www.rigitrac.ch/> - modifiziert



## Batterie elektrische Traktoren

### Fendt e100 V Vario

- Dauerleistung: 55 kW
- Batterie: Lithium-Ionen
- Batteriekapazität: 100 kWh (400 V)
- ab Herbst 2024 erhältlich

<https://www.fendt.com/>

ein gemeinsamer Elektromotor für  
Fahrantrieb, Zapfwellen, Hydraulik

Fendt e100 V Vario (Germany)

<https://www.youtube.com/watch?v=A6EGoLXgwOs>

Fendt e100 V Vario | Think ePossible, 11.2023, 2:09 min



Quelle: <https://www.fendt.com/> - modifiziert

## Batterie elektrische Traktoren

### New Holland T4 Electric Power

- Nennleistung: 55 kW
- Batteriekapazität: 110 kWh (400 V)
- nutzbare Nettoenergie: 95 kWh
- in den nächsten Jahren erhältlich

<https://agriculture.newholland.com/>



New Holland T4 Electric Power Tractor (NH North America)  
<https://www.youtube.com/watch?v=l7Z3SH3M2pM>  
Introducing the T4 Electric Power, 09.2023, 1:21 min

Quelle: <https://agriculture.newholland.com/> - modifiziert



## Batterie elektrische Traktoren

### Tadus - Prototyp

- Nennleistung: 80 kW (120 kW peak)
- Batterie: Lithium-Ionen
- Batteriekapazität: 130 kWh
- Ziel: Marktreife 2025

<https://www.tadus.com/>

je ein Elektromotor pro Achsantrieb,  
pro Zapfwelle und für die Hydraulik

Tadus Elektro Traktor (Germany)

<https://www.youtube.com/watch?v=KJfyYaGZEUo>

Agropictures - Tadus Elektro Traktor, 10.2023, 14:11 min



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=KJfyYaGZEUo> - modifiziert

## Batterie elektrische Traktoren

### John Deere - Prototyp

- 500 kW elektrischer Antrieb
- 1000 kW elektrisches power-off-boarding
- 1000 kWh Batteriekapazität
- automatisiertes Fahren
- für 24/7-Betrieb
- Fahrer optional



John Deere Autonomous Battery Electric Tractor (Germany)

<https://www.youtube.com/watch?v=1cz6VQwAz7s>

John Deere Autonomous Battery Electric Tractor, 04.2022, 2:03 min

Source: <https://www.youtube.com/watch?v=1cz6VQwAz7s>- modified



## Batterie elektrische Traktoren – Schlüsselpunkt Batteriekapazität

### Elektrischer Energiebedarf von Traktoren unterschiedlicher Nennleistung

Nennleistung	kW	50	100	200	300	500
Einsatzdauer pro Tag	h	4	6	10	12	12
Durchschnittliche Auslastung	%	40	40	50	60	70
Energiebedarf	kWh	80	240	1.000	2.160	4.200
Batteriegewicht	t	0,6	1,4	6	13	25
Batterievolumen	m <sup>3</sup>	0,6	1	4,5	9	18

Quelle: Tabelle nach R. Stirnimann – Berner Fachhochschule

- Batterie elektrische Antriebe derzeit nur bei Traktor-Leistungsklassen unter 100 kW
- Bezogen auf die Stückzahl machen die unter 100 kW Traktoren mehr als die Hälfte aus

## Traktoren mit Hybridantrieb

### Landini REX4 Full Hybrid

- Leistung: 80 kW - 55 kW Dieselmotor und 25 kW Elektromotor
- Batteriekapazität: 30 kWh (350 V)
- bis zu 2 h voll elektrischer Antrieb und E-Motorleistung bis zu 50 kW

<https://www.landini.it/>

### Elektromotor für Vorderachsantrieb

Landini Rex4 Full Hybrid (Italy)

[https://www.youtube.com/watch?v=YUcu\\_PUj4wY](https://www.youtube.com/watch?v=YUcu_PUj4wY)

The new Landini REX4 Full Hybrid, 2023, 2:36 min



Quelle: [https://www.youtube.com/watch?v=YUcu\\_PUj4wY](https://www.youtube.com/watch?v=YUcu_PUj4wY) - modifiziert

# Traktoren mit Hybridantrieb

## Steyr Hybrid Drivetrain Konzept

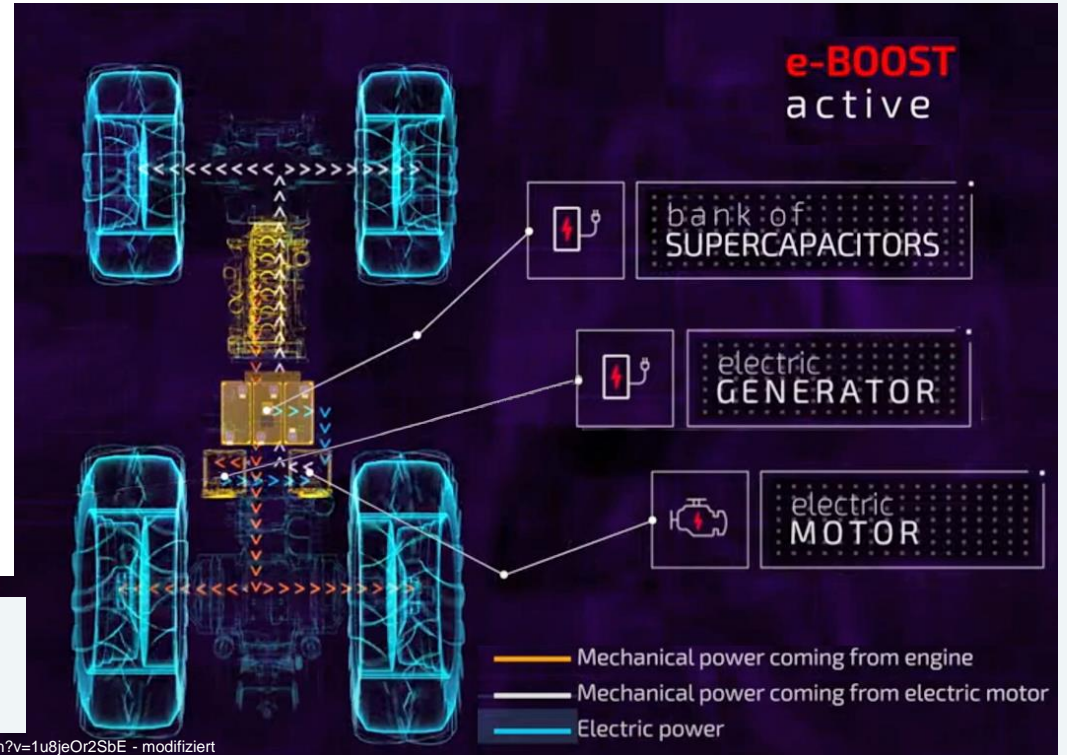
- Dieselmotor
- Stromgenerator
- Block von Superkondensatoren
- Elektromotor
- e-Boost bei Bedarf, z.B. bei Fahrt bergauf oder bei Ausfahrt aus einem Kreisverkehr

STEYR Hybrid Drivetrain Concept (Austria)

<https://www.youtube.com/watch?v=1u8jeOr2SbE>

STEYR Hybrid Drivetrain - e-Boost, 03.2022, 2:22 min

Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=1u8jeOr2SbE> - modifiziert



# Traktoren mit Hybridantrieb

## Steyr Hybrid CVT - Prototyp

- Leistung: 191 kW Dieselmotor
- CVT Hinterachsantrieb: 132 kW
- voll elektrischer Antrieb bis 75 kW
- e-Power off-boarding: 75 kW, 700 V
- Ziel: Marktreife 2025

<https://www.steyr-traktoren.com/>

## Hybridmodul für Vorderachs Antrieb

Steyr Hybrid CVT (Austria)

<https://www.youtube.com/watch?v=RT-IYcDcgeo>

Farm Journal - Steyr Hybrid Electric Tractor, 1. 2024, 2:52 min



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=OQdkL-OSLQA> - modifiziert



## Traktoren mit Hybridantrieb

### AUGA M1 Hybrid-Traktor

- weltweit erster hybrider Biomethan-Elektrotraktor für den professionellen Einsatz
- entspricht 400-PS-Dieseltraktor
- 12 h Arbeitszeit pro Gaskartusche
- erste Produktionscharge 2023

<https://auga.lt/en/>

AUGA - hybrid biomethane and electric tractor (Lithuania)  
<https://www.youtube.com/watch?v=YkPhJRdXDOs>  
AUGA M1 - hybrid biomethane tractor, 10.2021, 4:49 min



Source: <https://www.youtube.com/watch?v=YkPhJRdXDOs> - modified

## Traktoren mit Hybridantrieb – autonomes Arbeiten

### Lemken & Krone VTE - Prototyp

- autonome Verfahrens-  
Technische Einheit (VTE)
- Diesel-Elektrischer Antrieb mit  
170 kW Leistung
- elektrischer Radantrieb
- elektrischer Zapfwellenantrieb

<https://combined-powers.com>

Lemken & Krone Autonomous Tractor Unit (Germany)

<https://www.youtube.com/watch?v=02KFeUxRqo&t=46s>

TractorLab - Lemken & Krone Tractor Unit, 03.2022, 2:15 min



Source: <https://combined-powers.com> - modified

## Autonomes Arbeiten – autonomes Trägerfahrzeug

### Kuhn Karl - Prototyp

- autonomes Trägerfahrzeug
- kann komplett selbständig arbeiten
- erkennt wechselnde Bedingungen
- Leistung: 129 kW
- Markteinführung: in 5 - 6 Jahren

<https://www.kuhn.com/en/karl-our-autonomous-solution-crop-production>

Kuhn – Karl Autonomous Tractor (France)  
<https://www.youtube.com/watch?v=51ZOAVovYgs>  
KUHNGroup - KARL in action, 11.2023, 0:40 min



Source: <https://www.kuhn.com> - modified



## Autonomes Arbeiten – Feldroboter mit Solarantrieb

### FarmDroid FD 20 – erhältlich

- Feldroboter mit Solarantrieb
- Aussaat- und Hackroboter
- speichert Position der Saatgut-  
ablage für punktgenaue mecha-  
nische Unkrautbekämpfung
- bis zu 24 h täglicher CO<sub>2</sub>-  
neutraler Betrieb

<https://farmdroid.com/>

Farmdroid seeding and weeding robot (Denmark)  
<https://www.youtube.com/watch?v=Zlqguf1J-38>  
Farmdroid FD20, 10.2020, 1:22 min



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=Zlqguf1J-38> - modified



## Autonomes Arbeiten – autonome Plattform

### Burro Grande – erhältlich

- autonome Plattform
- Schwerlastroboter zur Unterstützung von Arbeitnehmern
- Leistung: 8,5 kW peak
- Batterie: Lithium Iron Phosphate
- Batteriekapazität: 9,6 kWh (48V)

<https://burro.ai/burro-grande/>

Burro Grande (Argentina)

[https://www.youtube.com/watch?v=SsYAgLlpc\\_A&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=SsYAgLlpc_A&t=4s)  
Burro Mowing / EPTO Attach Pack, 09.2023, 2:41 min



Quelle: [https://www.youtube.com/watch?v=SsYAgLlpc\\_A&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=SsYAgLlpc_A&t=4s) - modified

## Autonomes Arbeiten – Traktorfahrer optional

### Monarch MK-V Traktor – erhältlich

- weltweit erster 100 % elektrischer, fahrerloser, vernetzter Traktor
- Nennleistung 30 kW (52 kW peak)
- Fahrer optional
- kann vorhandene Geräte nutzen
- mit autonomen Funktionen auch für Flotten- bzw. Schwarmeinsatz

<https://www.monarchtractor.com/>

Monarch Tractor (US)

<https://www.youtube.com/watch?v=uzqMUHlxbyS>

Monarch Tractor Launch Trailer 2020, 02.2021, 1:58 min



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=uzqMUHlxbyS> - modified



## Autonomes Arbeiten – Traktorfahrer optional

### Bluewhite Pathfinder – erhältlich

- Autonome Technologie zur Nachrüstung von vorhandenen Traktoren
- Hardware und Software für Flotten- und Datenmanagement
- Fahrer optional
- kann vorhandene Geräte nutzen
- Flotten- bzw. Schwarmeinsatz

<https://www.bluewhite.co/>

Bluewhite (US)

<https://www.youtube.com/watch?v=JhgGxZzGBzs>

Tractors equipped with Bluewhite Pathfinder, 02.2023, 0:45 min



Quelle: <https://www.bluewhite.co/> - modified

## Ziel ist Klimaneutralität für landw. Traktoren und Maschinen

- EU Beschluss: weitgehendes Aus für die Neuzulassung von Autos mit Verbrennungsmotor ab 2035
- Ziel Österreich: bis 2040 Klimaneutralität für landw. Traktoren und selbstfahrende Maschinen
- Problem: Traktoren und Maschinen werden nicht alle 5 bis 10 Jahre durch neue ersetzt, sondern nur alle 10 bis 25 Jahre
- kraftstoffeffizienter Betrieb erforderlich
- CO<sub>2</sub> neutrale Kraftstoffe





## Alternative Treibstoffe – im Vergleich zu Diesel

		Druck	Temperatur	Dichte	Heizwert	Heizwert
Treibstoff / Kurzbezeichnung		[bar]	[°C]	[kg/l]	[MJ/kg]	[MJ/l]
<b>Diesel</b>	Bo	1	15	0,83	43	35,7
<b>Rapsöl</b>	R100	1	15	0,92	37	34,0
<b>Biodiesel</b>	B100	1	15	0,88	37	32,6
<b>synthetischer Dieselkraftstoff</b>	HVO	1	15	0,78	44	34,3
<b>komprimiertes Methan</b>	CNG	200	0	0,16	47	7,5
<b>flüssiges Methan</b>	LNG	1	-162	0,42	47	19,7
<b>komprimierter Wasserstoff</b>	CGH <sub>2</sub>	350	0	0,026	120	3,1
		700	0	0,042	120	5,0
<b>flüssiger Wasserstoff</b>	LH <sub>2</sub>	1	-253	0,071	120	8,5

Quelle: Tabelle in Anlehnung an R. Stirnimann – Berner Fachhochschule

## Alternative Treibstoffe – CO<sub>2</sub> neutrale Kraftstoffe für Dieselmotoren

Energieträger	Diesel	Pflanzenöl	Biodiesel	synthetischer Dieselkraftstoff aus biogenen Quellen	synthetischer Dieselkraftstoff aus Erdgas oder Strom
<b>Kurzbezeichnung</b>	Bo (B7)	P100	B100	z.B. HVO	z.B. E-Fuel
<b>Beschaffenheit</b>				flüssig	
<b>Energiespeicher</b>				Kraftstofftank – Dieseltank	
<b>Energiewandler</b>				Verbrennungsmotor – Dieselmotor	
<b>CO<sub>2</sub> neutral</b>					aus Erdgas aus grünem Strom
<b>Energieträger</b> auch zukünftig verfügbar			wachsende Weltbevölkerung food or fuel Konflikt		
<b>Technologie</b> heute verfügbar					E-Fuel Produktion ist energieaufwendig

## Alternative Treibstoffe – CO<sub>2</sub> neutrale alternative Treibstoffe

Energieträger	Diesel fossiler Diesel aus Erdöl	komprimiertes Methan aus Erdgas od. Biogas	flüssiges Methan aus Erdgas od. Biogas	komprimierter Wasserstoff aus Erdgas od. Strom	flüssiger Wasserstoff aus Erdgas od. Strom
<b>Kurzbezeichnung</b>	Bo	CNG	LNG	CGH <sub>2</sub>	LH <sub>2</sub>
<b>Beschaffenheit</b>	flüssig	gasförmig	flüssig	gasförmig	flüssig
<b>Energiespeicher</b>	Diesel- tank	200 bar Druck in Methan Tank	-162 °C im Methan Tank	700 bar Druck in H <sub>2</sub> Tank	-253 °C im H <sub>2</sub> Tank
<b>Energiewandler</b>	Diesel- motor	Methan Verbrennungsmotor		H <sub>2</sub> Verbrennungsmotor oder H <sub>2</sub> Brennstoffzelle	
<b>CO<sub>2</sub> neutral</b>		aus Erdgas	aus Erdgas	aus Erdgas	aus Erdgas
		aus Biogas	aus Biogas	aus grünem Strom	aus grünem Strom
<b>Energieträger</b> auch zukünftig verfügbar		aus Erdgas			
		Biogas – food or fuel Konflikt			
<b>Technologie</b> heute verfügbar				H <sub>2</sub> Verbrennungsmotor in Entwicklung	
				H <sub>2</sub> Brennstoffzelle – Staubbelastung Probleme	

## Alternative Treibstoffe – Methanbetriebene Traktoren

### New Holland T7.270 Methane Power CNG – erhältlich

- Treibstoff: Methan oder Biomethan
- Nennleistung: 270 PS (199 kW)
- Treibstofftank: 1.265 Litern (219 kg)
- Erdgas hat einen Methangehalt von 89 % bis 98 % und Biogas von etwa 52 % bis 65 %

<https://agriculture.newholland.com/>

New Holland methane powered tractor (Italy)

<https://www.youtube.com/watch?v=xgn5lqze-9M>

T6.180 Methane Power. Powered by Nature, 10.11.2019, 1:36 min



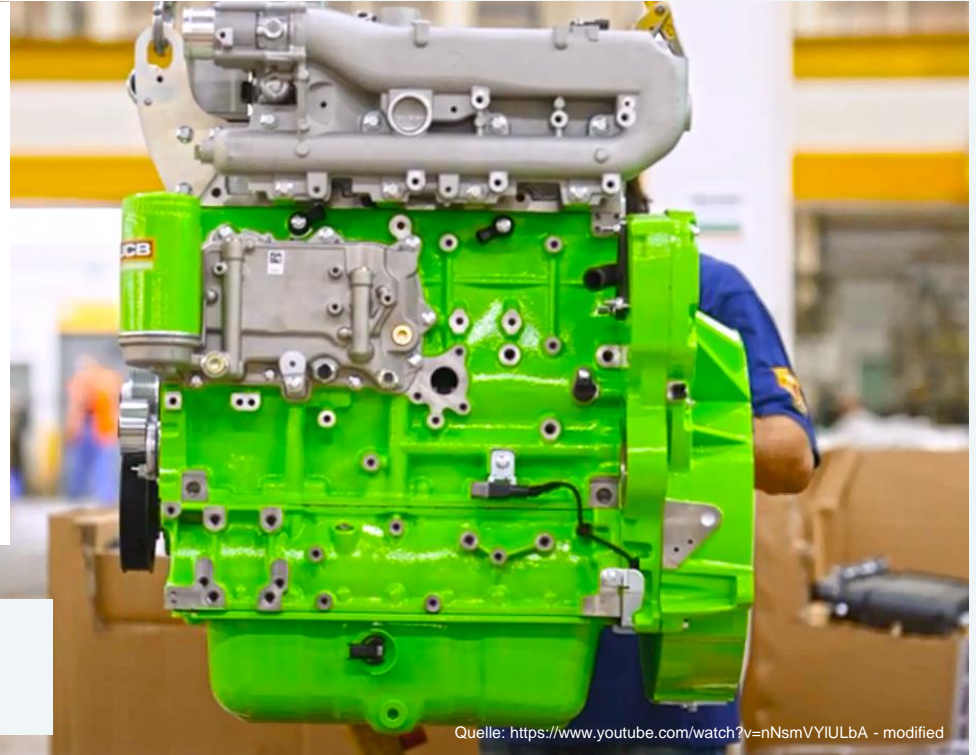
Quelle: <https://agriculture.newholland.com/> - modifiziert



## Alternative Treibstoffe – H<sub>2</sub> Verbrennungsmotor

### JCB Hydrogen Combustion Engine

- aus erneuerbarem Strom wird durch Elektrolyse Wasserstoff (H<sub>2</sub>) erzeugt
- Wasserstoff kann in wenigen Minuten aufgetankt werden
- Wasserstoff- Verbrennungsmotor mit H<sub>2</sub> anstelle Diesel als Kraftstoff ermöglicht klimaneutralen Betrieb



JCB Hydrogen Combustion Engine (GB)  
<https://www.youtube.com/watch?v=3fWmQgXcdqA>  
JCB: Building a Hydrogen Future, 12.2022, 5:28 min

Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=nNsmVYIULbA> - modified

## Alternative Treibstoffe – Wasserstoff-Verbrennungsmotor

### TAFE hydrogen-powered tractor - Prototyp

- TAFE ist ein Traktorhersteller aus Indien mit vier bekannten Marken: TAFE , Massey Ferguson, Eicher, IMT
- H<sub>2</sub> Verbrennungsmotor
- Nennleistung: 40 kW

Wenn die Landwirtschaft für wasserstoffbetriebene Traktoren bereit ist, werden sie laut TAFE einsatzbereit sein.

TAFE hydrogen-powered prototype tractor (India)  
<https://www.youtube.com/watch?v=EipbXUCoLzw&t=95s>  
RealAgriculture – TAFE hydrogen-powered, 12.2023, 4:27 min



## Alternative Treibstoffe – Wasserstoff-Brennstoffzelle

### Exxact Robotics - Traxx Concept H2

- autonomer Weingarten tractor
- Leistung der H<sub>2</sub>-Brennstoffzelle und Hochleistungsbatterie bis zu 35 kW
- Inhalt der Wasserstofftanks: 9 kg H<sub>2</sub>
- 10 min H<sub>2</sub> tanken bis zu 12 h Laufzeit
- Ziel: Verkauf in ein bis zwei Jahren

<https://exxact-robotics.com/>

Exxact Robotics (France)

<https://www.youtube.com/watch?v=lnSAbEggIkQ>

Exxact Robotics Traxx H<sub>2</sub>, 01.2024, 1:10 min



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=lnSAbEggIkQ> - modifiziert



## Alternative Treibstoffe – Fossiler Diesel versus E-Fuel anstelle fossilem Diesel

### Fossiler Diesel

- 100 kWh Energieinhalt in Rohöl – Erdöl für fossilen Diesel
- Wirkungsgrad der Dieselpreparierung (gesamte Kette vom Bohrloch zur Zapfsäule) 83 %
- Wirkungsgrad Dieselmotor 35 %
- Wirkungsgrad Traktorgetriebe 85 %
- **rund 25 kWh von 100 kWh nutzbar**

### E-Fuel anstelle fossilem Diesel

- 100 kWh Strom aus einer erneuerbaren Quelle wie einer Windkraftanlage
- Wirkungsgrad der Elektrolyse 75 %
- Wirkungsgrad Syntheseprozess der E-Fuel Herstellung 75 %
- Wirkungsgrad Dieselmotor 35 %
- Wirkungsgrad Traktorgetriebe 85 %
- **rund 17 kWh von 100 kWh nutzbar**  
**hohe Verluste der Energieumwandlung**



## Alternative Treibstoffe – Batterie elektrisch versus Wasserstoff-Brennstoffzelle

### Batterie elektrisch

- 100 kWh Strom aus einer erneuerbaren Quelle wie einer Windkraftanlage
- Wirkungsgrad der Netzversorgung 95 %
- Laden und Entladen eines Lithium-Ionen-Akkus ist zu 90 % energieeffizient
- Wirkungsgrad Elektroantrieb 95 %
- **rund 80 kWh von 100 kWh nutzbar**

Hydrogen fuel cell electric – versus battery electric  
<https://www.youtube.com/watch?v=ls8QjJ2Rf0g>  
Hydrogen Cars Are Taking Over Electric!, 06.2021, 8:05 min

### Wasserstoff-Brennstoffzellen-elektrisch

- 100 kWh Strom aus einer erneuerbaren Quelle wie einer Windkraftanlage
- Wirkungsgrad der Elektrolyse 75 %
- Kompression, Kühlung und Transport sind zu 90 % effizient
- Wirkungsgrad der Brennstoffzelle 60 %
- Wirkungsgrad Elektroantrieb 95 %
- **rund 38 kWh von 100 kWh nutzbar**  
**hohe Verluste der Energieumwandlung**

## Alternative Treibstoffe – E-Fuel versus Wasserstoff-Verbrennungsmotor

### E-Fuel anstelle fossilem Diesel

- 100 kWh Strom aus einer erneuerbaren Quelle wie einer Windkraftanlage
- Wirkungsgrad der Elektrolyse 75 %
- Wirkungsgrad Syntheseprozess der E-Fuel Herstellung 75 %
- Wirkungsgrad Dieselmotor 35 %
- Wirkungsgrad Traktorgetriebe 85 %
- rund 17 kWh von 100 kWh nutzbar  
hohe Verluste der Energieumwandlung

### Wasserstoff-Verbrennungsmotor

- 100 kWh Strom aus einer erneuerbaren Quelle wie einer Windkraftanlage
- Wirkungsgrad der Elektrolyse 75 %
- Kompression, Kühlung und Transport sind zu 90 % effizient
- Wirkungsgrad H<sub>2</sub> Motor 35 %
- Wirkungsgrad Traktorgetriebe 85 %
- rund 20 kWh von 100 kWh nutzbar  
hohe Verluste der Energieumwandlung

## Verbrennungsmotor durch E-Fuels CO<sub>2</sub> neutral

- E-Fuels sind synthetische Kraftstoffe
- E-Fuels aus erneuerbarem Strom hergestellt sind Kraftstoffe ohne fossile CO<sub>2</sub>-Emissionen
- E-Fuels können neue und alte Fahrzeuge klimaneutral machen
- weltweit gibt es 1,4 Mrd. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor - mit E-Fuel werden sie klimaneutral



Bosch Mobility Solutions  
<https://www.youtube.com/watch?v=6xCZ4DM5upo>  
EN | Bosch is committed to using eFuels, 25.09.2020, 2:28 min

Quelle: Ewald Luger

## Verbrennungsmotor durch E-Fuels CO<sub>2</sub> neutral – Energiebedarf

### Annahmen:

- PV-Energieertrag 850 kWh/kWp und Jahr
- 0,2 kWp/m<sup>2</sup> PV-Fläche
- Dieserverbrauch 1000 l pro Jahr
- Heizwert Diesel 35,7 MJ/l oder 9,917 kWh/l  
(Umrechnung 1 J = 1 Ws und 1 h = 3.600 s)
- gerundet Energieinhalt Diesel ~ 10 kWh/l
- Energiemehrbedarf für E-Fuel Herstellung  
gegenüber fossilem Diesel: rund 50 % mehr  
(fossiler Diesel 25 kWh von 100 kWh nutzbar  
- E-Fuel rund 17 kWh von 100 kWh nutzbar)



Quelle: <https://www.sonnenkraft.com/de/produkte/strom/solar-modul-410-wp.html>



## Verbrennungsmotor durch E-Fuels CO<sub>2</sub> neutral – Energiebedarf

### Berechnung:

- 1000 l Diesel pro Jahr = 10.000 kWh pro Jahr
- dafür erforderliche PV-Anlage: rund 12 kWp
- bei 0,2 kWp/m<sup>2</sup> ist dafür eine PV-Fläche von rund 60 m<sup>2</sup> erforderlich
- eine PV-Anlage mit 12 kWp erzeugt pro Jahr die Energiemenge von 1.000 l Diesel
- eine PV-Anlage mit 18 kWp erzeugt pro Jahr die Energiemenge die für die Herstellung von 1.000 l Diesel E-Fuel benötigt wird
- rund 90 m<sup>2</sup> PV-Fläche sind dafür erforderlich



Quelle: <https://www.sonnenkraft.com/de/produkte/strom/solar-modul-410-wp.html>

## Klimaneutralität für landw. Traktoren und Maschinen – Ausblick 2040

- Der Verbrennungsmotor, betrieben mit Biokraftstoffen, Biomethan, E-Fuels (aus grünem Strom über H<sub>2</sub> synthetisch hergestelltem Diesel, Methanol, usw.) oder als Wasserstoff-Verbrennungsmotor wird eine wichtige Antriebstechnik bleiben.
- E-Fuels werden 2040 bei Traktoren und selbstfahrenden Erntemaschinen wohl der wichtigste Energieträger sein - auch CO<sub>2</sub> neutrale Nutzung alter Traktoren möglich.
- Die meisten leistungsstarken neuen Traktoren und Erntemaschinen werden Hybrid-Traktoren sein. Sie werden 2/3 bis 3/4 der Energie aus dem Kraftstoff- bzw. Methan-gastank und 1/3 bis 1/4 der Energie aus der Fahrbatterie entnehmen. Das hängt vom Preis für E-Fuel, Biomethan bzw. den Kosten von am Hof selbst erzeugtem Strom ab.
- Fahrtriebe neuer Traktoren 2040 sind meist elektrisch, wenn Zapfwellenantrieb dann über E-Motoren, meist E-Antrieb von Anbaugeräten, E-Motor für Hydraulik.

## Klimaneutralität für landw. Traktoren und Maschinen – Ausblick 2040

- Batterie elektrische Traktoren dominieren in der unteren und der mittleren Leistungsklasse: Arbeiten im Gebäude, am Hof, kleinere landw. Betriebe, Kommunaleinsatz, ... sehr schnell aufladbare Batterien und Batterie-Schnellwechselsysteme sind Standard.
- Batterie elektrischen Traktoren ermöglichen in Zeiten geringer Nutzung (z.B. Winter) Stromspeicherung und Rückspeisung von Strom in das Netz – Vehicle-to-Grid (V2G).
- Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle wird es geben und auch Wasserstofftankstellen. Traktoren mit Methanol-Brennstoffzelle überzeugen durch leichtes betanken.
- Zurück zu vernünftigen Größen und Motorleistungen und autonomes Arbeiten kleiner Trägerfahrzeuge und Roboter eröffnen ein großes Potential an Energieeinsparung.
- **Energieeinsatz in der Landtechnik 2040: rund 15 % Biokraftstoffe und Biogas, 85 % elektrischer Strom (für batterieelektrische Antriebe, H<sub>2</sub> Produktion und für E-Fuels)**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**Sie können Fragen stellen**

Aktuelle Trends im Traktorenbau - neue Entwicklungen  
Webinar Landwirt.com - 26. Jänner 2024  
Ewald Luger