

15.09.2015 Wirkungsgrad des Elektroantriebs

Die Spezialausgabe 1/2009 der ams mit dem Titel ECO Drive handelt von den zukunftssträchtigen Themen Hybrid- und Elektroantrieb. An und für sich ein lobenswerter Ansatz, und das Heft kann mit einigen wirklich interessanten Zahlen und Zusammenhängen aufwarten. Beim aufmerksamen Lesen des Heftes sollte aber bei den meisten Lesern eine rote Lampe anfangen zu blinken. Eine Lampe, die signalisiert, dass der Elektroantrieb schon am Ende ist, bevor es richtig losgeht.

Ganz besonders positiv erwähnen muss selbst der kritische Leser den Artikel über Well-to-Wheel, der die gesamte Verbrauchskette von der Energiequelle bis zur Fahrbahn betrachtet. Er zeigt sehr deutlich, dass der Elektroantrieb eben nicht emissionsfrei durch die Städte stromert, sondern sein CO₂ lediglich an anderer Stelle entsteht. Trotzdem eignet sich gerade dieser Beitrag ganz vorzüglich, um einige Dinge zurechtzurücken, die bei der üblichen Betrachtungsweise ein völlig schiefes Bild ergeben.

Beginnen wir beim Thema Kernkraft. Well-to-Wheel suggeriert, dass der CO₂-Anfall minimal ist. Stimmt das wirklich? Ist damit alles betrachtet, auch die Aufwendungen zur Sicherung, die zukünftigen Aufwendungen zur Entsorgung, und der Aufwand zur Kriegsführung gegen wild gewordene Länder und Terroristen?

Die Kerntechnik ist ein Wechsel auf die Zukunft. Erschreckend aber typisch für unsere Zeit ist, dass Vorkommnisse wie Tschernobyl so schnell in Vergessenheit geraten können. Klimakatastrophe, Energiekrise und Finanzkrise verstellen den Blick auf die Gefahren. Die Politiker sind dankbare Opfer der Kernkraftlobby, die anscheinend gerade wieder dabei ist, verlorenen Boden gutzumachen. Aber auf wessen Kosten? Der kurzfristige Gewinn ist uns wichtiger als das langfristige Wohlergehen über mehrere Generationen. Natürlich müssen wir nach vorne schauen, aber doch sicher nicht, ohne die Misstände und Katastrophen der Vergangenheit vollständig zu ignorieren.

Zum Beispiel den permanent drohenden Supergau. Er ist aber nur eine von drei Erblasten, mit denen wir unsere Kinder und Enkel beglücken. Die zweite ist die Lagerung der verbrauchten Brennelemente und abgeschalteten Reaktoren. Niemand weiß heute wohin damit. Das wird zur Hauptbeschäftigung unserer Nachkommen werden, auch wenn sämtliche Reaktoren schon längst keinen Strom mehr liefern, und nur noch als mahnende und strahlende Denkmäler an die naive Technikgläubigkeit einer verblendeten, kriminellen Generation in der Landschaft stehen. Die dritte Hypothek ist die Tatsache, dass Uran endlich ist, und dass es in Kürze zu einem Verteilungskampf um diese Ressource kommen wird. Deutschland verfügt nicht über Uranvorkommen. Aus der Abhängigkeit von Erdöl wird eine von Uran. Ich bin nicht sicher, ob unsere Kinder und Enkel jemals auf die Barrikaden gehen. Aber ich bin sicher, dass der Ausverkauf der Zukunft in Kürze den Generationenkonflikt heftig anheizen wird.

Zweiter Kritikpunkt ist die Behauptung, dass die erneuerbaren Energieformen Wind- und Sonnenenergie kein CO₂ produzieren. Die Behauptung ist richtig. Und wenn diese Energien der Fortbewegung dienen, dann läuft auch dieses ohne CO₂ ab. Aber genau diese Argumentationskette ist irreführend. Wie an anderer Stelle sehr richtig erwähnt, muss man fairer Weise die durchschnittliche CO₂-Produktion aller Stromerzeuger als Basis nehmen. Aber auch diese Betrachtung liefert nur die halbe Wahrheit. In Wirklichkeit muss der Ausbau erneuerbarer Ener-

gieformen dem Abschalten von überholten Kraftwerken dienen. Den uralten, technisch völlig veralteten Dreckschleudern mit dem grottenschlechten Wirkungsgrad, die die kostbaren Reserven an Kohle und Öl beim Schornstein raus blasen, denen muss der Hahn abgedreht werden. Unter der Prämisse "Abschalten einer Dreckschleuder verhindert" sieht die Rechnung plötzlich ganz anders aus. Denn bei dieser Betrachtung muss man von dem Wirkungsgrad (oder sollte man nicht besser Nichtwirkungsgrad sagen) des Kohlekraftwerks von 30% ausgehen. Dazu gesellen sich noch ein Stromleitungswirkungsgrad von bestenfalls 90%, sowie ein Ladewirkungsgrad von 80%.

Ist der Akku endlich vollgeladen, befindet sich in der Batterie eine Energiemenge von 22% der eingesetzten Primärenergie.

Bei der Übertragung von der Batterie auf die Straße folgt sogleich der nächste Irrtum. Eine gute Elektromaschine hat einen Wirkungsgrad von 85%, und nicht nur 35% wie ein Dieselmotor. Diese gebetsmühlenartig immer wieder aufgestellte Behauptung ist im Prinzip richtig. Nur darf man diesen Wert nicht in die Berechnung einsetzen. Denn der Strom muss erst durch ein elektronisches Steuergerät aufbereitet werden, bevor er auf die E-Maschine losgelassen wird. Und dieses weist einen Wirkungsgrad von etwa 80% auf. Leider entstehen auf dem Weg von der Batterie zum Steuergerät noch weitere Verluste. Die Entladung der Batterie z. B. geschieht mit 90%, und beim Transport von der Batterie zum Steuergerät bleiben in Kabeln und Steckern weitere 10% hängen. Unterm Strich bedeutet das:

Wirkungsgrad Batterie-Straße 55% für einen gut ausgelegten Elektroantrieb.

Was bleibt also übrig vom Kraftwerk bis zur Straße beim auch so umweltfreundlichen, klimaschonenden Elektroantrieb:

Well-to-Wheel Wirkungsgrad: 55% von 22% ergeben 12%

In Worten: Zwölf Prozent. Der Rest ist futsch, verpufft, als CO₂ in die Atmosphäre geblasen, als wertvoller Rohstoff unwiederbringlich verloren.

Benötigt ein Elektrofahrzeug eine Heizung oder taugt es nur zum reinen Schönwetterfahrzeug? Um ein Fahrzeug aufzuwärmen benötigt man eine Menge Energie. Beim Verbrennungsmotor fällt sie umsonst an - als Abfallprodukt. Beim Elektrofahrzeug verbraucht die Heizung einen nicht unerheblichen Teil der kostbaren gespeicherten Energie. Nicht selten wird es zu einer Abwägung kommen zwischen Fahren und Frieren. Im Sommer zeigt sich die Kehrseite der Medaille, die Aufheizung durch die Sonneneinstrahlung. Die möglichst stromlinienförmigen Elektrofahrzeuge mit ihrer Eiform brauchen große Glasflächen und erzeugen einen veritablen Treibhauseffekt. Eine effiziente Klimaanlage ist fast überlebenswichtig, frisst aber den Strom, mit dem man eigentlich vorwärts kommen will. Häufig steht man vor dem Dilemma, Fahren oder Schwitzen? Egal ob Heizen oder Kühlen, der Energieverbrauch dafür ist noch in keiner Rechnung berücksichtigt. Gerechterweise muss man zugeben, auch nicht beim Verbrennungsmotor. Nur liegt dort der Wirkungsgrad zum Heizen bei annähernd 100%, und derjenige der mechanisch angetriebenen Klimaanlage ist deutlich besser als der des elektrischen Pendants.

Kommen wir zum irreführendsten Teil der Elektrofahrzeugreligion, den Fahrleistungen. Da wird mit Beschleunigungswerten nur so geprahlt. Beim Spurt aus dem Stand bis 50 km/h hängt ein modernes, großzügig ausgelegtes Elektromobil fast jedes Verbrennungsmotor-getriebene Fahrzeug beinahe mühelos ab. Diese Kraftentfaltung macht riesig Spaß, man bekommt gar

nicht genug davon. Die Ernüchterung folgt spätestens beim Blick auf die Reichweite. Einige wenige Beschleunigungsorgien reduzieren die Reichweite beträchtlich. Sobald die erste Euphorie verfliegen ist und alle Verwandten und Bekannten gebührend beeindruckt sind, lässt man es beträchtlich ruhiger angehen. Man hat ja schließlich ein Ziel vor Augen, auch wenn es nur wenige Kilometer entfernt ist. Die Reichweitenanzeige reduziert heftige Ausschläge des Gasfußes bzw. Stromfußes ganz von selbst. Von ähnlicher Problematik erweist sich die Höchstgeschwindigkeit. Beim Fahren mit hoher oder gar höchster Geschwindigkeit bewegt sich Reichweitenanzeiger schneller nach unten, als die gefahrenen Kilometer ansteigen. Das lässt man zukünftig schön bleiben, sobald man einmal liegen geblieben ist. So gesehen hat ein Elektromobil einen ausgezeichneten erzieherischen Effekt.

Zum Schluss noch der Kostenvergleich der Fahrzeuge selbst. Richtig, wenn die Elektromobile erst einmal in großen Stückzahlen gebaut werden, dann purzeln auch die Kosten. Aber bei welchem Niveau beginnen wir? Und wie lange wird es wohl dauern, bis Gleichstand erreicht ist? Man muss kein Prophet sein, um zu erkennen, dass dafür noch mehrere Jahrzehnte ins Land gehen werden. Wäre es nicht viel vernünftiger, zumindest einen Teil des Geldes in die Optimierung der Verbrennungsfahrzeuge zu stecken?

Ein Beispiel: Der Tesla Roadster wiegt 1200 kg und kostet 120.000 €. Eine Lotus Elise wiegt 800 kg und kostet rund die Hälfte. Die Elise verbraucht ca. 8 L Benzin auf 100 km. Wieviel Geld müsste man in die Hand nehmen, um den Verbrauch auf die Hälfte zu reduzieren? Bei gleich bleibenden Fahrleistungen versteht sich. Die Ausgangssituation könnte kaum besser sein, weil die Elise außer im Gewicht nicht annähernd auf günstigen Verbrauch getrimmt ist. Deshalb steht ein riesiges Potential zur Verfügung, das nur darauf wartet, gehoben zu werden. Mit 20.000 € sollte das Ziel problemlos zu schaffen sein. Man stelle sich vor, ein Fahrzeug mit den Fahrleistungen und dem Fahrverhalten einer Lotus Elise und einem Praxisverbrauch von vier Litern auf 100 km. Und immer noch viel billiger als ein Tesla Roadster. Und was bei einer Lotus Elise funktioniert, lässt sich leicht auf andere Fahrzeugmodelle und -kategorien übertragen.

Leider hat die Sache einen Pferdefuß. Elektrofahrzeuge und Verbrennungsfahrzeuge werden immer noch mit zweierlei Maß gemessen. Den Elektrofahrzeugen gesteht man alle möglichen Nachteile zu, z.B. im Handling, in der Straßenlage, in der Reichweite, in der Verfügbarkeit, in der Praxistauglichkeit. Beim Verbrennungsmotorfahrzeug ist man nicht annähernd so konziliant, wie Beispiele aus der Vergangenheit deutlich belegen. Nehmen wir nur einmal den 3L-Lupo oder den Audi A2. Was mussten diese Fahrzeuge nicht alles an Spott über sich ergehen lassen, nur weil sie den Herren Journalisten zu teuer waren, und für ihr Geld zu wenig boten.

Das alles wäre nun nicht weiter schlimm, wenn nicht die gesamte Automobilindustrie in den Elektroantrieb (und in den Hybridantrieb) viel, viel Aufwand an Ingenieursleistung investieren würde. An Zeit, Geld und Engagement, das an anderer Stelle sinnvoller eingesetzt wäre. Nur eines ist sicher, von den Technikern kommt mit Sicherheit kein Protest. Wissenschaftler und Ingenieure machen alles, wofür es Geld gibt. Bleibt nur zu hoffen, dass ein Umdenkprozess über den Geldbeutel stattfindet. Spätestens wenn die Strompreise explodieren wird das der Fall sein.

Jacob Jacobson