

Was kommt nach dem Diesel?

Die Debatte um den »Green Deal« betrifft auch die Landmaschinen. Mit Methan oder Brennstoffzellen und Batterien in Verbindung mit elektrischen Antrieben arbeiten Industrie und Institute schon lange. Aber eine klare Richtung ist nicht erkennbar, und das hat Gründe.

Alternative Antriebskonzepte sind so alt wie die Schlepper selbst. Es gibt zwar Entwicklungen, die komplett in der Versenkung verschwunden sind wie der mit reinem Pflanzenöl betriebene Elsbett-Motor. Aber bis heute geistern immer wieder »Studien« oder »Versuchstraktoren« über die Agritechnicas und mehr noch durch die Reihen der landtechnischen Tagungen. Als Energiespeicher können Batterien oder Wasserstoff den Diesel ersetzen. Als »Energiewandler« kommt neben dem Verbrennungsmotor auch die Brennstoffzelle in Frage.

Auf landwirtschaftlichen Betrieben dagegen ist die Zahl solcher Lösungen ausgesprochen überschaubar. Das ist nachvollziehbar: Den auf fossiler Energie beruhenden Standard in der Breite zu ändern, ist kein Kinderspiel. Aber wie lange werden wir uns diesen in Zeiten des Klimawandels noch leisten können? Man könnte jetzt sagen: Nach Corona und bei den derzeitigen Dieselpreisen haben wir andere Sorgen. Es ist ebenso aber möglich, dass gerade die Coronahilfen für die Wirtschaft ein Stück weit an Klimaziele gebunden werden – jedenfalls ist das die

Strategie von Bundesregierung und EU-Kommission. Interessanterweise kommen ausgerechnet aus der Autoindustrie unterschiedliche Signale.

Aber nicht nur die Autoindustrie, sondern auch Hersteller von Landmaschinen arbeiten an Alternativen, und dies nicht nur für die Anbaugeräte, sondern auch für die Antriebe. Diese konzentrieren sich derzeit auf zwei Bereiche: elektrische Antriebe (über Batterien, Wasserstoff/Brennstoffzellen oder direkt) und Verbrennungsmotoren, die mit Methan oder nachhaltig gewonnenen synthetischen Kraftstoffen »gefüttert« werden. Alle Hersteller prüfen sicherlich alle Optionen, aber nicht alle sind überall gleichermaßen aktiv. So konzentriert sich der CNH-Konzern (bzw. sein Motorenhersteller FPT und der Schlepperhersteller New Holland) stark auf Brennstoffzellen und Gasmotoren. Vor allem bei John Deere, aber auch bei Fendt steht dagegen die Elektrifizierung aktuell stärker im Fokus.

Wasserstoff

Schon 2009 wartete New Holland mit einem vom T6.140 abgeleiteten Konzepttraktor auf, der mit reinem Wasserstoff betrieben wurde. Wobei der eigentliche Antrieb ein Elektromotor war, gut für eine Zugleistung von 120 PS. Ergänzt wurde er durch einen zweiten E-Motor für Zapfwelle und Nebenaggregate. Der Strom wird bei diesem Konzept über Brennstoffzellen aus Wasserstoff gewonnen. Brennstoffzellen haben gegenüber Batterien zwar einige Vorteile, und komprimierter Wasserstoff lässt sich auch gut in einem Tank



Foto: Fendt

Bei elektrischen Antrieben stellt sich immer die Frage der Stromversorgung. Batterien eignen sich nur für kleinere Schlepper. Auch Brennstoffzellen sind grundsätzlich möglich.



Schlepper mit Gasmotoren (CNG) erkennt man sofort an den Zusatztanks für das Methan. Den Treibstoff könnte die eigene Biogasanlage liefern.

Foto: New Holland

speichern. Aber der Umgang damit ist nicht trivial, das haben bereits die Erfahrungen mit den Zeppelinen gezeigt. Der Pkw-Bereich wird kaum bedacht. Für Lkws arbeiten große Hersteller (Daimler, Iveco, Volvo) an dieser Technologie, die sie in zehn Jahren serienreif haben wollen. Bei (Stadt-)Bussen könnte es noch schneller gehen. Wie bei der Elektromobilität dürfte für größere Entfernungen die Infrastruktur zum Henne-Ei-Problem werden.

Für die Landwirtschaft müsste ein weitmaschiges Tankstellennetz keine Rolle spielen. Sie könnte den Wasserstoff entweder durch elektrolytische Aufspaltung von Wasser mithilfe einer Photovoltaikanlage oder über Methan aus der Vergärung von Biomasse gewinnen. Damit könnte sie nicht nur mit lokalen Null-Emissionen punkten, sondern auch mit dem »energieautarken Betrieb«. Die Elektromobilität auf dem Umweg über den Wasserstoff ist relativ teuer, könnte aber für hohe Leistungen eine Alternative zur Batterie vor allem dort sein, wo man E-Maschinen nicht über Stromkabel betreiben kann. Neue Entwicklungen bei Schleppern gibt es allerdings derzeit nicht.

Methan

Warum aber aus Methan den schwer handhabbaren Wasserstoff gewinnen, wenn man doch den Schlepper direkt mit Methangas antreiben kann? Methan in Form von Erdgas wie beim Pkw würde allerdings nur den einen fossilen Rohstoff durch einen anderen ersetzen. Prinzipiell

lässt sich Methan durch Elektrolyse aus Wasserstoff und anschließender Reaktion mit CO₂ erzeugen (»power to gas«). Oder aber aus Biogas, dessen 25 % CO₂-Anteil abgetrennt werden. Das Methan lässt sich entweder bei –162 °C und somit mit ziemlichem Energieaufwand verflüssigen (»liquid natural gas«, LNG) oder aber komprimieren (»compressed natural gas«, CNG).

Flüssig oder gasförmig? Die Domänen für LNG sind bisher der Lkw-Fernverkehr und die Schifffahrt. Das hängt mit der relativ hohen Energiedichte zusammen, die lange Wege pro Tankfüllung ermöglichen. Dies erfordert aber eine spezielle und aufwendige Infrastruktur. Technisch ist das

Potential für LNG hoch. Im ländlichen Raum oder gar auf dem einzelnen Betrieb wird es sich aber nur schwer realisieren lassen. Einmal in den Schleppertank gefülltes Methan müsste spätestens nach einer Woche verbraucht werden, damit es sich nicht verflüchtigt. Denn Methan – wir kennen das von den Wiederkäuern – ist eines der klimaschädlichsten Gase überhaupt. Für einen Schlepper wäre das unkritisch; ein Mähdrescher nach der Erntezeit hätte sicherlich Probleme, wenn das restliche Methan nicht anderweitig genutzt werden kann.

Also CNG? Dieses hat allerdings den Nachteil einer im Vergleich zu Diesel geringen Energiedichte, wenn man diese auf

Eine Reise ins Ungewisse

Wäre nicht die Emissionsfrage, so gäbe es keine Alternative zum Dieselmotor. Wäre nicht die Batteriefrage, man würde zur Elektrifizierung im gesamten Außenwirtschaftsbereich überhaupt keine Alternative mehr sehen. Allein dieses doppelte »wäre« zeigt, warum die Konzepte der Entwickler nicht schneller Eingang in die Praxis finden. Fossile Rohstoffe sind derzeit einfach noch zu günstig. Und die Vorteile der Elektromotoren im Hinblick auf Leistungscharakteristik, präzise Steuerung und Einbindung in digitale Konzepte, aber auch auf Emissionen, Lärm oder Ölverlust sind auf wahrscheinlich lange Zeit nur bei kleineren Maschinen oder Roboter-schwärmen nutzbar – es sei denn, man installiert eine zentrale Stromversorgung. Für größere Maschinen bleibt der E-Antrieb über Brennstoffzellen eine Option. Hier nimmt die Entwicklung im Lkw-Bereich (Iveco, Daimler/Volvo) gerade Fahrt auf. Die Landtechnik könnte sich anhängen. Technisch weniger Aufwand fordert allerdings der mit Methan oder synthetischen Kraftstoffen angetriebene modifizierte Dieselmotor.

das Volumen bezieht. Die normalen Tankgrößen des Schleppers würden nicht reichen, deshalb erkennt man einen Gasmotor-Schlepper als erstes an seinen Zusatztanks.

2021 in Serie? Wie beim Wasserstoff war New Holland Vorreiter. 2013 hat diese Firma den ersten Prototypen vorgestellt, noch mit neun um den Schlepper herum angeordneten Gasflaschen. Eine Neuauflage 2019 sieht schon deutlich harmonischer aus, eine Serie ist für 2021 angekündigt. Seine 180 PS zieht die Maschine aus einem 6-Zylinder-Ottomotor mit vier Ventilen pro Zylinder. Mit 24 Bar wird reines Methan in den Brennraum eingespritzt. Für die Nachbehandlung der Abgase braucht es lediglich einen Drei-Wege-Katalysator – keinen Partikelfilter, kein Ad-Blue. Nach Firmenangaben bedeutet das 10% weniger CO₂-Ausstoß im Vergleich zu einem Dieselmotor. Wird der Schlepper mit Biomethan betrieben, ist die Energiebilanz fast ausgeglichen, sofern man vernachlässigt, dass die für den Biogas-Rohstoff benötigte Fläche möglicherweise anderswo beansprucht wird (die Idee der »Opportunitätskosten«).

2015 hatte auch Deutz-Fahr einen 115-PS-Schlepper vorgestellt, der (wie bei New Holland) mit einem Richtung Otto-Prinzip modifizierten Dieselmotor fährt. Er kommt deshalb ebenfalls ohne die aufwendige Abgasreinigung aus und soll 10 – 15% weniger CO₂ ausstoßen. Selbst mit sieben Gas-Druckflaschen erreicht dieses

Versuchsmodell nur die halbe Reichweite eines Dieselschleppers.

Ein anderes Konzept verfolgte Valtra ab 2010 mit seinem »dual-fuel«-Schlepper. Dessen Vierzylinder-Diesel läuft mit einer je nach Einsatzbedingungen unterschiedlichen Mischung von Methan und Diesel. Zwar wurden sogar Kleinserien produziert. Das große Problem dieses Konzeptes ist jedoch, dass es für seine Technologie keine allgemeingültige Zulassung gibt und somit jeder Schlepper einzeln speziell zugelassen werden müsste.

Vom Konzept zur Praxis scheint es bei den Gasmotoren also noch ein weiter Weg zu sein. Zwar laufen solche Schlepper schon seit Jahren in Versuchsbetrieben von Firmen und Forschungsanstalten. Und theoretisch ist das Kreislaufkonzept vom Acker über die Biogasanlage und den Schlepper wieder auf den Acker schlüssig. Noch interessanter wäre es, wenn im Interesse des Klimaschutzes als Biogassubstrat Reststoffe verwendet würden oder die sogenannte »Paludi-Kultur« auf wiedervernässten Moorböden.

Aber das größte praktische Problem dabei ist, dass nur in wenigen Ländern Biogas so stark gefördert wird wie in Deutschland, von weitergehenden Konzepten ganz zu schweigen. Eine Biogasanlage nur für den Schlepper erscheint illusorisch. Wie bei der Elektromobilität dürfte es Anreizinstrumente brauchen, um das Problem fehlender Infrastruktur zu überwin-



Foto: Steyr

Eine Konzeptstudie: Dieselmotor unter der Haube, E-Motoren in den Radnaben.

den, denn eine Kreislaufwirtschaft nur auf den Einzelbetrieb bezogen mutet gar zu romantisch an.

Strom

Klingt die Diskussion um Gasmotoren doch sehr nach Nische, so ist das Gegenteil bei den elektrischen Antrieben der Fall. Man hat manchmal den Eindruck, etwas anderes werde es in 20 Jahren gar nicht geben. Das hat einen Grund: Der Wirkungsgrad der Kombination einer Batterie mit elektrischem Motor liegt bei 80%, ein Verbrennungsmotor kommt auf nur 34%.

Das große Problem der Elektromobilität sind aber bekanntlich die heute verfügbaren Lithium-Ionen-Batterien. Für hohe Leistungen müssen sie so unverhältnismäßig groß sein, dass ihre Dimensionen die des Schleppers deutlich übersteigen. Die Batterie eines 400-PS-Schleppers müsste für

Noch eine Konzeptstudie: Autonom fahrende, elektrisch angetriebene Arbeitseinheit. Die Stromversorgung ist hier nur über Kabel möglich. Batterien würden bei einigen 100 PS viel zu schwer.



Foto: John Deere

zwölf Stunden Arbeit 3 800 l groß und 12 t schwer sein, rechnet Dr. Heribert Reiter vor, der Entwicklungschef von Fendt. Bei 70 PS und vier Stunden allerdings käme man mit 300 l und 600 kg aus. Das macht Schlepper wie den e100 von Fendt vor allem für Kommunen interessant, für Weinbaubetriebe oder solche, die ihren eigenen Strom über Biogas oder Photovoltaik erzeugen, und ist überdies die Basis für die gesamte »Robotik«.

Eine ganz andere Option bieten elektrische Antriebe von Anbaugeräten auf Basis der 48 Volt Bordspannung, »Hilfsmaschinen« in schweren Anhängern oder der Ersatz von Hydraulik durch Elektrik in Getrieben. Besonders John Deere war hier in den letzten Jahren sehr kreativ, wie die Gold- und Silbermedaillen der letzten Agritechnicas zeigen. Hier reden wir aber weniger von Effizienz im Sinne von CO₂-Vermeidung als von Präzision.

Eine tatsächlich auf den Fahrtrieb konzentrierte Kombination von Diesel- und Elektromotoren wurde schon 2011 von Rigitrac und der TU Dresden vorgestellt. Damals galt das als eine teure Spezialität. 2019 kam die Firma Steyr in Verbindung mit ihrer auch bei den Gasmotoren sehr aktiven Konzernschwester Fiat Powertrain (FPT) mit einer ähnlichen Konzeptstudie. Das Prinzip der dieselektrischen Antriebe war bisher vor allem Lokomotiven, aber (ausgehend von den U-Booten) auch Schiffen vorbehalten. Es »lebt« davon, dass ein immer im Optimum laufender Verbrennungsmotor über Generatoren und Akkus die E-Motoren mit allen ihren Leistungsvorteilen speist. Die Angaben von Steyr/FPT zu möglichen Kraftstoff- und damit CO₂-Einsparungen klingen eher defensiv: »bei bestimmten Traktoreinsätzen 10% gegenüber reinen Dieselmotoren«.

Bleibt die Hoffnung auf neue Batterie-konzepte. Die Forschung an Lithium-Luft-Akkus, die grundsätzlich eine 10- bis 20-fach höhere Energiedichte versprechen, ist entgegen früherer Erwartungen noch nicht so weit, dass man überhaupt verlässlich mit funktionierenden Lösungen rechnen kann. Bei allen Überlegungen zu Batterien bleibt auch die »Rohstoff-Frage« (Kupfer, Kobalt, Lithium, seltene Erden) als Damoklesschwert.

Und somit sitzen alle in der Falle, die realistischerweise den mit fossilem Kraftstoff gefütterten Dieselmotor für endlich halten, die Elektromobilität aber für »die« Lösung.

Denn diese droht zumindest im mittleren und oberen Leistungssegment an der Batteriefrage zu scheitern. Ja, dann muss eben der Prophet nicht zum Berg gehen, sondern der Berg zum Propheten! Was übersetzt heißt: Es müssen völlig neue Produktionskonzepte her, statt nur die »alte« Leitmaschine Schlepper den veränderten Bedingungen anzupassen. Dabei geht es um automatisierte Großmaschinen, die zentral mit Strom versorgt werden, aber auch für die leichteren und präziseren Arbeiten um batteriebetriebene Roboterschwärme. In der letzten Konsequenz notwendig wäre dafür ein auf diese Anforderungen abgestimmtes Design der Schläge. Es gibt »verrückte« Entwürfe aus

dem Braunschweiger Landmaschineninstitut, welche Maschinen an einer Oberleitung hängend zeigen. Verbunden mit dem Konzept der festen Fahrspuren (controlled traffic) mag das keine Utopie sein. Aber die »Frequenz« auf dem Acker wäre deutlich geringer als etwa unter der festen Oberleitung auf der A 5 südlich von Frankfurt. Eine andere Idee ist, am Feldrand zentrale Punkte zur Stromentnahme zu installieren, wobei die Kabel quasi wie Beregnungsschläuche geführt werden. All diese Konzepte setzen allerdings voraus, dass der Strom auch »grün« erzeugt worden ist, sonst wären die Emissionen nur verlagert.

Thomas Preuße

INTERVIEW



Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

»Es gibt nicht den einen Weg«

Was müsste geschehen, damit alternative Antriebskonzepte nicht mehr nur Konzept bleiben?

Es gibt ausreichend Konzepte, die prototypisch erprobt sind und werden. Häufig werden dort nur Teilaspekte beleuchtet, da eine gesamtheitliche Lösung sehr kostenintensiv ist, wie der Aufbau von Infrastruktur. Eine serienreife Umsetzung scheidet heute überwiegend an den Kosten, da Kraftstoffe, insgesamt betrachtet günstig zu erwerben sind. Letztendlich würde die Umlegung der CO₂-Kosten die Attraktivität der nachhaltigen Konzepte signifikant steigern können.

Gibt es aus Ihrer Sicht einen Favoriten bei den alternativen Antrieben?

Hier ist es wie in der Technik (fast) immer: »Die« Lösung gibt es nicht, sondern auf einen Anwendungsfall und für einen Einsatz optimierte Lösungen. Diese können vielfältig aussehen: vom batterieelektrischen Fahrzeug, das es ja bereits seit Jahrzehnten im Bereich der Stapler gibt, bis zum mit synthetischen Kraftstoffen betriebenen Fahrzeug. Auch hier ist wieder die Definition des Ziels wichtig: Möchte ich den CO₂-Ausstoß in der Gesamtheit senken oder eine Aufgabe zu möglichst geringen Kosten unter Einhaltung von gesetzlichen Randbedingungen erledigen?

Der Charme eines Schleppers liegt ja heute in seiner weltweit weitgehenden Einheitlichkeit. Wollen wir diesen Vorteil aufgeben?

Auch wir sitzen weltweit in einem Boot. Die Klimaerwärmung macht nicht an Grenzen halt. Insoweit muss es ein weltweit akzeptiertes und einheitliches Zielverständnis sowie dafür vereinbarte Rahmenbedingungen geben. Auch wenn das jetzt nach Utopie klingt: Wir müssen daran arbeiten, dieses Ziel Schritt für Schritt zu erreichen.