

08.01.2021

## Energieerhaltungssatz im Automobil – da geht noch was!

**Frage:** Wieviel Prozent der eingesetzten Primärenergie wird in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor in Wärme umgewandelt?

**Antwort:** 100 Prozent.

Das gilt für alle Antriebsarten, sogar für den Elektroantrieb, selbst wenn er mit Erneuerbaren Energien betrieben wird, oder mit Wasserstoff oder anderen „Wunderkraftstoffen“. Nebenbei bemerkt, es gibt keine Erneuerbaren Energien auf der Erde, nur angeblich auf dem Mars. Vielleicht sollte mal jemand Elon Musk dahingehend aufklären.

Es geht keine Energie verloren. Nach dem Energieerhaltungssatz wandelt sich jegliche Form von mechanischer Energie schlussendlich in Wärme um. Was bedeutet das für das Automobil?

Es gilt der Energieerhaltungssatz für Automobile:

**Man muss die Energie, die man in ein Fahrzeug reinsteckt, möglichst lange erhalten.**

Von welchen Energieformen reden wir? **Von Bewegungsenergie und Wärmeenergie.**

## Die Bewegungsenergie

### Formen der Bewegungsenergie:

Bewegungsenergie tritt im Automobil in vier unterschiedlichen Erscheinungsformen auf:

**Beschleunigungsenergie:** Um ein Fahrzeug mit seiner trägen Masse in Bewegung zu setzen, ist eine Menge Energie erforderlich.

**Konstantfahrenergie:** Anschließend zerren Luft- und Rollwiderstände am Fahrzeug. Deren Überwindung kostet ebenfalls Energie.

**Bremsenergie:** Schließlich will man irgendwann zum Stehen kommen. Die dabei entstehende, oder besser gesagt vernichtete Energie nennt sich Bremsenergie.

**Schleppenergie:** Wir dürfen aber auf keinen Fall die wichtigste Energieform vergessen, die Schleppenergie. Sie entsteht durch das Schleppmoment des Verbrennungsmotors, wenn der Fahrer vom Gas geht. Meistens wird sie mit der Bremsenergie in einen Topf geworfen – ein großer Fehler. Wir wollen hier die beiden strikt trennen.

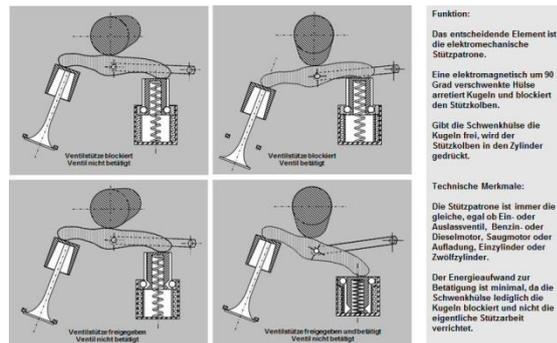
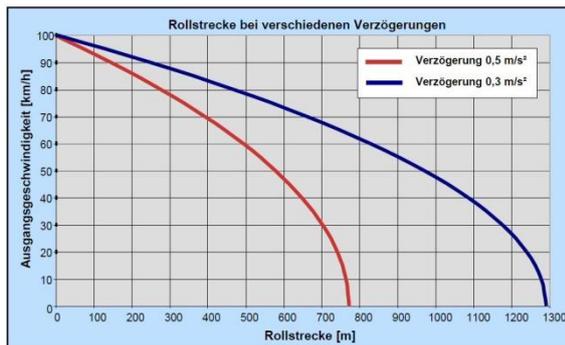
### Energieerhaltungssatz angewandt auf die Schleppenergie:

Der Verbrennungsmotor als Vernichter von Energie! Viele Leute, auch Techniker und Ingenieure haben ein Problem mit dieser simplen Tatsache. „Aber wenn der Fahrer vom Gas geht, setzt doch die Schubabschaltung ein!“ So lautet ein in diesem Zusammenhang oft gehörter Einwand. Man muss sich den Verbrennungsmotor ohne Zündung wie eine Luftpumpe vorstellen. Luft wird angesaugt,

verdichtet und wieder ausgestoßen. Dann wird neue Luft angesaugt usw. Ansaugen und Ausstoßen vernichtet Energie und bremst das Fahrzeug ab. Es gibt jetzt zwei Möglichkeiten, den Motor daran zu hindern, Energie zu vernichten.

1. Der Motor wird mittels Kupplung vom Antriebsstrang getrennt.
2. Man unterbindet die Arbeitsweise als Luftpumpe, indem man die Ein- und Auslassventile geschlossen hält.

In diesem Betriebszustand spricht man vom Segeln. Das Fahrzeug rollt dahin, gebremst nur durch Luft- und Rollwiderstand. Und es rollt und rollt und rollt ... **erheblich** länger als mit dem Verbrennungsmotor als schleppendes Element.

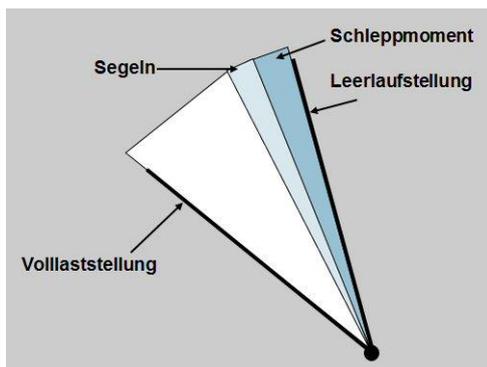


Vergleich Rollstrecke mit (rot) und ohne (blau) Motorschleppmoment      Elektromechanische Ventilabschaltung  
Ausführliche Beschreibung unter dem Schlagwort [Technik => Segeln](#)

Wer daran zweifelt, kann ganz einfach die Kupplung treten und schauen was passiert. Wiederholt man dieses Spielchen immer dann, wenn man genügend Geschwindigkeit aufgebaut hat, wird man nach einiger Zeit und etlichen Kilometern auf Stadt- und Landstraßen erstaunt feststellen, wieviel Sprit man dadurch spart. Es ist nicht einmal notwendig, den Motor abzustellen. Das bringt bei den heutigen reibungsoptimierten Motoren mit einem Leerlaufverbrauch von 0,5 Liter pro Stunde nur noch wenig.

### Elektroantrieb: Lessons Learned in der Autoindustrie

Die Entwicklung des Elektroantriebs verschaffte den Ingenieuren einen merkbaren Aha-Effekt. Plötzlich begriffen sie, dass es beim Elektromotor zwischen Antreiben und Bremsen noch einen dritten Zustand gibt, den des stromlosen Mitsegelns. Beim Antreiben wirkt die Elektromaschine als Motor, beim Bremsen als Generator, und dazwischen wie ein Freilauf. Beim Bremsen wird das Schleppmoment des Verbrennungsmotors nachgebildet, man müsste deshalb vom Schleppen sprechen, um in der vereinbarten Terminologie zu bleiben.



Sowohl das Segeln als auch das Schleppen werden in das Fahrpedal integriert. Damit ergibt sich für den Fahrer das gewohnte Fahrgefühl. Er muss nicht darüber nachdenken, welches Stadium er gerade durchläuft, alles geschieht vollautomatisch. Ohne das Schleppmoment im Fahrpedal ist die Bedienung extrem unkomfortabel, und dem Fahrer/der Fahrerin nicht zumutbar.

## **Übertrag auf den Verbrennungsmotor:**

Es ist nicht ohne weiteres möglich, die Erkenntnisse vom Elektromotor auf den Verbrennungsmotor zu übertragen. Nehmen wir zunächst die Segelmethode mittels Trennen des Motors vom Antriebsstrang durch Öffnen der Kupplung. Kommt der Fahrer mit dem Fahrpedal in den Bereich des Segelns, wird eine automatisierte Kupplung geöffnet. Nimmt der Fahrer das Fahrpedal weiter zurück, muss die Kupplung wieder schließen, damit sich das gewohnte Schleppmoment einstellt. Ein Betriebsmodus ohne Schleppmoment kann man dem Fahrer nicht zumuten. Er müsste ständig zwischen Fahr- und Bremspedal hin und her hüpfen. Das Schleppmoment kann sehr unterschiedlich ausfallen, denn es hängt ab von Geschwindigkeit und Gangstufe. Es ist nicht regelbar, außer man befeuert einzelne Zylinder. Ein nicht zu unterschätzendes Problem bei dieser Methode ist das ruckfreie Öffnen und Schließen der Kupplung.

Die Methode der Ventilabschaltung ermöglicht eine ruckfreie Regelung des Schleppmoments. Für die Entwickler ergibt sich ein ähnlicher Spielraum wie beim Elektroantrieb.

Aber egal, welche Methode man bevorzugt, um mit dem Elektroantrieb gleichzuziehen fehlt bei beiden noch die Möglichkeit zur Rekuperation. Genau in diesem Moment schlägt die Stunde des Hybridantriebs.

## **Hybridantrieb als ideale Ergänzung zum Segeln:**

Egal ob Mild-, Plug-In- oder sonstige Hybride, bei allen kann man das Schleppmoment durch die Elektromaschine simulieren. Als höchst willkommener „Nebeneffekt“ wird Strom erzeugt, den man in einer Batterie speichern kann, also rekuperieren. Das Schleppmoment lässt sich genauso gut regeln wie bei einer reinen Elektromaschine.

Wie kann man den Fahrer unterstützen, damit der möglichst oft in den Genuss des Segelns kommt? Bei der heutigen Verkehrsdichte ist der häufigste Fahrzustand der Kolonnenverkehr. In der Stadt, auf der Landstraße, ja sogar auf der Autobahn kann man die meiste Zeit nicht so schnell fahren wie man möchte, sondern muss seine Geschwindigkeit an den Vordermann anpassen. Mal gibt man ein bisschen Gas, mal nimmt man etwas Gas weg, man spielt mit dem Fahrpedal ständig um den Segelpunkt herum. Um dem Fahrer seine Aufgabe zu erleichtern, kann man den Bereich des Segelns etwas verbreitern, damit er nicht millimetergenau den Punkt treffen muss.

## **Praktisches Beispiel:**

Bei den in Serie befindlichen Hybridfahrzeugen ist das Segeln in Kombination mit dem Rekuperieren bereits Realität. Grundvoraussetzung sind Automatikgetriebe in Form von Wandlerautomatik oder DKG. Beides sind höchst aufwändige Lösungen. Bis jetzt noch nicht umgesetzt ist die Kombination mit einem manuellen Schaltgetriebe. Das ändert sich ab sofort mit dem Kia Stonic.

Die Koreaner sind innovativ. Kia bringt dem manuell geschalteten Antrieb etwas bei, das sonst nur der Automatik vorbehalten war: das Segeln. [FOCUS Online](#) hat den Kia Stonic getestet - eine Mischung aus verkleinertem SUV und höhergelegtem Kleinwagen.

Was kommt unterm Strich heraus? Kostengünstig und sparsam! Koreaner machen uns vor, wie's geht. Deutschen Ingenieuren ist das zu simpel. Sie doktern lieber an 120-Prozent-Lösungen herum.

## **Wo bleibt die Brems-Energierückgewinnung:**

Bisher haben wir nur von der Schleppenergie gesprochen. Also von der Energie, die der Verbrennungsmotor vernichtet, und nicht von der Energie, die die Bremsen beim Tritt auf das Bremspedal vernichten. Müsste da nicht viel mehr zu holen sein?

Bei der reinen Brems-Energierückgewinnung handelt es sich um einen Mythos. Erzeugt wurde er von der deutschen Automobilindustrie, die ihr Heil in Premium-Elektrofahrzeugen mit hohen Leistungen sieht. Hohe Leistungen beim Antreiben ermöglichen hohe Leistungen beim Rekuperieren. Tritt man bei höherer Geschwindigkeit kräftig auf die Bremse, erzeugt die Elektromaschine ein hohes Bremsmoment. Dazu addiert sich das Bremsmoment aus den Radbremsen, was in Summe eine heftigere Bremswirkung ergibt, als der Fahrer beabsichtigt. Was tun? Man entwickelt mit großem Aufwand einen elektromechanischen Bremskraftverstärker, der dafür sorgt, dass die Zuordnung von Bremspedalkraft und Bremswirkung immer gleich ist. Was bringt das?

Journalisten, die ein gut abgestimmtes Elektrofahrzeug testen, berichten begeistert, dass sie kaum noch auf die Bremse treten müssen. **Sie erledigen fast die komplette Längsdynamik mit dem Gaspedal.** Statistische Auswertungen von Bremsungen über Häufigkeit, Geschwindigkeit und Stärke der Bremsung ergeben das gleiche Bild: Echte Bremsungen mit nennenswerter Verzögerung sind höchst selten. Natürlich steckt in Bremsungen aus hoher Geschwindigkeit eine Menge Energie. Um aber nennenswerte Teile davon zurückzugewinnen sind sie zu selten. Und bei einer Fahrweise, bei der sie häufiger auftreten, kommt es dem Fahrer nicht auf das letzte Zehntel Kraftstoffverbrauch an. Es lohnt nicht, dafür zusätzlichen Aufwand zu betreiben.

Man muss kein Prophet sein um zu behaupten, dass sich der elektromechanische Bremskraftverstärker nicht auf breiter Front durchsetzen wird. Er wird aus Kostengründen genauso wieder in der Versenkung verschwinden wie vor ihm schon vieles andere High-Tech-Spielzeug. Typischer Fall von Over-Engineering.

## **Elektromechanische HA-Bremse:**

Beschränkt man sich bei der Bremsenergieerückgewinnung auf die reine Schleppenergie, was ein 48-Volt Mildhybrid bewältigen kann, sind zusätzliche Maßnahmen zur Vermeidung von Irritationen des Fahrers beim Bremsen überflüssig. Dazu ist die Bremsleistung der Elektromaschine zu gering.

Der 120-Prozent Ingenieur gibt sich damit nicht zufrieden. Er will auch beim aktiven Bremsen noch ein paar Wattsekunden in die Batterie speisen. Dazu muss man aber verhindern, dass die Radbremsen diese Energie vernichten. Das gelingt durch eine elektromechanische HA-Bremse. Nicht vollständig, aber zu etwa 50 Prozent. Die Verzögerungsbilanz der beiden bremsenden Systeme direkt am Ort des Geschehens zu ziehen ist wesentlich günstiger und einfacher, als den Fahrer gänzlich von den Bremsen zu entkoppeln.

Darüber hinaus bietet diese Bremse eine ganze Litanei zusätzlicher positiver Eigenschaften, die sind aber einem späteren Beitrags vorbehalten.

## **Supercaps statt Li-Ion-Batterien:**

Mit dem oben geschilderten „bremsenden“ Fahrpedal wird, ohne Segeln und Rekuperation versteht sich, mehr Energie vernichtet als mit dem Bremspedal. Durch das ständige Spiel mit dem Fahrpedal

geht im Sekundentakt Energie raus und wieder herein. Bei einer günstigen Betriebsstrategie steckt man die gewonnene Energie sofort wieder in den nächsten Beschleunigungsvorgang.

Dazu braucht man aber keine teure Li-Ion-Batterie. Ein Supercap könnte die Aufgabe problemlos übernehmen. Supercaps können zwar nicht viel Energie speichern, aber sie besitzen eine Reihe anderer Vorteile. Sie sind kostengünstiger, leichter, beliebig zyklisierbar, mit besserem Wirkungsgrad, und sie vertragen hohe Leistungen. Die ideale Ergänzung für einen Mildhybrid wie dem Kia Stonic.

### **Segeln im Emissions- und Verbrauchstest:**

Weder der NEFZ noch der WLTP berücksichtigen das Segeln. Beides sind Geschwindigkeits-Nachfahrversuche. Sie bilden das Geschehen auf der Straße nur unvollkommen ab. Vergleicht man das Geschwindigkeitsprofil im realen Fahrbetrieb mit dem des WLTP, wird man zwar eine große Ähnlichkeit feststellen, es kommt aber höchst unterschiedlich zustande. Wie bereits erwähnt ist bei der heutigen Verkehrsdichte die Geschwindigkeit zum größten Teil das Ergebnis der Abstandsregelung zum Vordermann. Kein Wunder, dass die Hersteller wenig Lust verspüren, sich für etwas ins Zeug zu legen, was im Test nichts bringt. Höchste Zeit, den Testmodus umzustellen. Wie das ginge, erfahren Sie in dem Beitrag: [Neue Verbrauchszyklen braucht das Land.](#)

## Die Wärmeenergie

### Ratschläge des TÜV-Süd für die kalte Jahreszeit:

Der TÜV-Süd, ist das nicht der mit den Gutachten für unsichere brasilianische Staudämme? Doch, genau der. Soviel zum Thema deutsche Ingenieurskunst. Er schreibt:

- Wagen erst mal warmlaufen lassen? Bloß nicht, sondern gleich losfahren und Dinge wie Scheiben freikratzen vorher bei abgeschaltetem Motor erledigen. Das Auto sollte dann sanft warm gefahren werden: Sind Motor und Katalysator kalt, ist nicht nur der Benzinbedarf besonders hoch, sondern auch der Schadstoffausstoß.
- Als Faustformel für einen warmgefahrenen Motor und das Erreichen normaler Leistung bei normalem Verbrauch gelten vier Kilometer Fahrt.
- Die Heizung für Sitze - falls vorhanden - wird gleich ausgeschaltet, sobald der Motor warm gelaufen ist. Denn ist der Motor warm, gibt die normale Heizung für die Innenraumluft genügend Wärme ab und kostet nicht zusätzlich Energie. Anders bei der Sitzheizung: Sie bringt bei warmem Motor keinen zusätzlichen Nutzen mehr, verbraucht aber zusätzlich Strom.

Das sind Ratschläge aus der Mottenkiste!

- Das Scheibenfreikratzen kann gut und gerne 10 Minuten in Anspruch nehmen. Warum sollte in dieser Zeit der Motor nicht warmlaufen, wenigstens ein bisschen?
- Vier Kilometer Fahrt reichen bei weitem nicht, damit aus den Heizdüsen warme Luft strömt. Dieselfahrzeuge brauchen obendrein noch ein elektrisches Zusatzheizgerät. Erfahrungsgemäß kann man erst nach 10 Kilometern mit einem angenehm warmen Lüftchen rechnen.
- Dann, aber erst dann kann man die Sitzheizung auf die niedrigste Stufe stellen. Ob dabei der Wagen ein paar Zehntelliter mehr oder weniger verbraucht, ist dem Fahrer/der Fahrerin in diesem Moment reichlich egal.

### Motorkapselung:

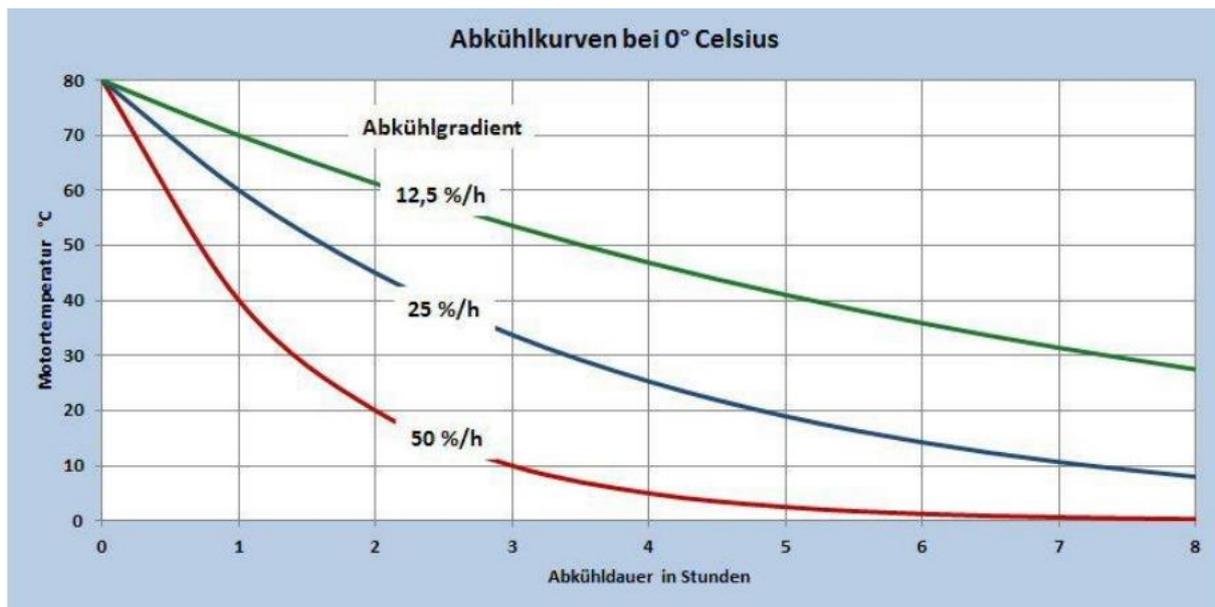
Um ein Fahrzeug anzutreiben benötigt man Energie. Dabei wandelt sich ein Teil der Energie aufgrund des Wirkungsgrades in Wärme um. Lässt man das Fahrzeug stehen, kühlen die antreibenden Elemente wieder ab. Die ganze schöne Wärme, mit der sich der Motor aufgeheizt hat, geht wieder verloren. Das muss nicht sein, denn dafür gibt es die Motorkapselung. Wie funktioniert sie, und wo kann man sie kaufen?

Die Kapsel ist schlicht und einfach eine möglichst dichte Hülle aus Isoliermaterial um den ganzen Motor herum. Es ist noch nirgends in Serie umgesetzt, denn bei Motoren mit Abgasturboladern bedeutet es einen unbezahlbaren Aufwand. Noch dazu würden diese Motoren im Betrieb überhitzen, denn außer dem Motor müsste auch noch der glühend heiße ATL in die Kapsel integriert werden.

Anders sieht die Sache bei einfachen Saugmotoren aus. Auch dort ist der Aufwand erheblich, aber lohnend. Vorteile der Kapsel kann man direkt aus den Empfehlungen des TÜV-Süd entnehmen. Es sind:

- Sicherheitssteigerung, weil man das Fahrzeug nicht mit klammen Fingern und steifen Gliedmaßen bedienen muss.
- Erhebliche Komfortsteigerung;
- Weniger Abgase, der Kat erfüllt seinen Zweck deutlich früher.
- Weniger Verbrauch durch Entfall der Kaltstartanreicherung
- Weniger Verschleiß; jeder Kaltstart wirkt sich überproportional auf den Verschleiß aus.
- Deutlicher Sicherheitsgewinn durch beschlagfreie Scheiben.

Je nach Effizienz der Kapsel stellen sich unterschiedliche Abkühlkurven ein.



Erstrebenswert wäre natürlich der Gradient von 12,5 % pro Stunde. Dann hätte man nach drei Stunden Standzeit bei 0°C noch über 50°C im Motor, statt 10°C ohne Kapsel. Nach acht Stunden Standzeit in der Garage immer noch knapp 30°C statt 0°C ohne Kapsel.

Warum wird ein Konzept wie dieses nicht umgesetzt? Simpler Grund:

**Es bringt nichts bei der Verbrauchsmessung durch NEFZ oder WLTP.**

Das Beispiel Motorkapsel zeigt überdeutlich das Problem der Deutschen mit der Umsetzung von Innovationen – die Übermacht der Bedenkenträger. Auf einen kreativen Kopf kommen 10 Betonköpfe die ganz genau wissen, warum etwas **nicht** geht. Bei Ansätzen wie der Motorkapsel heißt es sofort, ja, aber das bringt doch nichts im Testzyklus! Bei Ansätzen, die im Testzyklus wirksam sind heißt es, wir dürfen den Kunden nicht aus dem Auge verlieren. Teilweise von denselben Leuten. Sie denken, das sei übertrieben? Dann sehen Sie sich den Beitrag „[Selbsthemmung im Entwicklungsablauf](#)“ an.

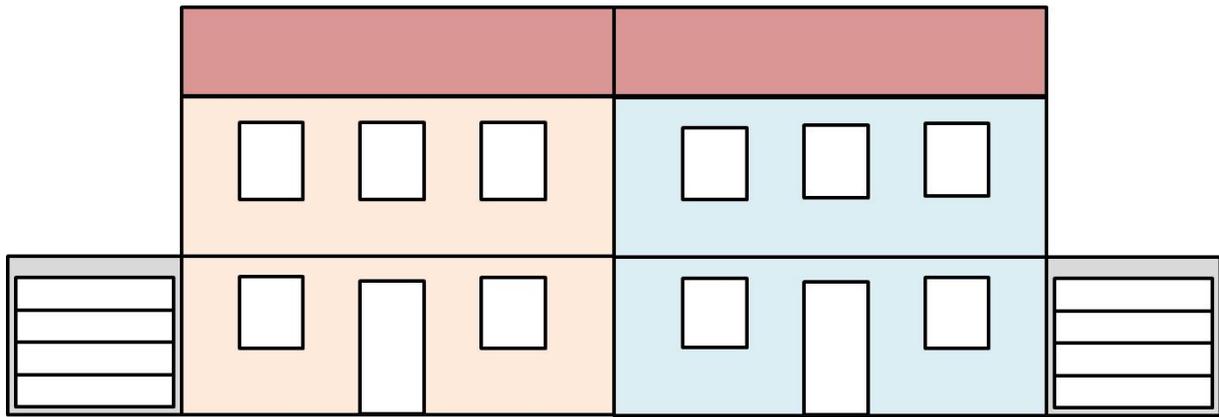
Frage: Warum ist die Motorkapsel ebenso wie etliche andere Ansätze im Testzyklus wirkungslos?

Antwort: Weil der Testzyklus die Realität nur unvollkommen abbildet. Genauer in dem Beitrag: [Neue Verbrauchszyklen braucht das Land.](#)

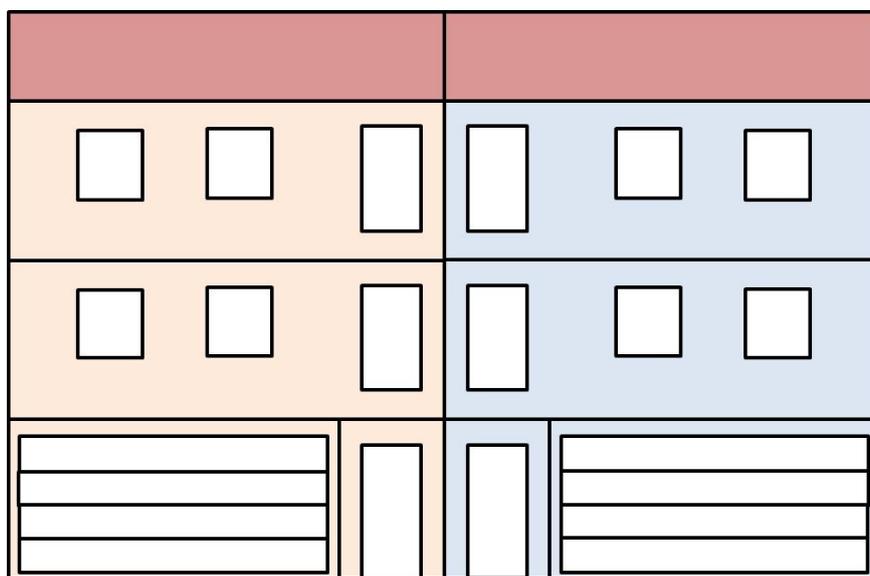
### **Integrierte und gedämmte Doppelgarage:**

Die hohe Schule der Wärmeenergieerhaltung wäre die wärmetechnisch in das Wohnhaus integrierte, gedämmte und beheizte Doppelgarage. Eine Doppelgarage deshalb, weil in einem normalen Zwei- bis Vierpersonenhaushalt mindestens zwei Automobile existieren. Bei vier Personen wimmelt es nur so von Fahrzeugen: zwei Autos, vier Fahrräder, ein Motorrad, etliche Tretroller usw.

Leider nimmt die Bauindustrie auf diesen Umstand keine Rücksicht. Immer noch wird eine winzige Normgarage auf dem Grundstück neben das Haus gequetscht, wo sie dann nach wenigen Jahren so zugemüllt ist, dass nicht mal mehr ein Motorrad, geschweige denn ein Auto Platz findet.



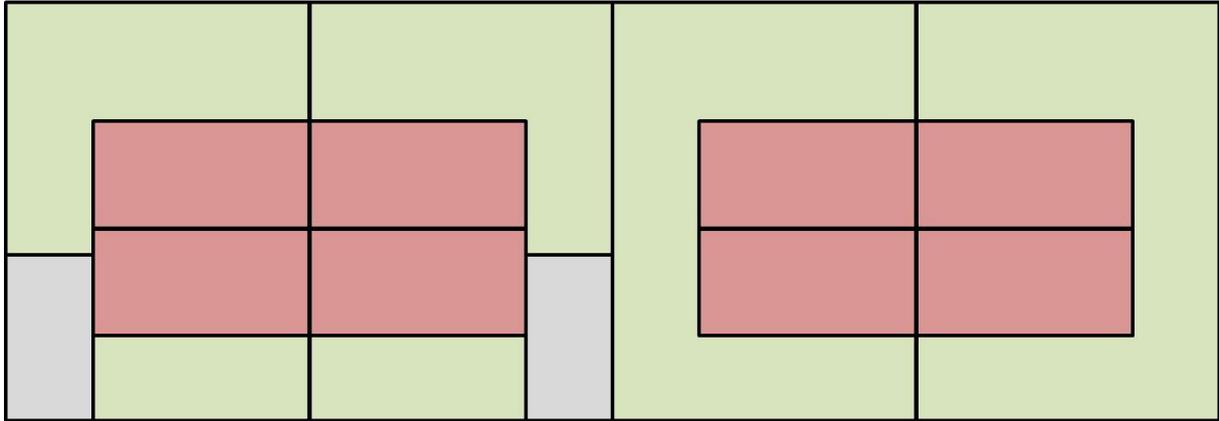
**Ansicht konventionelles Doppelhaus mit Einzelgaragen**



**Ansicht Doppelhaus mit integrierten Doppelgaragen**

Natürlich verfügen die Häuser über den exakt gleich großen Wohnraum. Ein weiterer Vorteil der Doppelgaragen: sie sind nicht nur doppelt so breit wie eine Einzelgarage, sondern auch beträchtlich länger, da sie so lang sind wie das Haus. Dieser zusätzliche Raum ist vielfältig nutzbar, z. B. als Stellraum für Kinderwagen, Fahrräder oder in späteren Jahren für Rollatoren. Wie die Doppelgarage genutzt wird, ist Sache der Bewohner. Man kann den Raum aber auch als Werkstatt nutzen. Von einer beheizten Werkstatt träumt so mancher Edelbastler. Teilnehmer an Jugend forscht finden ideale Bedingungen, und wer weiß, vielleicht reift darin auch ein zweiter Bill Gates heran.

Grundstücke sind Mangelware. Bei so manchen neugebauten Häusern, egal ob Einzel-, Doppel- oder Reihenhäuser wird man den Eindruck nicht los, die Garage nimmt mehr Platz ein als das Haus selbst. Auch da kann die integrierte Doppelgarage punkten.



**Flächenverbrauch in der Draufsicht: links Einzelgaragen, rechts integrierte Doppelgaragen.**

Ein zusätzlicher Vorteil, man kann um das Haus herumgehen, und muss nicht den Rasenmäher durch das Haus tragen. Aber besonders bequem ist die Geschichte bei Regen oder im Winter.

Normalerweise zieht man sich entsprechend der Witterung an, mit Anorak oder Regenmantel. Damit setzt man sich ins kalte Fahrzeug. Hat sich der Innenraum erwärmt, würde man die schweren Klamotten gerne loswerden, was aber unter der Fahrt schlecht möglich und mit Risiko verbunden ist. Bei der integrierten und beheizten Garage setzt man sich gemütlich mit normaler Kleidung in das angenehm warme Fahrzeug, und kann unverkrampft und unbeengt losfahren.

Soweit die unglaublichen Vorteile dieses Konzepts für den Fahrer/die Fahrerin. Der eigentliche Grund dafür war aber die Energieerhaltung und deren positive Auswirkungen. Im Prinzip handelt es sich um die gleichen Vorteile wie bei der Motorkapsel. Wir differenzieren aber zwischen Verbrennungsmotor, Elektroantrieb und Hybridantrieb.

#### **Vorteile Beim Verbrennungsmotor:**

- Sicherheitssteigerung, weil man das Fahrzeug nicht mit klammen Fingern und steifen Gliedmaßen bedienen muss.
- Erhebliche Komfortsteigerung;
- Weniger Abgase, der Kat erfüllt seinen Zweck deutlich früher.
- Weniger Verbrauch durch Entfall der Kaltstartanreicherung
- Weniger Verschleiß; jeder Kaltstart wirkt sich überproportional auf den Verschleiß aus.
- Deutlicher Sicherheitsgewinn durch beschlagfreie Scheiben.

#### **Vorteile beim Elektrofahrzeug:**

Batteriefahrzeuge haben ein Problem im Winter mit der Reichweite. Die Batteriekapazität sinkt dramatisch. Ein Teil der kostbaren Elektrizität wird zum Heizen benötigt. Es gibt zwar meistens eine sog. Vorheizfunktion, bei der mit Strom aus dem Netz das Fahrzeug und die elektrischen Komponenten vorgeheizt werden. Diese verschlingt jedoch beträchtlich Strom. Mit Strom heizen ist ohnehin keine gute Idee.

Die beheizte Garage senkt den Stromverbrauch auf mehrfache Art und Weise:

- Das Fahrzeug und die Batterien sind automatisch vorgeheizt.
- Die warme Batterie kann mehr Energie speichern.
- Die Komponenten arbeiten mit einem besseren Wirkungsgrad.
- Auf Kurzstrecken kann man die Heizung erheblich zurückdrehen, vielleicht sogar ganz abschalten.

Das bedeutet eine Reichweite, die derjenigen im Sommer recht nahekommt.

### **Vorteile beim Hybridfahrzeug:**

Bei den kleinen Batterien von Hybridfahrzeugen ist ein sparsamer Umgang mit der kostbaren Energie noch ratsamer als beim BEV. Fährt man mit einem PHEV überwiegend Kurzstrecke in der Größenordnung von 10 bis 30 Kilometer, kann man mit warmem Fahrzeug vollständig auf die Dienste des Verbrennungsmotors verzichten. Man bestreitet die Fahrten mit einem bestens vorkonditionierten Elektroantrieb. Das schont die Umwelt und den Geldbeutel.

Geht die Fahrt über die Reichweite des Elektroantriebs hinaus, kommen die Vorteile des Verbrennungsmotors zum Tragen. Das Hybridfahrzeug profitiert demnach von der integrierten und beheizten Garage so viel wie Verbrennungs- und Elektroantrieb zusammen.

### **Zusammenfassung:**

Die Instrumente zur Verbesserung von Verbrauch, Emissionen und Komfort sind noch lange nicht ausgereizt. Auch wenn es den Leser allmählich langweilt, man kann es aber nicht oft genug wiederholen: Größtes Hindernis für weitere Verbesserungen ist der Fokus, den die Hersteller auf den Verbrauchstest richten. Auf einen Test, der die Geschehnisse auf der Straße nur unvollkommen abbildet.

Zum Verbesserungspotential gehört die konsequente Anwendung von Methoden zur Energieerhaltung. Geschicktes Ausnutzen von kinetischer und thermischer Energie bringen viele Vorteile nicht nur im Verbrauch, sondern auch im Kundennutzen.

Zu alledem muss man nichts neu erfinden. Man benötigt keine zusätzlichen Sensoren, Kameras, hochintelligente Elektronik, Vernetzung mit GPS und ähnlichem, keinen High-Tech-Overboost, es genügt die simple Anwendung bereits bestehender Systeme und Programme.

Und schon gar nicht braucht man dazu Elon Musk, damit er uns verbrauchte Energie vom Mars zurückholt.

**Ein Produkt ist erst dann perfekt, wenn man nichts mehr weglassen kann.**