

Klimaneutralen Antriebssystemen gehört die Zukunft

Klimaneutralität in Österreich bis 2040

Klimaneutralen Antriebssystemen gehört die Zukunft
16. TAGUNG Landtechnik im Alpenraum – Online – 30. März 2022
Ewald Luger

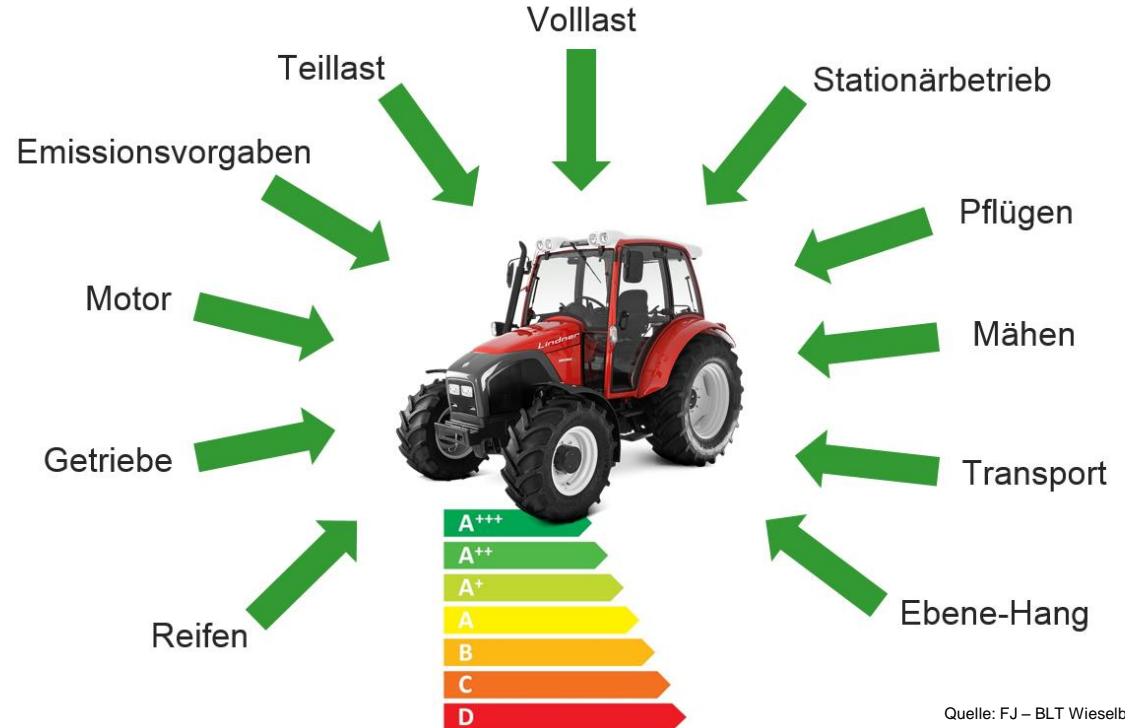
Überblick

- Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch eines Traktors
- Kraftstoffeffizientere Dieselmotoren
- Biokraftstoffe, Methylester, Beimischungen zu fossilem Diesel
- Biokraftstoffe der zweiten Generation
- Methanbetriebene Traktoren
- Antrieb elektrifizierter Anbaugeräte
- Traktoren mit Hybridantrieb
- Batterie elektrische Traktoren
- Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle
- eFuels
- Wie viel Leistung brauchen wir wirklich?
- Selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten

**Ausstieg aus fossilen Energieträgern
in der Landtechnik
Können wir das wirklich?**

Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch eines Traktors

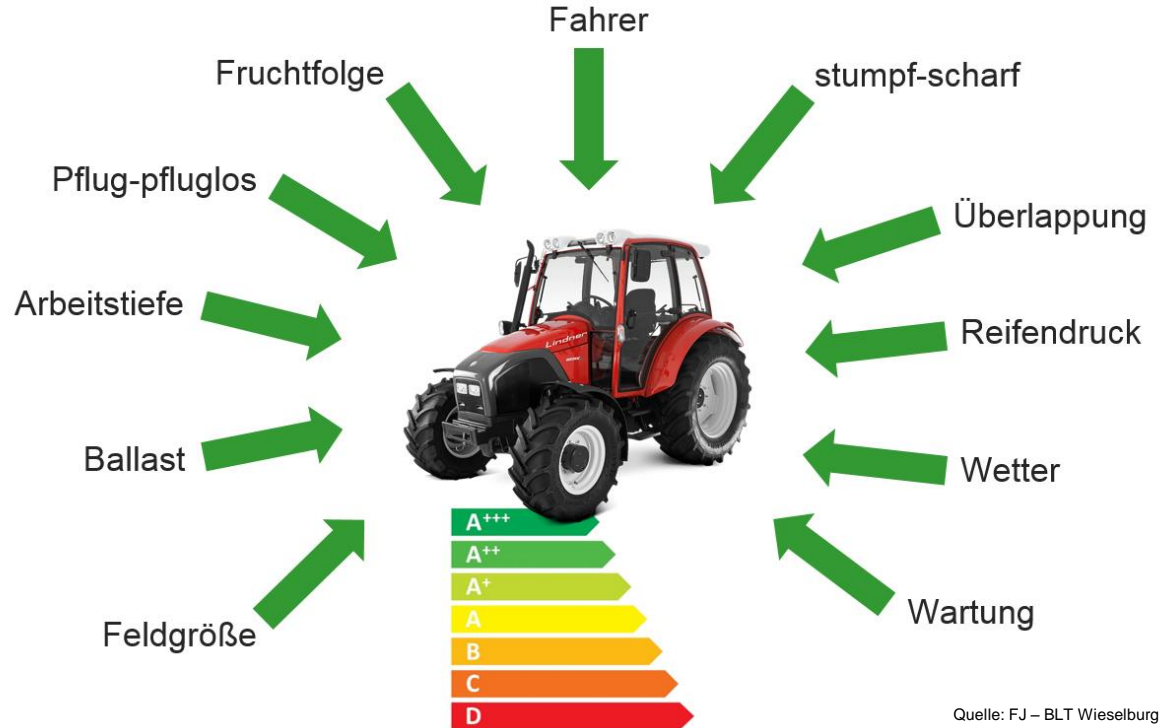
Technische Parameter



Quelle: FJ – BLT Wieselburg

Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch eines Traktors

Prozessparameter



Quelle: FJ – BLT Wieselburg

Kraftstoffeffizientere Dieselmotoren

- Effizienzsteigerung des Dieselmotors auf 50 % möglich
- Traktoren mit Diesel-Elektro Hybridantrieb
- auch in Zukunft eine robuste, zuverlässige und kostengünstige Lösung
- durch erneuerbare Kraftstoffe CO₂ neutraler Betrieb möglich



Bosch Mobility Solutions
<https://www.youtube.com/watch?v=K357ndwqiMg>
EN | Bosch Diesel technology, 25.09.2020, 3:33 min

Quelle: Ewald Luger

Biokraftstoffe, Methylester, Beimischungen zu fossilem Diesel

- Pflanzenölkraftstoff erfordert Motormodifikationen
- Kondensation von Wasser in Biokraftstoffen verursacht Probleme bei Common-Rail-Einspritztechnik
- Kosten von Rapsöl / Liter
- Sojaöl um 10 Cent / l billiger
- Palmöl um 20 Cent / l billiger
- gesetzliche Beimischung von 7 Vol. % Biodiesel führt zur Abholzung des Regenwaldes

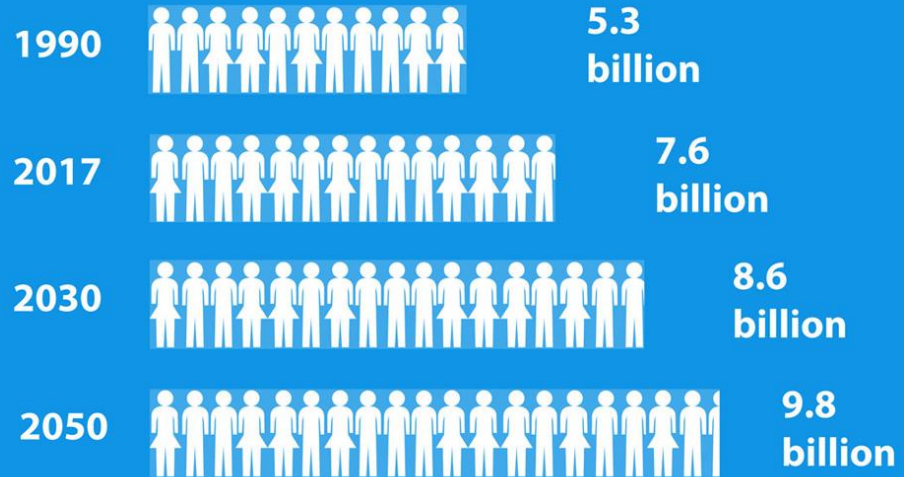


Biokraftstoffe, Methylester, Beimischungen zu fossilem Diesel

- eine kurzfristige Lösung
- langfristiger Nahrungs- und Treibstoffkonflikt
- wachsende Weltbevölkerung
- abnehmende Anbaufläche
- sinkende Erträge durch zunehmende Wasserknappheit, Temperaturerhöhung, immer unfruchtbarere Böden oder gar tote Böden

World Population

Projected world population



Quelle: United Nations Department of Economic and Social Affairs - modifiziert

Biokraftstoffe der zweiten Generation

- pflanzliche Abfälle, landw. Reststoffe, Hackschnitzel, Altspeiseöl, ...
- zum Beispiel Weizenstroh
- kein Konflikt zwischen Nahrung und Treibstoff
- Abbildung: rund 160 Liter Bioethanol können z.B. aus in einem Großballen Maisstroh hergestellt werden
- mischbar mit Benzin für den Einsatz in Ottomotoren



Source: Ewald Luger

Methanbetriebene Traktoren

- New Holland hat 2019 den weltweit ersten Serientraktor mit Methanantrieb vorgestellt
- Erdgas hat einen Methan-gehalt von 89 % bis 98 % und Biogas von etwa 52 % bis 65 %
- Landwirte können aus Energie-pflanzen und landwirtschaftl. Abfällen Biomethan herstellen



New Holland methane powered tractor
<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

Antrieb elektrifizierter Anbaugeräte

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

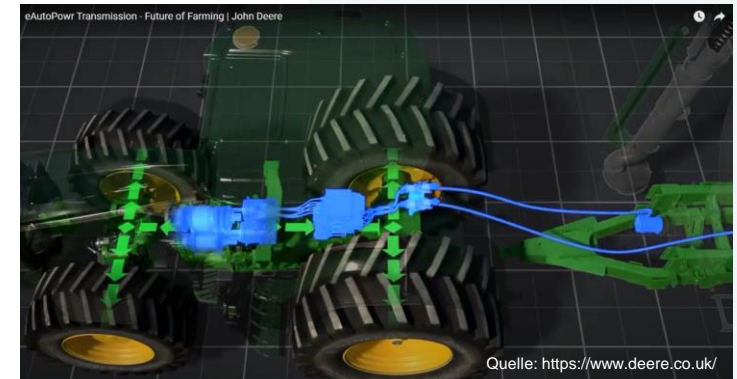
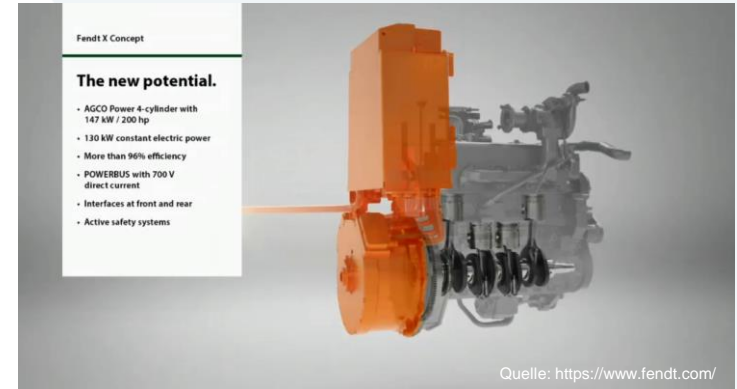
Fendt X Concept

- 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

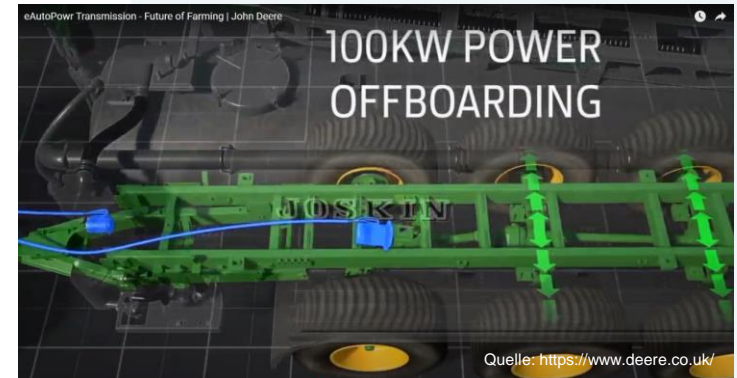
DC versus AC - auf Gerät versus auf Traktor



Antrieb elektrifizierter Anbaugeräte



access to official video on Fendt homepage
https://www.fendt.com/uk/page_916_web_en-GB
Fendt X Concept, unknown, 3:02 min



John Deere - EAutoPowr
<https://www.youtube.com/watch?v=edhZn48RZJc>
eAutoPowr Transmission - Future of Farming | John
Deere, 10.02.2020, 1:39 min

Über Zapfwelle, hydraulisch oder elektrisch angetriebene Geräte?
Es ist eine Art Henne oder Ei - Problem.

Ewald Luger - Klimaneutralen Antriebssystemen gehört die Zukunft

Traktoren mit Hybridantrieb – sie sind bald auf dem Markt

Landini REX4 Electra

ein kompakter Hybridtraktor mit einem 110 PS Dieselmotor der über einen Generator und eine Batterie die elektrisch betriebene Vorderachse antreibt. Durch Power-Managementsystem mehr Kraftstoffeinsparung, besserer Lenkwinkel und mehr Stabilität.

Landini Rex4 Electra

<https://www.youtube.com/watch?v=YixC8iR7r5E&t=34s>

Landini Rex4 Electra - Evolving Hybrid, 11.11.2020, 0:49 min



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=YixC8iR7r5E&t=34s> - modifiziert

Batterie elektrische Traktoren

Rigitrac SKE 40 Electric

Nennleistung: 40 kW

Batterie: 50 kWh Lithium-Ionen

Erhältlich: erwartet im Jahr 2022

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



Rigitrac battery electric tractor (Switzerland)

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

Rigitrac «SKE 50 Electric», 22.08.2019, 4:17 min

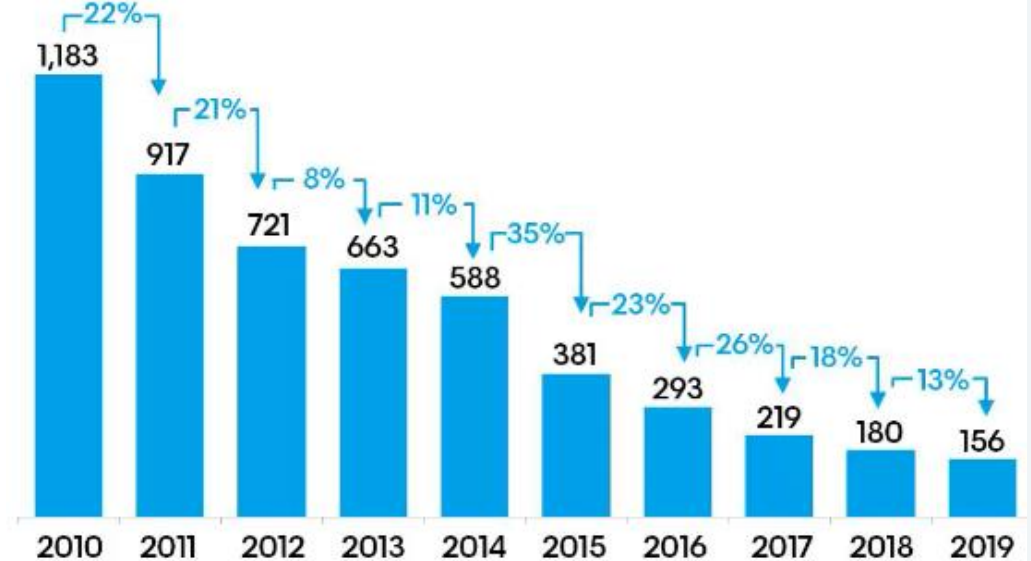
Quelle: <https://www.rigitrac.ch/> - modifiziert

Batterie elektrische Traktoren – Schlüsselpunkt Batteriepreis

- in 10 Jahren Kosten einer Lithium-Ionen-Batterie um fast 90 % gesunken
- in Entwicklung sind Lithiumbatterien die, weil sie weniger seltene Materialien verwenden, noch billiger werden
- revolutionäre Batterien in Entwicklung die Lithium-Ionen-Batterien ersetzen

Lithium-ion battery price survey results: Volume-weighted average

Battery pack price (real 2019 \$/kWh)



Source: <https://insideevs.com/news/386024/bloombergnef-battery-prices-156-kwh-2019/>

Batterie elektrische Traktoren – Schlüsselpunkt Batterieladezeit

- Batterie-Schnellwechselsysteme erlauben eine leere Batterie durch eine vollständig geladene in wenigen Minuten zu ersetzen
- heute dauert das Schnellladen von Lithium-Ionen-Batterien 1 bis 2 Stunden um auf 80 % der vollen Ladung aufzuladen
- man erwartet für Schnellladen in einigen Jahren 10 bis 15 min Ladezeit - 80 % voll
- Salzbatterien versprechen schnelle Ladezeiten, eine Schnellladung soll in weniger als 10 Minuten möglich sein ohne die Lebensdauer der Batterien zu verkürzen

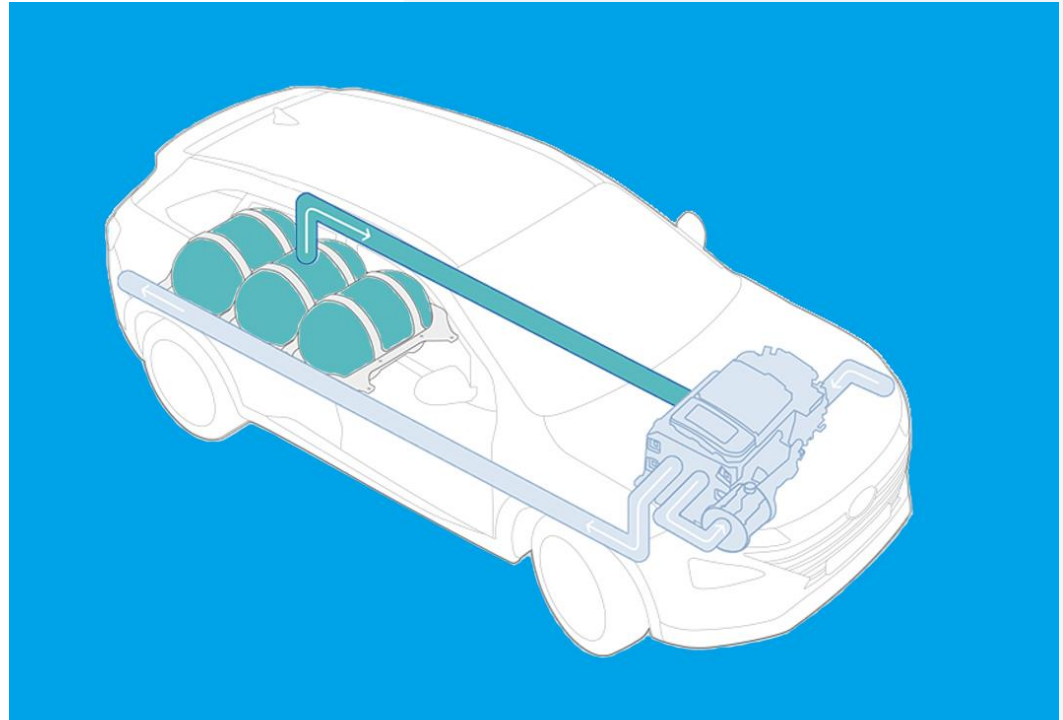


Source: FJ – BLT Wieselburg

Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle

Hyundai stellt seit einigen Jahren das brennstoffzellenbetriebene Elektroauto Nexo her und wendet die Technologie nun auch bei schweren Lkws an. Die Schweiz will 1600 wasserstoffbetriebene Schwerlast-Lkws leasen.

Brennstoffzellen sind leichter als Batterien, und ein Auto kann in fünf Minuten mit Wasserstoff betankt werden.



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

Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle – in Entwicklung

EOX H2trac EXO - 175

Nennleistung: rund 130 kW

Batterie: Wasserstoff Brennstoffzelle

Erhältlich: in Entwicklung

<https://www.e-ox.nl/>



EOX H2trac EXO - 175 (The Netherlands)

<https://www.youtube.com/watch?v=PG8OkUHOx-A>

EOX Groene zomer door 100% H₂O, 18.06.2021, 1:58 min

Quelle: <https://www.e-ox.nl/> - modifiziert

Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle – versus Batterie elektrisch

Wasserstoff-Brennstoffzellen-elektrisch

- 100 Watt 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 Watt von 100 Watt nutzbar**
hohe Verluste der Energieumwandlung

Batterie elektrisch

- 100 Watt 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 Watt von 100 Watt nutzbar**

Hydrogen fuel cell electric – versus battery electric
<https://www.youtube.com/watch?v=ls8QjJzRfog>
Hydrogen Cars Are Taking Over Electric!, 15.06.2021, 8:05 min

Wasserstoff-Verbrennungsmotor – marktreif

DEUTZ Wasserstoffmotor

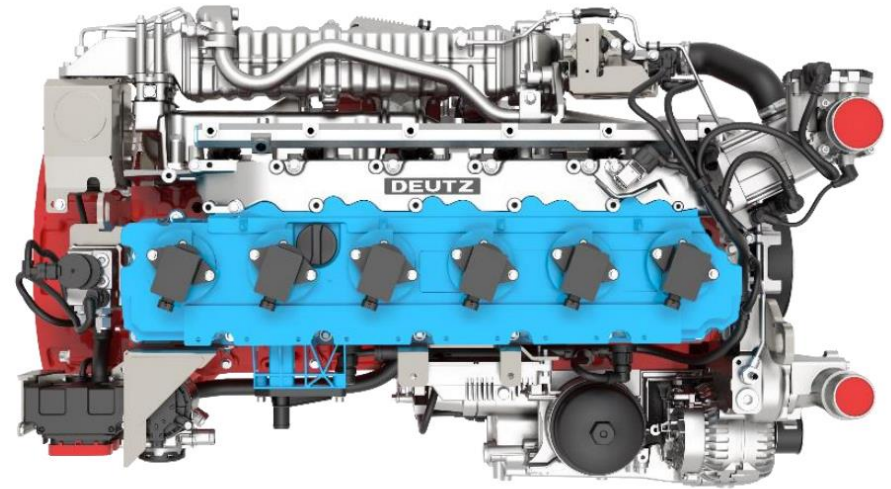
Nennleistung: 200 kW

Type: 6 Zylinder-Motor

Erhältlich: geplant im Jahr 2024

- erfüllt EU Kriterien für CO₂-freie Motoren
- für stationäre Anlagen, Generatoren und Bahnverkehr

DEUTZ hydrogen engine ready for the market (Germany)
<https://www.deutz.com/en/media/press-releases/deutz-hydrogen-engine-ready-for-the-market>



Quelle: <https://www.deutz.com>

eFuels – ein Schlüssel zu nachhaltiger Mobilität

- im sogenannten Power-to-Liquid (PtL) Verfahren wird aus erneuerbarem Strom durch Elektrolyse Wasserstoff (H_2) erzeugt
- H_2 wird mit Kohlendioxid (CO_2) vermischt und verflüssigt – eFuels
- weltweit gibt es 1,4 Mrd Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor - mit eFuels 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

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

Wie viel Leistung brauchen wir wirklich? – energiesparende Praktiken

- Amische Farmer arbeiten mit geringem PS Einsatz
- wir haben verlernt, energiesparende Techniken einzusetzen und weiterzuentwickeln
- elektrisch betriebene Landmaschinen bieten neue Möglichkeiten zum Energiesparen
- **Forschung energiesparende Techniken und Werkzeuge**



Quelle: Elisabeth Luger

Selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten – Fahrer optional

Monarch Tractor - erhältlich

- alles elektrisch
- Fahrer optional
- praktikable Intelligenz
- kann vorhandene Geräte nutzen
- mit autonomen Funktionen auch für Flotte bzw. Schwarm
- für 24/7-Betrieb



Monarch Tractor (US)

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

Monarch Tractor Launch Trailer 2020, 25.02.2021, 1:58 min

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

Selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten - Roboter mit Solarantrieb

FarmDroid - erhältlich

- Feldroboter mit Solarantrieb
- Aussaat- und Hackroboter
- speichert die exakte Position der Saatgutablage und damit eine punktgenaue mechanische Unkrautbekämpfung
- bis zu 24 h täglicher CO₂-neutraler Betrieb



Farmdroid seeding and weeding robot (Denmark)
<https://www.youtube.com/watch?v=Zlqguf1J-38>
Farmdroid FD20, 22.10.2020, 1:22 min

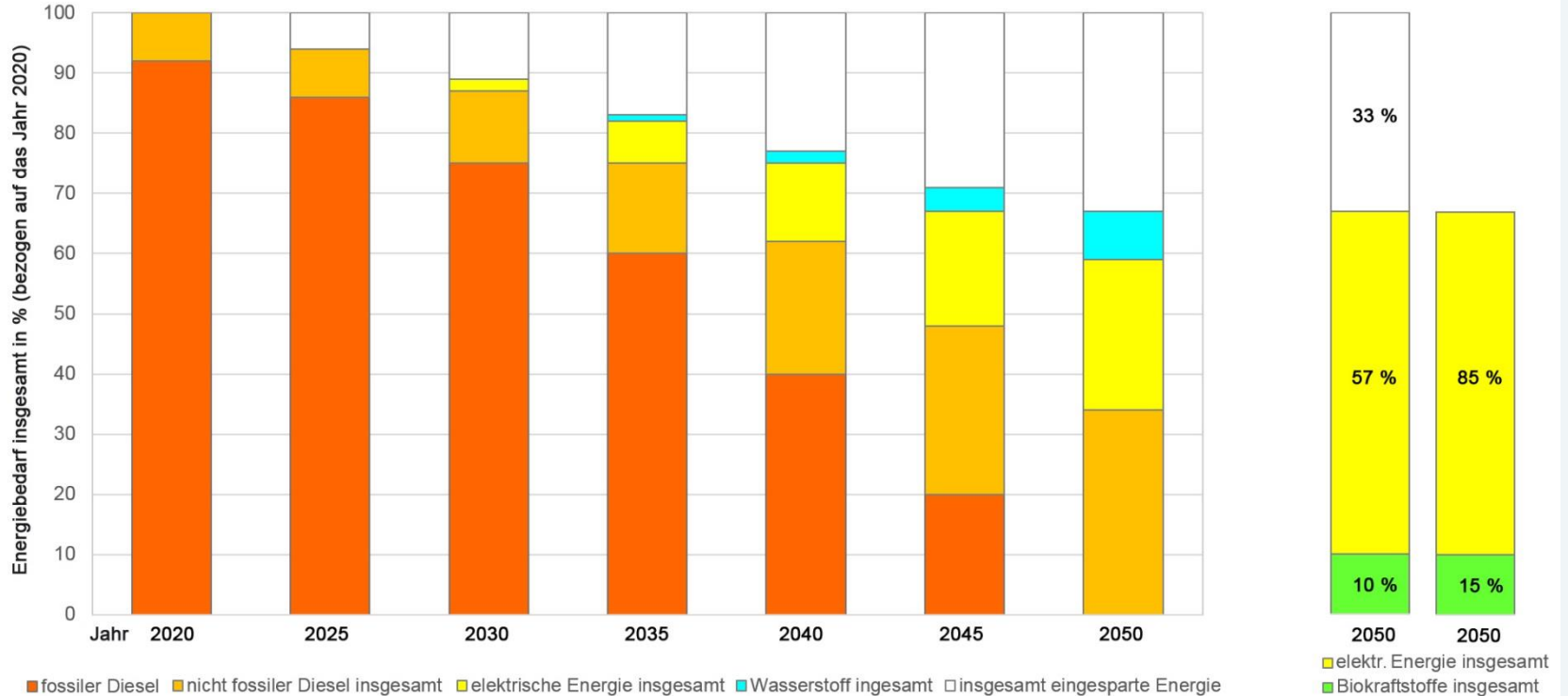
Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=Zlqguf1J-38>

Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik – können wir das?

Energieeinsparung durch kraftstoffeffizientere Dieselmotoren	0	1	1	2	2	3	3
Energieeinsparung durch optimierte Prozessparameter	0	2	4	6	8	10	12
Energieeinsparung durch Einsatz elektrifizierter Anbaugeräte	0	1	2	3	4	5	6
Energieeinsparung durch vernünftige Leistungsanforderungen	0	1	2	3	4	5	6
Energieeinsparung durch effizienter Techniken und Werkzeuge	0	1	2	3	5	6	6
insgesamt eingesparte Energie	0	6	11	17	23	29	33
Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle	0	0	0	1	2	4	8
Wasserstoff insgesamt	0	0	0	1	2	4	8
Selbständiges Arbeiten in kleinen Einheiten - batterie elektrisch	0	0	1	2	3	4	5
Batterie elektrische Traktoren	0	0	1	4	8	12	16
Traktoren mit Hybridantrieb - Anteil an elektrischer Energie	0	0	0	1	2	3	4
elektrische Energie insgesamt	0	0	2	7	13	19	25
Traktoren mit Hybridantrieb	0	1	2	5	8	10	12
Traktoren mit Hybridantrieb - Anteil an nicht fossilem Diesel	0	1	2	4	6	7	8
Andere	1	0	0	0	0	0	0
eFuels	0	0	2	4	8	12	16
Methanbetriebene Traktoren	0	0	1	1	2	2	2
Biokraftstoffe der zweiten Generation	0	0	1	1	2	4	6
Biokraftstoffe, Methylester, Beimischungen zu fossilem Diesel	7	7	6	5	4	3	2
nicht fossiler Diesel insgesamt	8	8	12	15	22	28	34
fossiler Diesel	92	86	75	60	40	20	0
Energiebedarf insgesamt in % (bezogen auf das Jahr 2020)	100	100	100	100	100	100	100
Jahr	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050

Quelle: FJ – BLT Wieselburg

Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik – können wir das?



Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik – ja wir können!

Erste Annahmen und Berechnungen von FJ-BLT Wieselburg zum Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik bis zum Jahr 2050 zeigen, dass in Summe 33 % des Energiebedarfes in der Landtechnik von 2020 (Jahr 2020 Basis 100 %) eingespart werden kann. Rund 8 % der Energie wird in Form von Wasserstoff für Traktoren mit Wasserstoff-Brennstoffzelle bzw. mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren umgesetzt werden, 25 % des Kraftstoffverbrauches der Landtechnik wird unmittelbar durch elektrische Energie ersetzt und die verbleibenden 34 % wird der Bedarf an nicht fossilem Diesel sein.

Diese 34 % nicht fossiler Diesel könnten zu 24 % eFuels, zu 2 % Biomethan, zu 6 % Bio-kraftstoffe der zweiten Generation und zu 2 % Pflanzenöle und Biomethylester sein. Eine Schlüsselrolle wird dem Einsatz von eFuels zukommen, insbesondere dann, wenn Klimaneutralität für landwirtschaftliche Traktoren und Maschinen in Österreich bis 2040 erreicht werden soll.

Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik – die größten Risiken

- tagelanger Blackout, keine Stromversorgung, kein Internet, keine Hightech-Traktoren und Hightech-Landmaschinen können betrieben werden
- Terroranschläge oder bewaffnete Konflikte führen zu Störungen der Satellitennavigation oder des Internets, wodurch Hightech-Traktoren und Hightech-Landmaschinen nicht oder nur eingeschränkt betrieben werden können
- unerwartetes Ereignis, extreme kosmische Strahlung, Meteorit - Zerstörung von Mikroelektronik und Hightech durch Strahlung oder Magnetfelder - die Elektronik von Hightech-Traktoren und Hightech-Landmaschinen wird irreparabel zerstört
- **Hoffentlich kommt das Worst-Case-Szenario nie. Hightech ist riskant.**

Ausstieg aus fossiler Energie in der Landtechnik – Worst Case Scenario

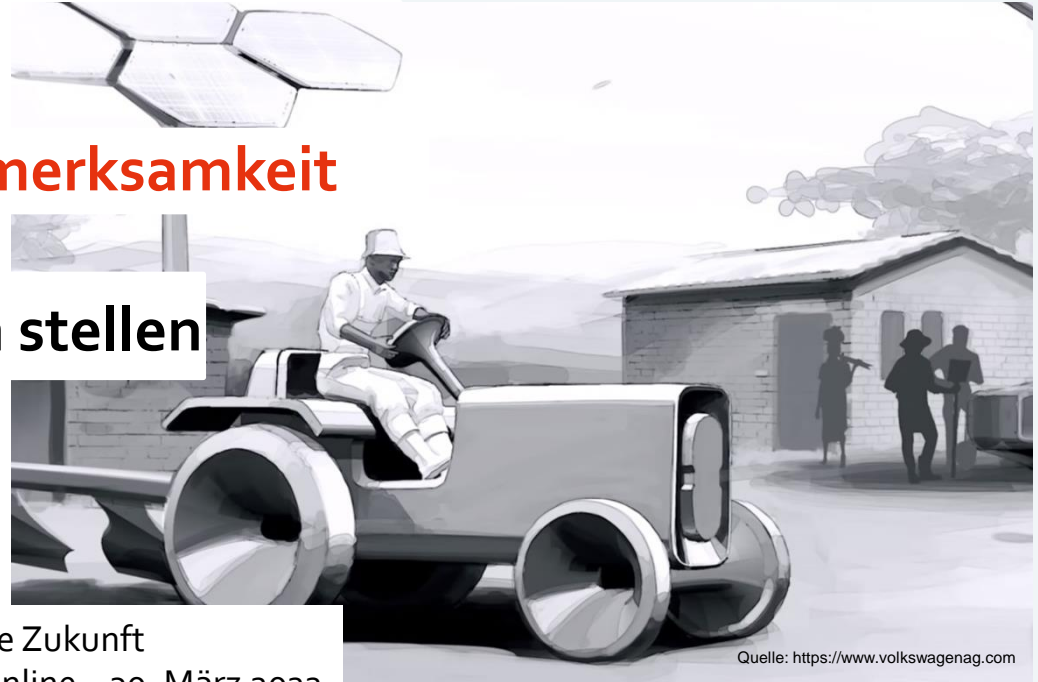
Rückkehr zu Low-Tech, Traktoren mit einfachen Dieselmotoren und ohne Elektronik, Zugtiere, menschliche Arbeitskräfte auf dem Hof wie damals. Aber wie war das damals? Im Internet kann man nicht googeln, denn in diesem Szenario ist das Internet tot, ebenso tot wie die Tiere, die in ihren Ställen ums Leben kamen und die Menschen, die in ihren Häusern aus Mangel an Wasser und Nahrung starben.



Ein e-Traktor für Afrika – Volkswagen AG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Sie können gerne Fragen stellen



Quelle: <https://www.volkswagenag.com>

Klimaneutralen Antriebssystemen gehört die Zukunft
16. TAGUNG Landtechnik im Alpenraum – Online – 30. März 2022
Ewald Luger