

16.01.2023

## Blick zurück auf 15 Jahre Verbrennungsmotor-Entwicklung: Folge 2 von 2

### Präambel:

Folge 1 der Beschäftigung mit den [Mythen und Legenden in der Entwicklung des Antriebsstrangs](#) stammte aus dem Jahr 2008. In Folge 2 geht es darum, zu zeigen, welche Behauptungen sich nach 15 Jahren als zutreffend erwiesen, und welche auf Irrtum und Fehleinschätzung beruhten. Abgerundet wird die „Aufarbeitung“ der Vergangenheit durch ein paar High-Tech Irrwege, die besonders drastisch die Anfälligkeit der Autoindustrie für die ganz große Lösung zeigen.

### 1.) Offene Ansaugquerschnitte und Schichtladung beim Benzinmotor:

Was wurde nicht alles in diese Technik investiert, von einem Hersteller mehr, von anderen weniger. Herausgekommen ist weniger als nichts, nur die Erkenntnis, dass man aufs falsche Pferd setzte. Obwohl, so ganz stimmt diese Aussage nicht, denn ein positives Ergebnis gab es doch: die Direkteinspritzung. Sie wurde, wie wir später noch sehen werden, zum unverzichtbaren Bestandteil von Downsizing und Abgasturboaufladung.

### 2.) Schubabschaltung und Verbrauch sparende Fahrweise.

Lange hat es gedauert, bis bei den Motorentwicklern der Groschen fiel – hoppla, der Verbrennungsmotor vernichtet im Schubbetrieb jede Menge Energie. Erst der Elektroantrieb überzeugte auch die hartnäckigsten Gegner des Segelns, also des Rollens ohne bremsendes Motormoment, von dessen Vorteilen für den Verbrauch. Dabei hätte sich jeder persönlich vom Effekt des Segelns überzeugen können, einfach durch Treten der Kupplung immer dann, wenn keine Vortriebskraft erforderlich ist. Aber das war anscheinend den meisten Ingenieuren zu mühsam, und hätte ihr Weltbild gestört.

Der Elektroantrieb liefert noch einen weiteren Aha-Effekt, das „bremsende Fahrpedal“. Ein Elektromotor kann mehr als nur antreiben, er kann auch bremsen. Diese Eigenschaft lässt sich hervorragend nutzen, um auf den letzten Millimetern des Fahrpedalweges vor der Nullstellung ein bremsendes Moment zu erzeugen. Das bringt mehrere Vorteile: Das Fahren ohne Motorschleppmoment ist äußerst unkomfortabel und anstrengend, weil man sehr häufig das Bremspedal zu Hilfe nehmen muss. Außerdem kann man das Motorbremsmoment nutzen, um die Batterie zu laden. Das nennt sich Rekuperation => siehe Absatz 3.

Im Fahrzeug mit Verbrennungsmotor lässt sich ähnliches nur sehr schwer umsetzen. Um den Motor vom Antriebsstrang zu trennen ist eine Kupplung erforderlich. Das Aus- und Einkuppeln muss absolut ruckfrei erfolgen – keine leichte Aufgabe. Am besten für Segelkonzepte ohne Nachteile eignen sich Hybridantriebe, wo der Elektromotor das Bremsmoment erzeugt und die Rekuperation besorgt.

### 3.) Bremsenergieerückgewinnung

Beim Stichwort Rekuperation ist meistens von **Bremsenergieerückgewinnung** die Rede. Damit ist aber streng genommen nur ein Bruchteil der Bremsenergie erfasst, nämlich nur der beim Tritt auf das Bremspedal. Wir haben aber unter 2.) festgestellt, dass man auch mit dem Fahrpedal bremsen kann,

und dabei Rekuperation betreiben. **Schleppenergie**rückgewinnung hieße die korrekte Bezeichnung dafür. Allerdings ist die 2008 getätigte Behauptung zutreffend, dass der Wirkungsgrad das meiste an rekuperierbarer Energie auffrisst. Das gilt für reine Elektroantriebe genauso wie für Hybride. Bei Hybriden zeigt sich am deutlichsten, dass der Effekt der Rückgewinnung nicht groß sein kann, denn sonst hätten diese gegenüber Verbrennern einen deutlichen Verbrauchsvorteil – was leider nicht der Fall ist.

Der letzte Satz der 2008er Abhandlung besitzt nach wie vor universelle Gültigkeit: Die beste Form der Energieeinsparung besteht im Segeln.

#### 4.) Downsizing

„Downsizing ist in der Motorenbranche das allgemein anerkannte Allheilmittel für den Ottomotor, um dessen Verbräuche in den Griff zu kriegen, ohne seine Leistungsfähigkeit einzuschränken.“ Diese Aussage vor 15 Jahren war nur zum Teil richtig. Richtig war, dass die downgesizeten Motoren weniger Kraftstoff konsumierten als ihre Pendants mit gleicher Leistung und großem Hubraum. Das lag aber nicht am kleineren Hubraum, sondern im Wesentlichen an der Direkteinspritzung, der Reibungsreduzierung, an der Verbesserung der Getriebe, vor allem der Automatikgetriebe, an der Inflation von Gängen, und nicht zu vergessen, an allerhand steuerzeitenoptimierenden Maßnahmen.

Die vermeintliche Verbrauchsreduzierung war aber nicht der Hauptgrund für den Siegeszug des Downsizings. Der beruhte auf folgenden Faktoren:

- Der mögliche Quereinbau auch leistungsstarker Motoren und damit die Eignung für Frontantrieb.
- Die Leistungsanpassung per Software ermöglicht ein einheitliches Package von 100 bis 300 PS.
- Dazu noch die Vereinheitlichung mit dem Dieselmotor im Package und in den Motorgrunddaten: Hub und Zylinderabstände.

Das vereinfacht in Summe die Entwicklung neuer Modelle ganz erheblich, mit der Konsequenz, dass der Markt geradezu mit neuen Modellen überschwemmt wird. Und zwar (fast) alle mit Vierzylindermotoren mit zwei Litern Hubraum. Einziger Wermutstropfen bei der Angelegenheit – Heckantrieb für Vierzylindermodelle fiel dieser Flurbereinigung zum Opfer. Dieses Fahrspaßelement gibt es nur noch für Sechszylinder, und damit rückt der Heckantrieb für viele seiner Freunde, speziell unter den BMW Fahrern, in unerschwingliche Preis-Höhen.

#### 5.) Valvetronic

Nicht nur die Modewelt, auch die Motorentwicklung ist von Modeströmungen betroffen. Wie auf Verabredung stürzen sich die Ingenieure aller Länder auf ein einzelnes Thema, und quetschen dieses nach allen Regeln der Kunst aus, bis wieder ein neues Thema am Horizont auftaucht.

Wer erinnert sich noch an die Klimmzüge zur Gewichtserleichterung? Das Feilschen um ein paar Gramm führte zu den abstrusesten Irrwegen, z.B. zu Bremssätteln aus Aluminium für ganz gewöhnliche Limousinen. Setzt man diese Gramm-Fuchserie ins Verhältnis zu den heute üblichen Gewichten, speziell bei Elektrofahrzeugen, kann man nur noch amüsiert den Kopf schütteln.

Dann kam die Zeit der Verbrauchseinsparung, und mit ihr die Entstehung von allerlei Mechanismen zur Ventilhub- und Steuerzeitenbeeinflussung. Musterknabe BMW preschte natürlich voran, und

setzte eine erste Duftmarke. Die bayerischen Ingenieure entwickelten die sog. Valvetronic, ein System zur Steuerung/Regelung des Ventilhubes der Einlassventile. Der Verbrauchsvorteil der BMW-Modelle wurde denn auch in den Medien dieser aufwändigen Technologie zugeschrieben. Das war aber falsch. Richtig war, dass BMW als Erste flächendeckend die elektromechanische Lenkung einführten, die einen Verbrauchsvorteil von mindestens 0,3 L/100 km bedeutete. Außerdem brachten sie noch allerhand Klimbim mit zweifelhaftem Nutzen für die Fahrer, wie z.B. die Start-Stopp-Automatik. Vieles davon war nur im NEFZ wirksam und kaum in der Praxis.

In der Zwischenzeit zogen die anderen Fahrzeughersteller nach und führten den Beweis, dass man das gleiche Verbrauchsniveau erreichen kann wie BMW – ohne Valvetronic. Das stellt BMW vor ein Riesenproblem, denn sie können kaum ihr High Tech Vorzeige-System rausnehmen, ohne an Gesicht zu verlieren. Dabei dürfte jedem Laien klar sein, dass es egal ist, wo man dem Benzinmotor das Atmen erschwert, am Ventil oder an der Drosselklappe.

„Als wir merkten, dass wir uns auf dem Holzweg befanden, verdoppelten wir unsere Anstrengungen.“ So könnte man die Versuche beschreiben, die Valvetronic zu retten. Man beglückt nicht nur die Einlass-, sondern auch die Auslassventile, und ermöglicht gleichzeitig den Ventilhub Null. Wenn man wenigstens die Steuerzeitenverstellung VANOS entfallen lassen könnte. Aber auch da ist man schon „weiter“. Doppel-VANOS ist das Gebot der Stunde.

2008 schreibt der Autor: „Der einzige Ausweg aus dieser Zwickmühle ist der Ersatz der Valvetronic durch ein innovatives, technisch mindestens ebenso anspruchsvolles und effizientes Ersatzsystem, z. B. eine Einzelzylinderabschaltung.“ Dem ist nichts hinzuzufügen, außer dem Hinweis auf die Seite vom [29.06.2022 Zylinderabschaltung 2.0: Kleines Bauteil, große Wirkung](#).

BMW ist nicht die einzige Firma, die sich mit aufwändigen Ventilsteuersystemen beschäftigte. Auch etliche andere Motorhersteller tappten in diese Falle. Die Systeme sind samt und sonders im Museum für High Tech-Overkill zu bewundern.

## **6.) Abgasturboaufladung**

Gibt es noch Motoren ohne Abgasturbolader? Auf Antrieb fallen einem da nur hochkarätige Sportmodelle ein. Alle anderen nutzen den ATL zum Downsizing => siehe oben unter Punkt 4.) Die vor 15 Jahren genannten Nachteile gelten nach wie vor. Ob es stimmt, dass unterm Strich ein merkbarer Verbrauchsvorteil übrig bleibt, lässt sich nicht beweisen. Wie unter 4.) bereits beschrieben, sind in den letzten 15 Jahren viele Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung eingeflossen, die höchstens eine virtuelle Vergleichbarkeit zulassen. Ein Beispiel dafür ist der Vergleich des [M3 CSL von 2004 mit dem M 235i von 2014](#). Obwohl der Beitrag auch schon wieder sieben Jahre zurückliegt, an Aussagekraft hat er nicht das Geringste eingebüßt.

## **7.) Automatikgetriebe**

Wandler-Automaten verfügen heute über 8 oder 9 Gänge, und bewirken im Gegensatz zu früher einen kleinen Verbrauchsvorteil gegenüber 6-Gang-Schaltgetrieben. Sie harmonisieren bestens mit den durch ATL aufgeladenen Motoren, indem sie diese immer in einem möglichst niedrigen Drehzahlbereich mit gutem Wirkungsgrad arbeiten lassen. Will man aber plötzlich beschleunigen, muss man eine Gedenksekunde in Kauf nehmen, bis der Motor seine volle Leistung zur Verfügung stellt. Zum einen liegt das am Getriebe, das sich erst auf eine niedrigere Gangstufe vorarbeiten muss. Zum

anderen liegt es am Lader, der auf einen hohen Abgasdurchsatz angewiesen ist, den der Motor erst mit steigender Laderdrehzahl erreicht.

Mit allerlei Maßnahmen versuchen die Hersteller, diesen motorischen „Sekundenschlaf“ auszumerzen, was aber die Systemkomplexität weiter erhöht und verteuert.

## 8.) Hybridantrieb

Das Potential des Hybridantriebs wurde und wird allgemein weit überschätzt, damals wie heute. Besonders die Grünen waren vom Hybridantrieb a´ la Toyota Prius geradezu hypnotisiert. In völliger Verkennung der Tatsache, dass der Prius seine Verbrauchsvorteile einem kleinen Motor und einer extrem windschlüpfigen Karosserie verdankte.

Inzwischen verlagerte sich der Schwerpunkt in Richtung Plug In Hybrid, genannt PHEV (**Plug in Hybrid Electric Vehicle**). Dafür gab es bis vor kurzem sogar Prämien von Staat und Herstellern => 6.730 Euro bis zu einem Listenpreis von 40.000 Euro, 5.625 Euro bis 65.000 Euro. Das muss man sich vorstellen: staatlich geförderte Ressourcenverschwendung.

Die wurde ab Anfang 2023 abgeschafft, aus zwei Gründen:

1. Die Fahrzeuge nutzten den Elektroantrieb viel zu wenig.
2. So gut wie kein Einfluss auf den Verbrauch des Benzinmotors.

Wie konnte es dazu kommen?

- Die Fummelei mit den Ladekabeln ist den Fahrern viel zu umständlich.
- Die Hersteller wollen an bestehenden Fahrzeugen so wenig wie möglich ändern. Das bedeutet, sie pfpfen den Elektroantrieb einfach dem bestehenden Antrieb oben drauf. Sie können oder wollen die Synergieeffekte nicht nutzen.
- Durch die elektrische Unterstützung läuft der Verbrennungsmotor in einem ungünstigeren Bereich des Wirkungsgrads.
- Der zusätzliche Elektroantrieb wiegt nicht wenig, auch das verschlechtert den Verbrauch.

Wie man es besser machen kann, das ist unter dem Schlagwort [Hybridantrieb](#) ausführlichst geschildert.

Bleibt noch zu klären, wer diese Fahrzeuge kauft und warum.

- Bis vor kurzem geisterte das Schreckgespenst Dieserverbot in Innenstädten durch die Medien. Das hat seinen Schrecken durch die NOx-Maßnahmen weitgehend verloren. Damit ist dieser Kaufgrund obsolet.
- PHEVs können öffentliche Ladesäulen nutzen. Sehr praktisch, denn damit kommen sie in den Genuss der für Elektrofahrzeuge reservierten, meist leeren Parkplätze.
- Sperrzonen für Verbrennungsmotoren in Innenstädten: Bund, Länder und Kommunen haben es versäumt, solche Sperrzonen einzuführen. Verbrenner sollten ordentlich Maut zahlen, BEVs und PHEVs fahren kostenlos. Das würde dem Hybridantrieb den nötigen Schwung verleihen, und ihn bei den Herstellern höher priorisieren.

Momentan, so der Eindruck, fristet er das Gnadensbrot. Die Politik will mit aller Macht dem BEV zum Durchbruch verhelfen, bei den Herstellern ist er ein ungeliebtes Kind, von den Verbrauchern wird er verschmäht weil zu teuer.

## 9.) Elektroantrieb:

Warum spielt der Elektroantrieb auf den Seiten des [autokritikers](#) eine so große Rolle? Weil vollkommen unerklärlich ist, wieso allgemein geglaubt wird, durch diese Technologie den Klimawandel aufhalten zu können. Tatsache ist, wenn es überhaupt einen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen hat, dann bestenfalls in der dritten Nachkommastelle. Viel wahrscheinlicher ist, dass es sich in Summe negativ auswirkt, wenn zur Versorgung dieser automobilen Blendwerke überholte Kraftwerke wieder ans Netz gehen müssen, oder die letzten Schätze der Erde geplündert werden.

Ansonsten sind die vor 15 Jahren beschriebenen Gesetze von Wirkungsgrad und Fahrwiderständen nach wie vor gültig. Die Physik lässt sich nicht betrügen. Die Menschen schon. Nur zu gerne glauben sie an den Segen von Elektromobilität, von Sonnenkollektoren und Windkraftträdern, von Wasserstoff und synthetischem E-Fuel. Von Karl Marx stammt der Ausspruch „Religion ist Opium fürs Volk“. Heute müsste er feststellen „Klimaschutz ist Opium fürs Volk“. Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Medien wollen uns mit seltener Einhelligkeit weismachen, dass man durch die genannten Maßnahmen die Klimakatastrophe wenn nicht verhindern, so zumindest abmildern kann. In Wirklichkeit geht es ihnen nur um die Wahrung ihrer Pfründe. Die Folgen müssen wir, also das gemeine Fußvolk ausbaden.

## 10.) Alternative Konzepte für Verbrennungsmotoren:

An dieser Stelle sei wieder auf den Beitrag vom [29.06.2022 Zylinderabschaltung 2.0: Kleines Bauteil, große Wirkung](#) verwiesen. Einfache Lösungen sind in der Automobilbranche äußerst unbeliebt. Warum? Weil man sich damit nicht profilieren kann. Promovierte, die in den letzten Jahren die Entwicklungsabteilungen geradezu überschwemmten, wollen vorwärtskommen, genauer gesagt aufwärts kommen, Karriere machen. Das gelingt am besten mit Hilfe eines herausragenden High-Tech-Features, je komplexer, desto besser.

Im Folgenden versuchen wir diese These zu erhärten, indem wir uns einige ganz besonders verstiegene technische Irrläufer anschauen.

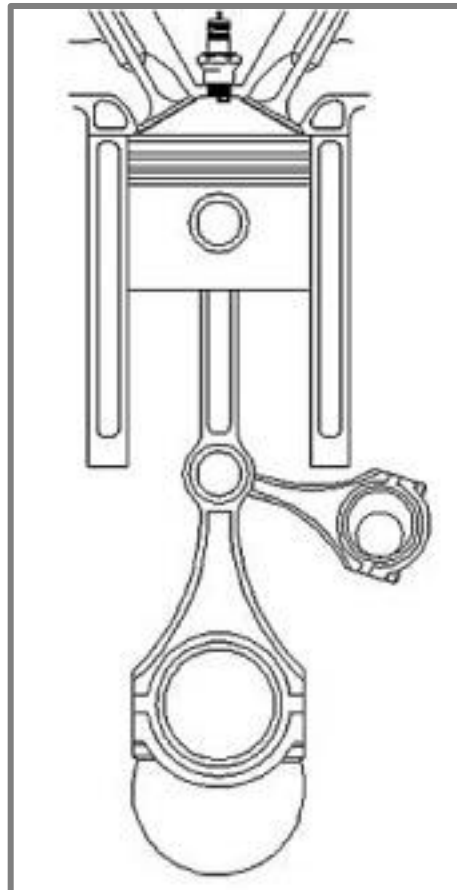
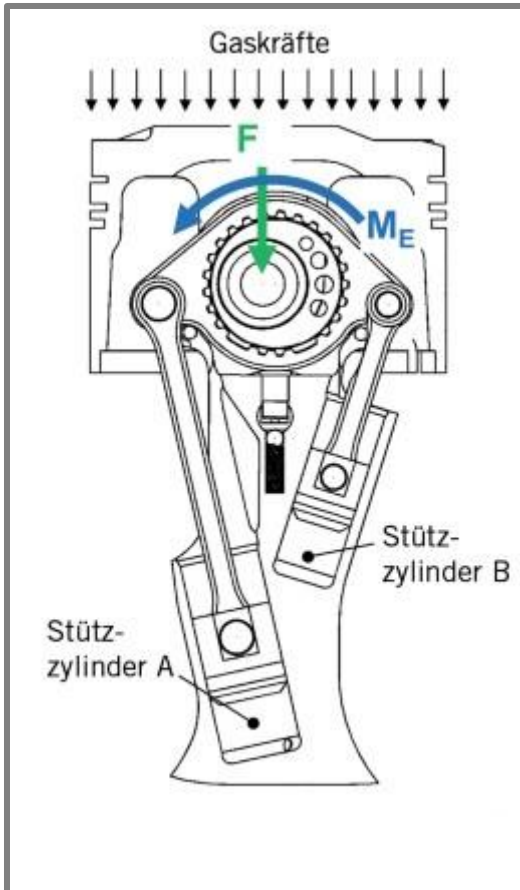
## 11.) Zylinderabschaltung durch Trennung der Kurbelwelle:

Ein Techniker, der von Massenkräften auch nur die Spur einer Ahnung hat, mag sich gar nicht vorstellen, wie das ruckfreie Ein- und Abkoppeln einzelner Zylinder vonstatten gehen soll. Ganz zu schweigen, wenn plötzlich ein von den Massenkräften gut ausgewogener Vierzylinder plötzlich zu einem unrund laufenden Drei-, Zwei- oder gar Einzylinder mutiert.

## 12.) Variable Verdichtung:

Generationen von Ingenieuren beschäftigten sich schon mit dieser Problematik. Immer wieder geisterte ein neuer Ansatz durch die automobilen Medien. Die Erfinder bzw. Entwickler überschätzen den Einfluss der Verdichtung auf den Verbrauch oder die Leistung ganz gewaltig.

Zum Schmunzeln oder Kopfschütteln, je nach Einstellung, hier zwei dieser Wunderwerke der Technik.



### 13.) Elektromechanischer Ventiltrieb EVT:

Die englische Bezeichnung trifft's besser: Electromechanical Valve-Timing. Keine Nockenwellen samt Antrieb mehr, kein VANOS, keine Valvetronic, völlige Freiheit in der Gestaltung von Steuerzeiten und Ventilhub – ein Traum?



Das Bild links zeigt einen einzelnen Aktuator, die rechte Seite die Aktuatorbatterie (hier nur für die Einlassventile vorgesehen). Die Auslassventile werden bei diesem Beispiel konventionell angetrieben.

Wahre Wunderdinge versprach man sich davon. Warum ist nichts daraus geworden, obwohl lange Zeit mit großer Euphorie und noch größerem Aufwand daran gewerkelt wurde? Ein paar Nachteile:

- Was normalerweise die Nockenwelle gemeinsam mit den Ventildfedern bewerkstelligt, nämlich das geräuschlose, sanfte und trotzdem dichte Schließen der Ventile, gestaltet sich hier schwierig. Es gilt schließlich, die Ventilmasse kurz vor dem Aufsetzen aus Höchstgeschwindigkeit abzubremesen.
- Im schnellen Aufreißen der Ventile ist die Nockenwelle haushoch überlegen. Das Bestreben, möglichst schnell zu öffnen, darf man nicht übertreiben, sonst knallt das Ventil ungebremst auf den Anschlag.
- Die Aktuatoren fressen irrsinnig viel Strom. Die Versorgung muss durch ein leistungsgesteigertes Bordnetz sichergestellt werden.
- Wer schon einmal erlebte, was Ventile anrichten, wenn sie mit dem Kolben in Kontakt kommen, lässt von solchen Experimenten besser die Finger. Die Antwort der Entwickler waren tiefe Taschen in den Kolben, die einen mechanischen Kontakt erfolgreich verhinderten. Allerdings zu Lasten eines extrem zerklüfteten Brennraums.
- Und schließlich wird beim konventionellen Ventiltrieb ein Teil der Öffnungs-Energie beim Schließen durch die Ventildfedern wieder zurückgewonnen. Beim EVT nicht.

Warum wurden trotz der offensichtlichen Nachteile viele, viele Millionen in diesem Projekt versenkt? Vielleicht, weil beim Versagen an der Projektleitung ein Makel hängen bleibt? Vielleicht, weil Institute von den Autofirmen pauschal bezahlt werden und nicht nach Erfolg. Sie können mit solchen Projekten nach der Salamitaktik viel Geld locker machen. Und natürlich durch die Meinung von Hierarchen: **Geht nicht, gibt's nicht**. Sie müssten sonst zugeben, von der Materie keine Ahnung zu haben.

#### **Zusammenfassung:**

Die Liste der Systeme, die sang- und klanglos wieder von der Bildfläche verschwanden ist lang. Viele davon waren den „Geistesblitzen“ von Hierarchen zu verdanken, die sich damit ein Denkmal setzen wollten. Wie Niall Ferguson in seinem bekannten Buch „Doom“ so treffend beschreibt, sind Hierarchen nicht fähig, Fehler zuzugeben. Funktioniert ihre Strategie nicht, machen sie die Mitarbeiter dafür verantwortlich, oder sie verlegen sich aufs Dozieren. Die unteren Chargen trauen sich nicht mehr, sie mit negativen Meldungen zu konfrontieren. Es entsteht eine Atmosphäre des Verschweigens und Vertuschens. **Das kommt ihnen bekannt vor, stimmt's?** Nicht nur in Wolfsburg und Ingolstadt.

Beispiele für dieses Phänomen gäbe es genug. Das soll aber hier nicht Gegenstand sein. Das sei einem späteren Beitrag vorenthalten mit dem derzeitigen Arbeitstitel: Frugale Innovation – und wie man sie erfolgreich verhindert.

#### **Merke:**

**Mit einer guten Idee kann man viel mehr Ärger bekommen als mit einer schlechten.**

Jacob Jacobson

[www.der-autokritiker.de](http://www.der-autokritiker.de)