

Antriebe der Zukunft sind elektrisch – zum Glück gibt es viele gute Optionen

Mit elektrischen Antrieben zum klimafreundlichen Fahren

Der Klimawandel zwingt uns zum schnellen Ausstieg aus fossilen Kraftstoffen. Bei PKW, Bussen und Nutzfahrzeugen aller Art stehen wir allerdings noch ganz am Anfang der Elektrifizierung. Um die inzwischen mehr als 1,5 Milliarden Fahrzeuge auf den Straßen der Welt vom fossilen Verbrenner hin zum emissionsfreien E-Antrieb zu wandeln, bedarf es einer ganzheitlichen Strategie. Nur den fossilen Antrieb gegen den elektrischen auszutauschen ist zu kurz gedacht.

Es gibt mehrere elektrischer Antriebskonzepte: Entweder wird der E-Motor nur mit dem Strom aus der Batterie betrieben (Abbildung 1), oder von einer Kombination aus einer kleinen Batterie und einem Stromerzeuger an Bord des Fahrzeuges (Abbildung 2). **Stromerzeuger kann eine Brennstoffzelle oder ein effizienter, leiser Stromgenerator**, basierend auf einem optimierten Verbrennungsmotor, sein. Diese **Stromerzeuger werden mit grünem Wasserstoffgas oder flüssigen grünen Kraftstoffen** (sogenannten eFuels, hergestellt aus CO₂ und Wasserstoff) betrieben. Der Begriff „grün“ beudet, dass die Kraftstoffe aus Erneuerbaren Energien hergestellt wurden. Gasförmige oder flüssige Kraftstoffe können sehr schnell getankt werden und schaffen damit Flexibilität bei der Nutzung des Fahrzeuges.

Abbildung 1

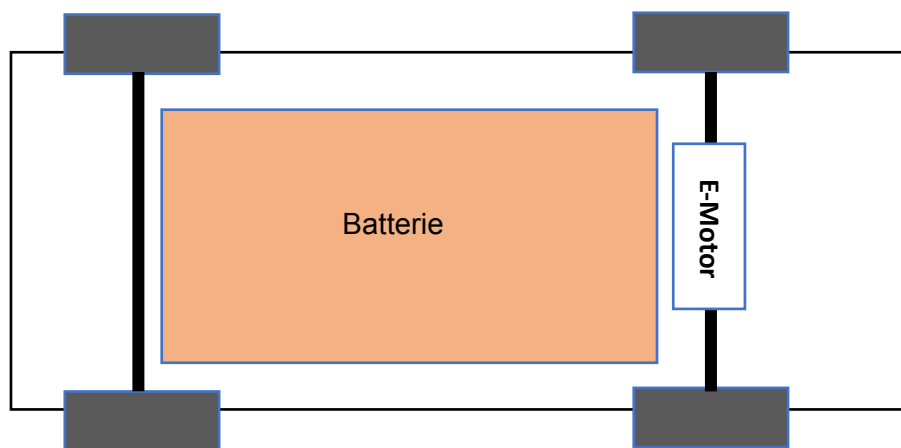
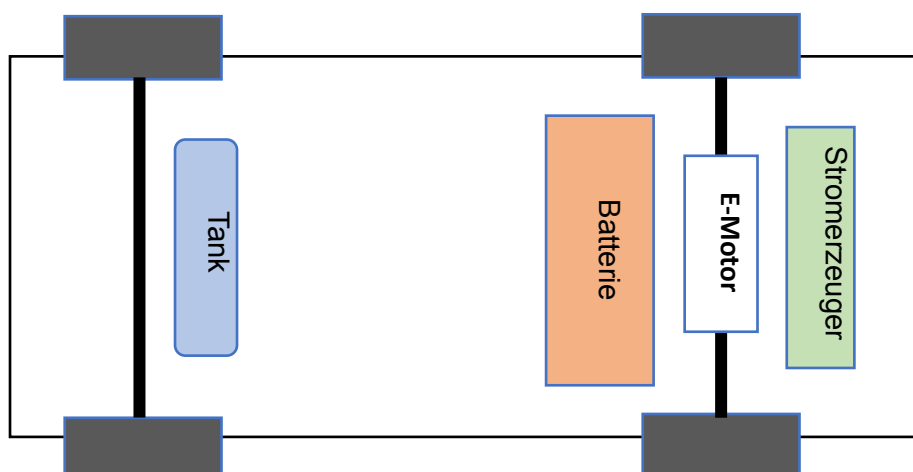


Abbildung 2



Eine weit verbreitete Meinung ist, dass alle Fahrzeuge nur mit Batterien betrieben werden sollten. Da stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, eine Limousine mit bis zu 800 kg, einen Stadtbus mit 3.000 kg oder einen LKW mit bis zu 5.000 kg schweren Batterien auszurüsten. Schon heute zeigt sich, dass die Absicht, irgendwann alle Fahrzeuge mit den für die Batterien **notwendigen Rohstoffen** auszustatten, nicht funktionieren kann. Auch das öffentliche (Schnell-) Laden der Batterien stößt mit zunehmender Zahl der Fahrzeuge schnell an seine Grenzen, da der **erforderliche Ausbau des Stromnetzes** extrem teuer wird. Wird Strom von einer Brennstoffzelle oder von einem Stromgenerator an Bord erzeugt, kann die **Größe der Batterie sehr deutlich reduziert werden**, und damit das Gewicht des kompletten Antriebes (inklusive Batterie) um mehr als die Hälfte!

Vergleicht man den Energieverbrauch der verschiedenen Antriebskonzepte nur in Bezug auf das Fahrzeug (ohne die Erzeugung des Stroms oder Kraftstoffes), dann sind die Varianten mit Stromerzeugung an Bord etwas im Nachteil (Verluste bei der Umwandlung des Kraftstoffes in Strom). Muss allerdings der Fahrgastraum oder die Batterie zum Schnellladen beheizt werden, dann sind die Unterschiede nur noch gering.

Woher kommen die grünen Kraftstoffe?

Wie der Strom für die Batterie, müssen auch der Wasserstoff und die eFuels aus Erneuerbaren Energien erzeugt werden, um die Klimaneutralität zu gewährleisten. Primär sind das: Photovoltaik, Windkraft oder in wenigen Regionen auch Wasserkraft.

Leider **liegt der Bedarf zum Laden der Batterie und die Verfügbarkeit von ausreichend grünem Strom häufig weit auseinander**. Nachts liefert die Photovoltaik keinen Strom, und in vielen Regionen gibt es gerade in den Wintermonaten viel zu wenig Sonnenschein oder Wind, um damit auch ausreichend Strom für das direkte Laden der Batterien zur Verfügung zu haben. Heute kommt dann der Strom zum Laden der Batterien aus fossilen Kraftwerken, die einen Wirkungsgrad von meist unter 40 Prozent haben - was in den Analysen regelmäßig ignoriert wird. Künftig muss Strom aus Zeiten und Regionen mit überschüssigem Strom gespeichert werden. Große Mengen an Strom über längere Zeiträume zu speichern und dann auch noch über weite Strecken zu transportieren, ist nur in Form von Wasserstoff oder daraus erzeugten eFuels realistisch umsetzbar.

Muss der grüne Strom zum Laden der Batterien in stromarmen Zeiten (nachts und in den Wintermonaten) über Gasturbinen aus Wasserstoff oder eFuels erzeugt werden, sind die Verluste (40 Prozent Wirkungsgrad der Gasturbine) und damit auch die Kosten im Fall der batterie-elektrischen Fahrzeuge sehr hoch. Da ist es **besser, gleich mit Wasserstoff- oder eFuels** den Strom für den E-Antrieb direkt an Bord zu erzeugen: **Grüner Wasserstoff und grüne eFuels können zu jeder Tages- und Jahreszeit und sehr schnell nachgetankt werden**.

Wasserstoff- und eFuels können in Regionen erzeugt werden, in denen es sehr **viel und damit billigen und vor Ort nicht benötigten Strom** gibt. Das betrifft in vielen Küstenregionen die Windkraft und für die zahlreichen Wüstengebiete die Sonnenenergie. Dort kann man im Vergleich zu unseren, gemäßigten Regionen spezifisch dreimal so viel Strom erzeugen: Bei Preisen von **1 Cent pro Kilowattstunde** spielen Verluste bei der Umwandlung in leicht speicher- und transportierbare Energieträger eine sehr untergeordnete Rolle.

Wasserstoff wird künftig über längere Strecken durch bestehende Gaspipelines transportiert. Davon gibt es 200.000 km in Europa. Flüssige eFuels können sehr einfach mit Tankschiffen und LKWs zum Verbraucher gebracht werden.

Fazit zu den E-Antrieben: für kleine Fahrzeuge mit moderater jährlicher Fahrleistung, die in der Regel direkt mit Strom aus Sonne und Wind geladen werden können, machen rein batterie-elektrische Antriebe Sinn. Für viele andere Anwendungen jedoch - etwa bei schweren Fahrzeugen oder bei regelmäßig langen Fahrstrecken - sind Antriebe mit Brennstoffzelle/Wasserstoff oder mit Stromgeneratoren/eFuel sinnvoller. Die Kosten für die

grünen Kraftstoffe Strom, Wasserstoff und eFuels unterscheiden sie bei effizienten E-Antrieben kaum.

CO₂-negativ fahren – wie geht das?

Alle zuvor genannten Antriebe und Kraftstoffe führen zu einer **klimaneutralen Mobilität und Logistik**. Nachdem der Klimawandel schon sehr weit fortgeschritten ist, sollten **zunehmend Technologien zur aktiven Reduktion des CO₂ aus der Atmosphäre** zum Einsatz kommen.

Wir alle sind angehalten, die von uns produzierten Treibhausgase zügig auf ein für die Menschheit erträgliches Niveau zurückzuführen. Die naheliegende, seitens der Natur bewährte Methode ist das Pflanzen von Bäumen, um das CO₂ in Form von Biomasse dauerhaft zu binden. Dies sollte unbedingt intensiviert werden, reicht aber aufgrund der sehr langsamen Wachstumsprozesse und der riesigen Mengen an CO₂ in der Atmosphäre bei weitem nicht aus.

Die Technologie zur Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre (Direct Air Capture) ist verfügbar, benötigt aber sehr viel Energie. Deshalb gilt auch hier: Man muss es dort machen, wo es sehr viel und billigen Strom gibt – idealerweise mit sehr großen Photovoltaik-Anlagen in der Wüste. Aus dem so erzeugten Rohstoff CO₂ und dem parallel über die Elektrolyse von Wasser produzierten Wasserstoff entstehen über katalytische Prozesse eFuels – am einfachsten Methanol. Bei der späteren Nutzung der eFuels gelangt allerdings der Kohlenstoff wieder zurück in die Atmosphäre. Die Herausforderung besteht also darin, einen Teil des CO₂ dauerhaft aus dem Kreislauf zu entfernen. Dies geschieht am einfachsten, indem man CO₂ mit Hilfe von Wasserstoff in Kohlenstoff umwandelt und diesen dauerhaft lagert.

Erst die Kombination dieser beiden Prozesse - der Herstellung des eFuels (Methanol) und die dauerhafte Entfernung des CO₂ als festen Kohlenstoff - ist die Basis für das CO₂-negative Fahren und die aFuel-Technologie von Obrist Technologies. So kann der Traum von Vielen doch noch wahr werden: Autofahren mit High-Tech - und dabei gleichzeitig beizutragen, das Klima zu retten.