

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 82 (2020)
Heft: 11

Artikel: Alternativ oder nur naiv?
Autor: Hunger, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082498>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Wie sieht die Zukunft nach Diesel und Benzin aus? Auch der RigiTrac «SKE 50» ist elektrisch unterwegs. Bild: Knüsel

Alternativ oder nur naiv?

Seit Jahrzehnten sind Verbrennungsmotoren verlässliche Lieferanten von Antriebsenergie auch für landwirtschaftliche Maschinen. Die schädlichen Auswirkungen insbesondere durch den Dieselmotorkraftstoff rufen nach alternativen Antriebssystemen. Optimismus ist gut, falsche Hoffnungen wecken weniger.

Ruedi Hunger

Schon zu Beginn der Mechanisierung in der Landwirtschaft war man auf der Suche nach dem richtigen Antriebssystem. Schliesslich hat sich der Verbrennungsmotor durchgesetzt und dominiert seit Jahrzehnten die Antriebssysteme in der Landtechnik. Allen Verbrennungsmotoren gemeinsam ist allerdings die Eigenschaft, dass die Bewegungsenergie über den Umweg der Wärmeerzeugung gewonnen wird, wobei ein Grossteil der Wärme ungenutzt verloren geht.

Prügelknabe: Dieselmotor

Der Dieselmotor ist derzeit die dominierende Technologie bei mobilen landwirt-

schaftlichen Maschinen. Er zeichnet sich aus durch die innere Gemischbildung mit Selbstzündung. Der Dieselmotor, der bei den heutigen Verbrennungsmotoren die höchste Effizienz aufweist, zeichnet sich dadurch aus, dass er sehr leistungsstark ist. Um die durch die Verbrennung entstehenden Schadstoffe zu reduzieren, haben die Hersteller «inner- und aussermotorische» Massnahmen ergriffen. Zu den innermotorischen Massnahmen zählen unter anderem die Optimierung des Brennraums, die gezielte Formung des Einspritzverlaufs und die Abgasrückführung (AGR). In die Gruppe der aussermotorischen Massnahmen gehören die Ab-

gasnachbehandlungssysteme. Es sind dies der Dieseloxydationskatalysator (DOC), der Dieselpartikelfilter (DPF) und die Selective Catalytic Reduction, üblicherweise SCR-Katalysator genannt. Eine Übersicht zu den inner- und aussermotorischen Massnahmen zeigt Tabelle 1.

Würdigung der erreichten Ziele

Aller Kritik zum Trotz gilt es, die erreichten Emissionsminderungen der letzten zwanzig Jahre zu würdigen. Beispielsweise emittiert ein Traktor (70 kW) mit Baujahr 2000 die gleiche Partikelmasse (1,25 g/kWh) wie 92 Traktoren (70 kW) mit Baujahr 2020 (Landis, Agroscope). Al-

lerdings wächst der Dieselluss-Anteil der Landwirtschaft proportional weiter, weil die übrigen Fahrzeuge (Fahrzeugkategorien) ihren Anteil zum Teil schneller reduzieren. Ein Grund ist, dass der Treibstoffverbrauch aller Personenwagen über die vergangenen Jahre kontinuierlich gesunken ist. Bei den Traktoren ist dies leider nicht der Fall.

Ottomotoren

Bei Kleinmaschinen werden in der Mehrzahl Ottomotoren (Benzinmotor) verbaut. Diese zeichnen sich aus durch äussere

Im Gegensatz zu fossilen Kraftstoffen benötigen Biotreibstoffe den Nachweis, dass sie nachhaltig erzeugt wurden und tatsächlich Treibhausgasemissionen reduzieren.

Gemischbildung und Fremdzündung. Die Motorabgase sind weniger stark mit Schadstoffen, insbesondere Russ, belastet als beim Dieselmotor. Das ist auch der Grund, warum die Abgasnachbehandlung mit einem 3-Weg-Katalysator einfach



Rapsölkraftstoffe sind ebenso zuverlässig wie Dieselöl. Beim Klima-, Boden- und Gewässerschutz sind Biotreibstoffe dem Diesel aber weit voraus. Bild: TFZ

cher ist als beim Dieselmotor. Neu werden Ottomotoren in mobile Arbeitsmaschinen als Prototyp für die Verwendung von Methan oder anderer Kraftstoffe eingebaut. Dies immer dann, wenn sich das Dieselpinzip nur bedingt oder gar nicht eignet.

Gesucht: Alternativen

Vorerst: Warum braucht es Alternativen und welches sind die Treiber für alternative Antriebe? Mindestens eine Antwort ist rasch gefunden, es sind die aktuellen

Klimadiskussionen. Um diese pauschale Aussage etwas zu differenzieren, sei auf die CO₂-Emissionen verwiesen. Um diese Emissionen im Bereich Verkehr (inkl. landwirtschaftliche Fahrzeuge) zu reduzieren, brauchen die Hersteller aber einen zeitlichen Vorlauf von mehreren Jahren. Denn neue Technologien und damit neue Modelle benötigen Entwicklungszeit und müssen dem harten Praxisalltag in allen Belangen genügen.

Als Alternative empfehlen sich beispielsweise Gas, Wasserstoff, Elektro(Plug-in)-Hybride¹ und reine Elektroantriebe. Wenn von alternativen Antrieben gesprochen wird, geht oft vergessen, dass es grosse Anstrengungen braucht, um die dafür notwendige Infrastruktur in Form von Lade- und Tankinfrastruktur für Strom und alternative Treibstoffe aufzubauen. Insbesondere für Letztere müsste eine komplette Versorgungsinfrastruktur im ländlichen Raum aufgebaut werden. Derzeit kann man sich beispielsweise eine «Hoftankstelle» für Wasserstoff nicht vorstellen. Auch private Investitionen in grösserem Umfang als nur einem Diesello-tank sind in Zukunft vermutlich unumgänglich.

Hoffnungsträger: Gasmotoren

Fachleute betonen immer wieder, dass die Landwirtschaft für die Herstellung und Nutzung von Gas prädestiniert ist. Heute wird vorwiegend «Compressed Natural Gas» (CNG) verwendet. CNG kann als Methan aus regenerativen Quellen stammen, das mithilfe regenerativen Stroms über Elektrolyse als Synthesegas

Tabelle 1: Inner- und aussermotorische Massnahmen

DOC Dieseloxidationskatalysator	Hauptaufgabe ist die Oxidation von Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffen zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Zudem oxidieren im DOC flüchtige Partikelbestandteile und das Verhältnis von Stickstoffdioxid zu Stickstoffmonoxid wird erhöht.
DPF Dieselpartikelfilter	Primäre Aufgabe ist die Abscheidung von Partikeln aus dem Abgasstrom. Mit zunehmender Menge von Russpartikeln und Asche vergrössert sich der Strömungswiderstand im Filter. Deshalb ist in gewissen Intervallen ein aktives Regenerieren notwendig.
SCR Selective Catalytic Reduction	Beim Abgasnachbehandlungssystem SCR werden Stickstoffoxide mit dem Reduktionsmittel Ammoniak (NH ₃) zu unschädlichem Elementar-Stickstoff und Wasser umgesetzt. Das Ammoniak stammt aus der dem Abgasstrom zugeführten Harnstoff-Wasser-Lösung (bekannt unter dem Produktamen AdBlue). Partikelanzahl bleibt hoch.
AGR Abgasrückführung (innermotorische Massnahme)	Die NOx-mindernde Wirkung beruht im Wesentlichen auf einem langsamer ablaufenden Verbrennungsprozess und den daraus resultierenden geringeren Spitzentemperaturen (weniger NOx). Das rückgeführte Abgas weist einen geringeren Sauerstoffanteil auf und nimmt nicht mehr aktiv an der Verbrennung teil.

Tabelle 2: Verschiedene Gas-Arten zur Verbrennung in Motoren

LPG (Liquefied Petroleum Gas)	Gemisch aus Butan und Propan und damit ein Nebenprodukt der Erdöl- und Erdgasförderung	Bei der Verbrennung rund 15% weniger CO ₂ wie Benzin, ist letztlich aber keine umweltfreundliche Alternative zu Benzin und Diesel.
LNG (Liquefied Natural Gas)	LNG wird auf -162 Grad gekühlt und verflüssigt. Nach der Verdichtung beträgt das Volumen noch 1/600 des ursprünglichen Volumens.	Zur Verdichtung von gasförmigem LNG in Flüssigerdgas sind hohe Energiemengen notwendig, zudem werden bis zu 15% Kohlendioxid freigesetzt.
Bio-LNG (Bio-Methan)	Mit Flüssiggas aus biologischer Herstellung beträgt die CO ₂ -Einsparung bis zu 90% im Vergleich zu fossilem Erdgas. Es führt folglich kein Weg an Bio-LNG vorbei.	Das flüssige Bio-Methan wird regional in Biogas-Anlagen produziert. Es fallen nur kurze Transportwege an. Letztendlich ist es chemisch mit fossilem LNG identisch.
H₂ Wasserstoff (als Treibstoff im Wasserstoffmotor)	Wird oft als Kraftstoff der Zukunft bezeichnet. Voraussetzung ist die Verwendung von regenerativer Energie bei der Herstellung. Bei der Verbrennung entstehen keinerlei Schadstoffe, lediglich Wasserdampf bleibt zurück.	H ₂ wird ebenfalls über die Brennstoffzelle zur Stromgewinnung genutzt. Zur H ₂ -Gewinnung sollte in jedem Fall regenerativer Strom verwendet werden, sonst ist die Gesamtbilanz nicht wirklich umweltfreundlich.

bereitgestellt wird. Wenn CNG auf unter -162 °C gekühlt wird, verflüssigt es sich und es entsteht das sogenannte «Liquefied Natural Gas» (LNG). Für die Verflüssigung werden vorab rund 15% des Energiegehaltes von Methan beansprucht. Grundsätzlich ist die Dichte von CNG und LNG wesentlich geringer als jene von Dieseltreibstoff. Die Heizwerte (MJ/kg) sind leicht höher. Umgekehrt ist der Heizwert pro Liter bei CNG rund 5,5-mal und bei LNG um 2-mal geringer als bei Diesel. Die bisher umgesetzten Gasmotor-Projekte für Traktoren haben die Machbarkeit bewiesen, aber auch nicht mehr. Den Beweis der Praxistauglichkeit tritt derzeit New Holland mit dem «T6-Methan Power» an. Eine Übersicht zu den möglichen Gas-Qualitäten zeigt Tabelle 2.

Aktuell: Wasserstoff-Mobilität

Wasserstoff ist 14-mal leichter als Luft und verflüchtigt sich schnell. Nach einer Verflüssigung bei tiefen Temperaturen (-250 °C) kann Wasserstoff in thermisch isolierten Tanks gespeichert werden. Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz von Wasserstoff als Antriebsenergie ist die Verwendung von Strom aus erneuerbaren Quellen.

- Wasserstoff kann technisch als Treibstoff für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor verwendet werden. Allerdings ist der Wirkungsgrad eines mit Wasserstoff betriebenen Verbrennungsmotors geringer als mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle. Da Was-

serstoff keinen Kohlenstoff enthält, entstehen in einem Verbrennungsmotor nur Stickstoffoxide und geringe Spuren weiterer Schadgase, die auf die kohlenstoffhaltigen Öle für die Motorschmierung zurückzuführen sind.

- Wasserstoffnutzung über Brennstoffzellen ist eine besondere Form von Elektroantrieb. Der entscheidende Unterschied besteht darin, dass der Strom nicht aus einer externen Stromquelle in einen Akku gespeist und von diesem dann allmählich an den Motor weitergegeben wird, sondern dass die Brennstoffzelle während der Fahrt den Strom erzeugt. Im Gegensatz zum Verbrennungsmotor geht bei diesem Prozess keine Energie durch Wärme verloren.

Momentan ist die Bereitstellung von elektrischem Strom aus Wasserstoff über Brennstoffzellen für die landtechnische Anwendung noch nicht in Sicht. Für Feldarbeiten muss in der Regel eine ununterbrochene Arbeitsdauer von mindestens zehn Stunden gewährleistet sein. Derzeit ist das Tankstellennetz

nicht auf die Landwirtschaft ausgerichtet. Wasserstofftankstellen erfordern Investitionen in der Höhe von rund einer Million CHF. Bis Anfang Oktober 2020 gab es in der Schweiz drei Wasser-

Ein Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV) wird immer von einem Elektromotor angetrieben, es ist somit automatisch auch ein Elektrofahrzeug.

stoff-Tankstellen. Der Ausbau erfolgt aber zügig und bis Ende 2020 soll es auf der Achse Bodensee-Genfersee sieben Tankstellen geben (inkl. der Forschungstankstelle an der Empa mit rund 50 Stammkunden). Was für LKW (und PKW) auf der Ost-West-Achse also machbar ist, kann für die Landwirtschaft aufgrund fehlender dezentraler Versorgung mit «Hoftankstellen» noch längere Zeit ausgeschlossen werden. Auch wenn New Holland bereits 2011 an der Agritechnica einen «ersten Wasserstofftraktor» vorgestellt hat, ist daraus nun stattdessen ein «Methan-Power-Traktor» geworden, der 2020/2021 in Serie hergestellt wird. Rein auf den Betrieb bezogen, ist der Wasserstoffan-



Gas(CNG)-Konzept-Vorschläge machen auch vor den Erntemaschinen nicht Halt. Bild: zVg

trieb der sauberste Antrieb überhaupt. Allerdings relativiert sich diese Feststellung, wenn man die Produktion von Wasserstoff und den Bau der Brennstoffzellen mit in die Ökobilanz einbezieht. Eine wirklich ausgeglichene Ökobilanz erreicht der Wasserstoffantrieb erst, wenn der Herstellungsprozess energieeffizienter wird und der dazu verwendete Strom ausschliesslich aus regenerativen Quellen stammt.

Zukunftsträchtig: zerlegtes Wasser

Jules Verne hat bereits 1870 gesagt: «Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. Die Energie von morgen ist Wasser, das durch elektrischen Strom zerlegt worden ist. Die so zerlegten Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, werden auf unabsehbare Zeit hinaus die Energieversorgung der Erde sichern» (Zitat H2energy/Coop). 150 Jahre nach Jules Vernes Aussage stellen wir heute fest, dass sich die

Energienutzung nicht so gradlinig entwickelt hat, wie er es sich vorstellte. Allerdings gibt es viele Anzeichen, dass nach verschiedenen Zusatzschlaufen dennoch dieses Ziel anvisiert wird.

Eine Brennstoffzelle wandelt einen chemischen Energieträger, der als «Brennstoff» dient, in elektrische Energie um. Anders als bei einer Batterie ist der chemische Energieträger nicht fest eingebaut, sondern wird im Betrieb laufend

Tabelle 3: Alternative Antriebskonzepte und deren Entwicklungsstand

Gasmotor, Methan Power Traktor (praxisreif)		
	«New Holland Methan Power» Der New Holland T6 Methan Power bringt die gleiche Leistung wie sein baugleiches Diesel-Pendant, also 132 kW/180 PS und ein Drehmoment von 740 Nm. Weltweit erster kommerzieller Methantraktor mit Serienreife. Voraussichtlicher Produktionsbeginn 2020 bzw. 2021.	Der NH-T6-Methantraktor ermöglicht dem Bauernhof der Zukunft, der über eine eigene Biogasanlage verfügt, eine weitgehend CO ₂ -neutrale Produktionskette. Der Traktor produziert dank seinem Gasantrieb 99% weniger Feinstaub und produziert 10% weniger CO ₂ -Emissionen und 80% weniger Gesamtemissionen als ein vergleichbarer Dieselmotor.
Batterie-Elektro-Traktor (Prototyp in Praxistest)		
	Elektro-Traktor Fendt «e100 Vario» Auch nach der Erstpräsentation 2017 befindet sich der E-Traktor laut Fendt «... in einem Projektstadium, welches sich unternehmensstrategisch mit der Elektrifizierung von Landtechnik beschäftigt...». Zahlreiche Praxistests in der Landwirtschaft, im Kommunalbereich und im Winterdienst.	Vollelektrischer Traktor mit 50 kW Antriebsleistung. Als Energiequelle dient eine 650-V-Li-Ion-Batterie mit einer Kapazität von 100 kWh. Unter realen Einsatzbedingungen reicht die E-Versorgung bis zu fünf Betriebsstunden. Die Batterie kann kurzzeitige Boostleistungen bis zu 150 kW für Geräteantriebe freigeben. Steht auf dem Hof regenerative Energie zur Verfügung, kann der Betrieb CO ₂ -neutral erfolgen.
Autonomer, batterieelektrischer Prototyp (nicht serienreif)		
	John-Deere-E-Traktor Zukunftsstudie Seit 20 Jahren beschäftigt sich die Traktoren-Branche mit der Elektrifizierung von Landmaschinen. Zur Frage, wann die Bauern erste serienmässige Elektro-Traktoren einsetzen könnten, sagt Peter Bickel vom JD-Forschungszentrum: «Das dauert noch eine ganze Weile.» Der Prototyp sei laut JD noch in keiner Weise serienreif.	Derzeit stehen die Batterie-Hersteller in der Pflicht, da die heutigen Batterien nicht ausreichend (lange) Energie bereitstellen. Beispielsweise braucht ein Traktor mit 185 kW (250 PS) bei einer Einsatzzeit von zehn Stunden und 50-prozentiger Auslastung eine Batteriekapazität von über einer MWh. Selbst wenn solche Batterien erhältlich wären, sind sie für Landwirte nicht bezahlbar (Bickel, JD).
Diesel/Elektro-Hybrid-Traktor (Konzeptstudie)		
	«Steyr-Konzept» Hybrid-Traktor-Studie ohne ein mechanisches Getriebe und ohne hydraulische Komponenten im Antriebsstrang. Traktorhydraulik und Zapfwelle werden elektrisch angetrieben. Für E-Anbaugeräte stehen 700-V- und 48-V-Anschlüsse zur Verfügung. Vorgestellt Agritechnica 2019. Weiterentwicklung und Serienproduktion noch unbekannt.	Modularer Hybrid-Elektro-Antrieb, mit einem FPT-Dieselmotor, einem Generator und mehreren Elektromotoren. Der Vortrieb erfolgt über vier einzelne Radnaben-E-Motoren, die sowohl vom Generator als auch von einer 60-kWh-Batterie mit Energie versorgt werden können. Rückgewinnung (Rekuperation) und Speicherung von Energie bei Bergabfahrten.
Autonomer, batterieelektrischer Konzeptstudie mit Solarzellen (Entwicklung unbekannt)		
	Kubota-X-Traktor Konzeptstudie Der Elektro-Antrieb dieser Traktor-Konzeptstudie bezieht seine Energie aus einer Kombination von Li-Ion-Akkus (Lithium-Ionen-Akkus) und Solarzellen. Inwieweit dieser autonome Raupen-Traktor je in Serie geht oder doch nur ein Konzept bleibt, ist unbekannt.	Autonomer Elektro-Traktor mit Solarpower. Dieser vollautonome Traktor arbeitet auf der Grundlage von Umwelt- und Wetterdaten und wählt automatisch die beste Option aus.

von aussen zugeführt. Auf der Suche nach kostengünstigen Antriebskonzepten mit geringen CO₂-Emissionen bieten sich Fahrzeuge an, die den für den Antrieb benötigten Strom über wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen erzeugen. Das erste Brennstoffzellenfahrzeug der Welt wurde übrigens schon 1959 präsentiert. Es war ein Traktor des US-Herstellers «Allis-Chalmers». Dieses Einzelstück diente allerdings nur zu Demonstrationszwecken. Gut 50 Jahre später präsentierte New Holland 2011 mit dem NH2TM-Traktor-Konzept «den saubersten Traktor der Welt». Ausgerüstet mit einem Wasserstofftank und Brennstoffzellen-Technik, wurde Strom für den elektrischen Antrieb produziert. Ganz nach dem Motto «Eine Schwalbe macht noch keinen Frühling» ist dies zwar ein wertvoller Ansatz, dessen Umsetzung für die breite Verwendung aber noch Jahre braucht. Deshalb «wandelte» sich der Wasserstoff-Konzept-Traktor wie bereits erwähnt in einen heute praxisreifen Methan-Power-Traktor.

Wirkungsgrad Brennstoffzelle

Mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen erreichen Wirkungsgrade von rund 80%, ein Fahrzeug mit einer solchen Brennstoffzelle erzielt einen solchen von etwa 50%. Wird die Wasserstoff-Herstellung miteinbezogen, liegt der Wirkungsgrad bei knapp 30%. Wird bei einem bat-

terieelektrischen Fahrzeug die Stromerzeugung in die Bilanz einbezogen, ist der Wirkungsgrad nur wenig besser als bei einem Fahrzeug mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle. Positiv zu werten ist, dass ein Brennstoffzellenantrieb einen wesentlich höheren Wirkungsgrad hat als ein Verbrennungsmotor. Die Reichweite eines Brennstoffzellenfahrzeuges ist vergleichbar mit einem herkömmlichen Diesel- oder Benzinfahrzeug.

Hohe Kosten

Derzeit stehen zwei Faktoren einem umfassenden Erfolg der Brennstoffzellen-Technik im Weg: die hohen Herstellungskosten der Brennstoffzellen-Stacks² und die aktuell noch ernüchternde Umweltbilanz für die Produktion von Wasserstoff als Kraftstoff (wenn nicht regenerativer Strom verwendet wird). In Brennstoffzellen können auch Methan oder Methanol eingesetzt werden, aber nur Wasserstoff verursacht keine CO₂-Emissionen. Weiter gilt es zu beachten, dass eine Brennstoffzelle nicht ohne Platin auskommt (dient als Katalysator). Eine rasche Verbreitung des Wasserstoffantriebes hätte einen erheblichen Mehrbedarf dieses Edelmetalls zur Folge.

E-Traktoren: es dauert

Verbrennungsmotoren wandeln die chemisch gebundene Energie in Kraftstoffen in mechanische Energie um. Im Gegen-

satz dazu wird in elektrischen Antrieben die elektrische in mechanische Energie umgewandelt. Die Stromerzeugung ist je nach Technologie mit unterschiedlich hohen Emissionen klimarelevanter Gase verbunden, aber lokal im Betrieb entstehen keine Abgase. Elektrische Maschinen arbeiten nahezu geräuschlos und entwickeln deutlich weniger Abwärme als Verbrennungsmotoren. Generatorkonzepte ermöglichen die Bereitstellung elektrischer Leistung für Anbaugeräte oder Zusatzfunktionen unter Beibehaltung konventioneller Antriebssysteme. Hybride Konzepte sind für landwirtschaftliche Maschinen bisher kaum verfügbar.

Als Motor und als Generator

Neben der besseren Effizienz elektrischer Antriebe ist ein Betrieb in beide Richtungen möglich, das heisst, sowohl als Motor (Stromverbraucher) als auch als Generator (Stromproduktion). In der Praxis heisst das, dass im motorischen Betrieb das Fahrzeug angetrieben und im generatorischen Betrieb gebremst wird. In diesem Betriebszustand lässt sich ein Teil der kinetischen Energie speichern. Voraussetzung ist dann allerdings ein geeigneter Speicher.

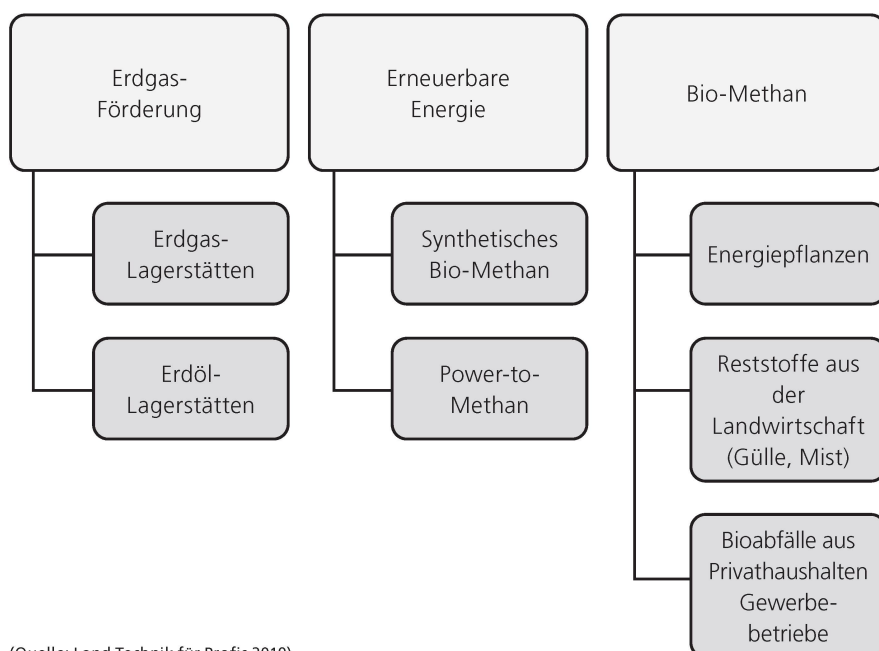
Schon heute stehen elektrisch betriebene Fahrzeuge und Geräte bis etwa 100 kW Motorleistung in Hofnähe und für Hof- und Stallarbeiten im Einsatz. Elektromotoren sind gut steuerbar, haben einen hohen Wirkungsgrad und sind wartungsarm. Für elektrisch betriebene Maschinen kann selbst erzeugter Solar-Strom verwendet werden.

Fazit

Der Dieselmotor ist unter Druck. Diese Tatsache wirft auch ein negatives Image auf entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge und Maschinen. Es gibt Alternativen, und zwar gleich mehrere. Allerdings ist deren Entwicklungsstand unterschiedlich weit fortgeschritten. Es ist anzunehmen, dass in den nächsten Jahrzehnten der Dieselmotor teilweise durch Alternativantriebe abgelöst wird. Das Naive an der ganzen Geschichte ist aber, daran zu glauben, der Dieselmotor könne bereits «morgen» durch alternative Antriebssysteme auf breiter Front ersetzt werden. ■

1) Plug-in-Hybrid, Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb, dessen Akkumulatoren auch am Stromnetz geladen werden können (Wikipedia).
2) Stack: mehrere in Reihe geschaltete Zellen in einer Brennstoffzelle.

Grundlagen für Gas als Kraftstoff



(Quelle: Land.Technik für Profis 2019)