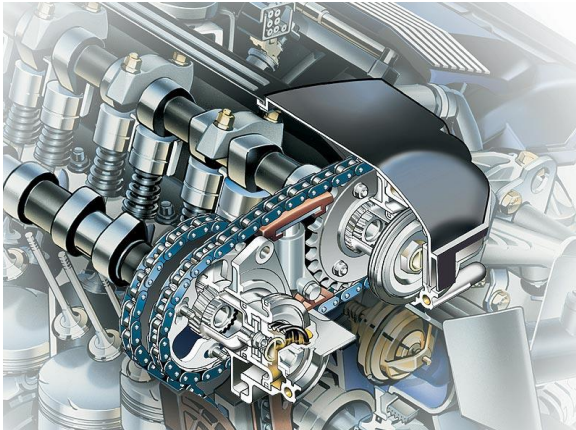
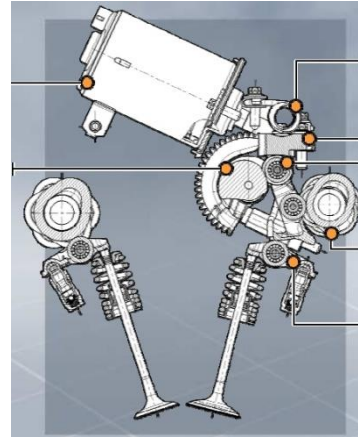


BMW Segeln 2.0: Geniale Entwicklung oder High-Tech Overkill?

Unbestritten sind die Vorteile der BMW-Entwicklung Segeln 2.0. Der Beitrag vom 25.06.2022 mit dem Titel „[Segeln 2.0 mit dem neuen BMW Sechszylinder](#)“ befasst sich ausgiebig damit. Leider wird hier, wie so oft, auf die ohnehin schon imposante Ansammlung von High-Tech-Systemen zusätzlich noch eines oben draufgesetzt. Die Komponenten im Einzelnen:



Doppel-VANOS (Prinzipdarstellung)

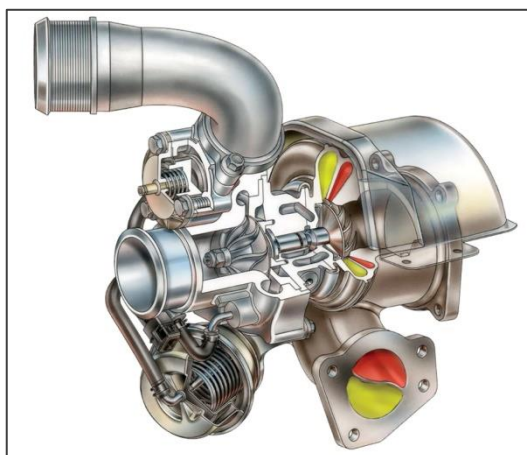


Valvetronic (Prinzipdarstellung)



Saugrohreinspritzung

Direkteinspritzung



Twin-Scroll-ATL (Prinzipdarstellung)



Ladeluftkühlung (Prinzipdarstellung)



Auslassventile Abschaltvorrichtung

Wofür sind die Systeme gut?

- Variable Nockenverstellung, Valvetronic und kombinierte Einspritzung sollen den Verbrauch im Teillastbereich senken, bei gleichbleibend hoher Spitzenleistung.
- Die Abschaltvorrichtung für die Auslassventile ermöglicht das Segeln 2.0.
- Ein Abgas-Turbo-Lader steigert Leistung und Drehmoment. Er begünstigt schaltfaules Fahren, und ermöglicht dem Hersteller, Leistungspassungen per Software vorzunehmen. Und er bedeutet die Vereinheitlichung von Diesel und Benzinern.

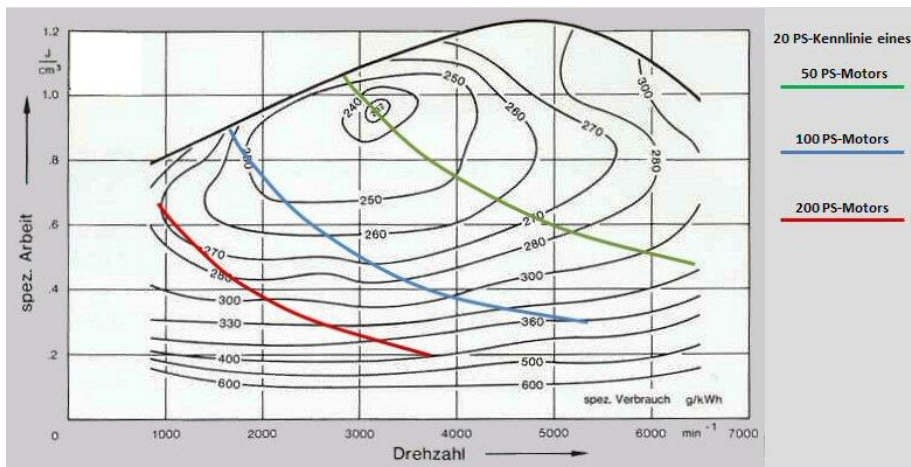
Oder vereinfacht ausgedrückt, ein ATL treibt die Leistung in die Höhe, die übrigen Systeme sorgen dafür, dass der Verbrauch nicht ins uferlose steigt.

Der alles entscheidende Teillastbereich:

Frage: Warum verbrauchen Motoren mit hoher Leistung in den Verbrauchszyklen mehr Kraftstoff als Motoren mit niedriger Leistung?

Antwort: Weil die Verbrauchszyklen sehr wenig Leistung benötigen. Es gilt: Je höher die Spitzenleistung, desto schlechter der Wirkungsgrad bei niedriger Leistung.

Deswegen die enormen Anstrengungen zur Verbesserungen des Wirkungsgrads im Teillastbereich. Ein Diagramm soll den Zusammenhang erläutern.



Wir nehmen ein beliebiges sogenanntes Muscheldiagramm. Es bildet den Wirkungsgrad über der Drehzahl und der Leistung ab. Es sieht im Prinzip für alle Verbrennungsmotoren

ähnlich aus, egal um welchen Motor es sich handelt. Charakteristisch ist die Tatsache, dass sich der beste Wirkungsgrad in der Nähe der halben Maximaldrehzahl und knapp unterhalb des maximalen Drehmoments einstellt. In diesem Fall ist es die mit 235 J/cm^3 bezeichnete kleine Fläche innerhalb der 240er Fläche. Je höher die Zahl, desto schlechter der Wirkungsgrad.

Wir nehmen drei Motoren, die das gleiche Kennfeld aufweisen, je einen mit 50, 100 und 200 PS, und lassen sie im Teillastbereich mit 20 PS laufen. 20 PS reichen aus, um in der Stadt mit 50 km/h mitzuschwimmen.

- Der 50 PS-Motor schneidet die Fläche des besten Wirkungsgrades von 235 J/cm^3 . Er hält sich über einen weiten Drehzahlbereich in der Fläche des drittbesten Wirkungsgrades von 250 J/cm^3 auf.
- Der 100 PS-Motor erreicht diesen Bereich nur knapp. Er liegt die meiste Zeit im 260er-Bereich. Den 240er-Bereich verfehlt er vollständig.
- Ganz schlimm steht es um den Motor mit 200 PS. Er kommt selbst bei Leerlaufdrehzahl kaum unter 270 J/cm^3 .

Aus dem Diagramm ersichtlich ist auch der Grund, warum es mit drehmoment- und leistungsstarken Motoren so schwer fällt, langsam zu fahren. Es reicht, das Gaspedal zaghaft zu berühren, und schon steigen Leistung und Geschwindigkeit sprunghaft an.

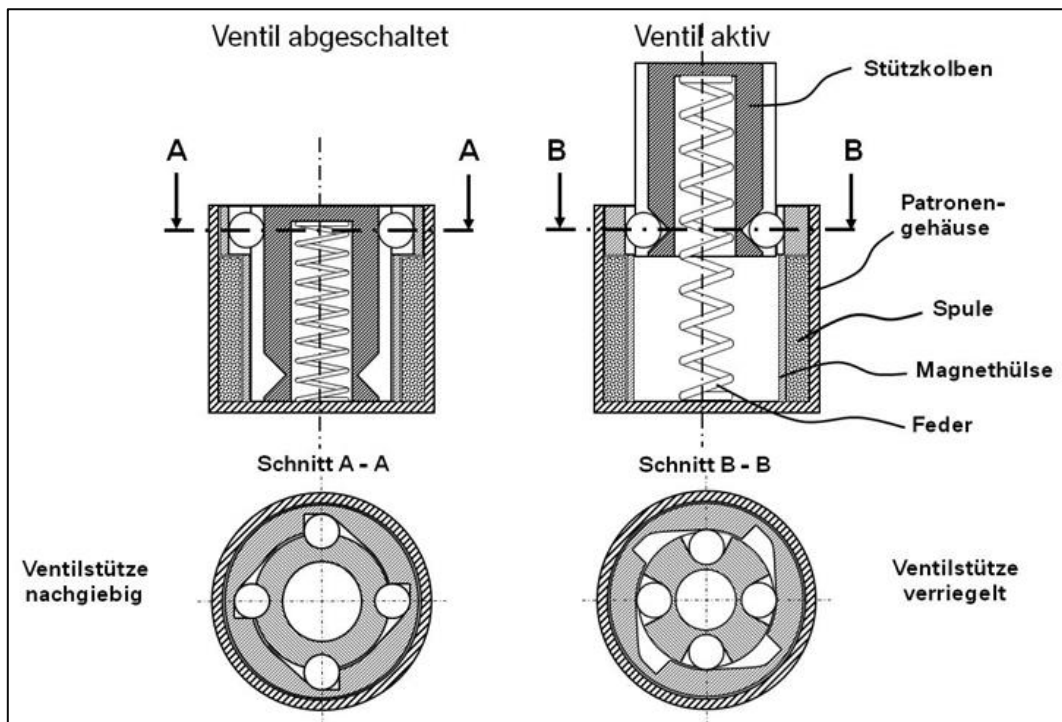
Die Geburtsstunde von Hubraum nach Bedarf:

Was schließen wir daraus? Dass man drei Motoren in einem Fahrzeug bräuchte! Einen für die Stadt, einen für die Landstraße und einen für Autobahn und Beschleunigung! Oder man stutzt einen 200 PS-Vierzylinder um zwei Zylinder, das Ergebnis ist ein 100 PS-Zweizylinder. Schneidet man noch einen Zylinder ab erhält man einen 50 PS-Einzylinder.

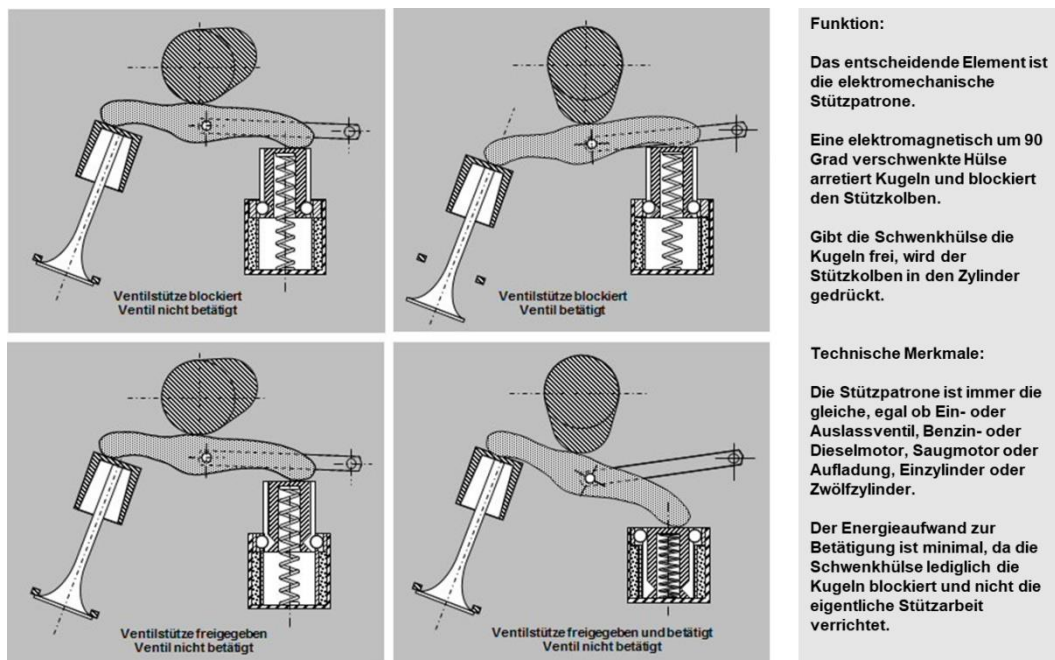
Tatsächlich gab es schon Bestrebungen, Zylinderabschaltung durch mechanische Trennung zu realisieren. Man muss kein Ingenieur oder Techniker sein um zu erkennen, dass dieser Weg zum Scheitern verurteilt ist. Man muss sich einen Weg überlegen, wie man einzelne Zylinder von der Aktivität ausklammern kann, ähnlich wie es BMW mit dem Konzept Segeln 2.0 vorführt. Man schließt sämtliche Ventile der betreffenden Zylinder, und nimmt damit den somit abgeschalteten Zylindern den größten Teil des Schleppmoments. Leider kann das BMW-Konzept nur alle Zylinder auf einmal abschalten, und nicht nur einzelne Zylinder. Dazu braucht man eine Mechanik, die auf die Ventile einzelner Zylinder wirkt, und nicht auf alle Ventile gleichzeitig.

Einzelventilabschaltung:

Um Einzelzylinder-Abschaltung betreiben zu können, benötigt man als Grundvoraussetzung eine Einzelventilabschaltung. Die gelingt mit einem elektromechanischen Bauteil, mit dem man jedes Ventil ergänzt. Das ist die Geburtsstunde der **Stützpatrone**.



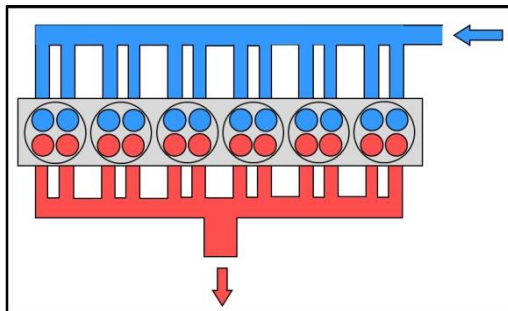
Die Stützpatrone kennt nur zwei Stellungen, entweder frei beweglich – linke Seite, oder blockiert – rechte Seite. Das Umschalten von einer Stellung zur anderen erfolgt durch eine Achtdrehung der Magnethülse. Dann sind die Kugeln entweder lose und der Stützkolben frei beweglich, oder die Kugeln sind eingeklemmt und der Stützkolben blockiert.



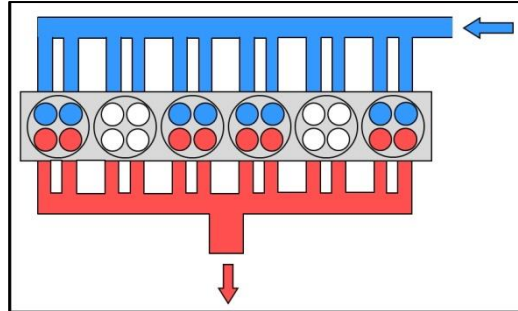
Das Verdrehen der leichten Magnethülse geschieht in wenigen Millisekunden und erfordert nur sehr wenig Strom. Das schafft jede Motorsteuerung ohne zusätzliche Leistungselektronik.

Was kann mit diesem Konzept alles anstellen?

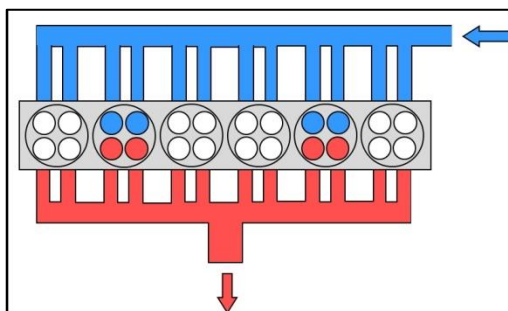
Beginnen wir bei der Zylinderabschaltung. Jeder Zylinder ist einzeln und unabhängig von anderen abschaltbar. Bei einem Sechszylinder sieht das dann so aus:



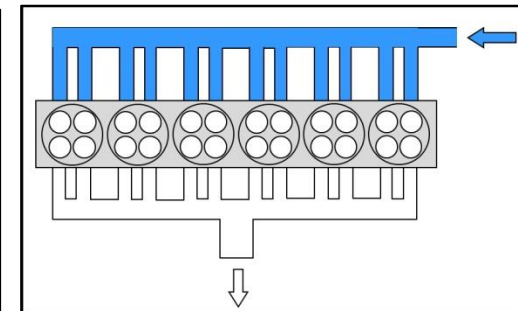
Normalbetrieb



Vierzylinderbetrieb



Zweizylinderbetrieb

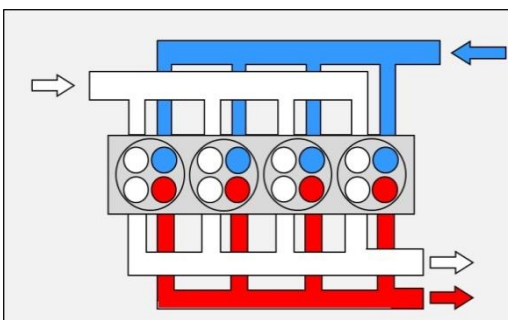


Nullzylinderbetrieb

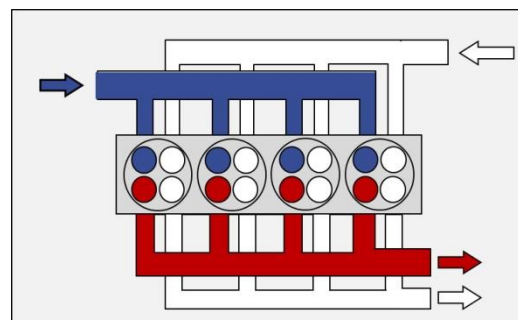
Die aktiven Zylinder wechseln sich ab, damit keine thermischen Spannungen entstehen. Überflüssig zu betonen, dass theoretisch auch Drei- und Einzylinderbetrieb möglich sind.

Weitere Möglichkeiten:

Damit sind aber die Möglichkeiten noch lange nicht erschöpft. Man kann nämlich hergehen, und eine Low-Performance-Seite und eine High-Performance-Seite erstellen.



Low-Performance-Schaltung



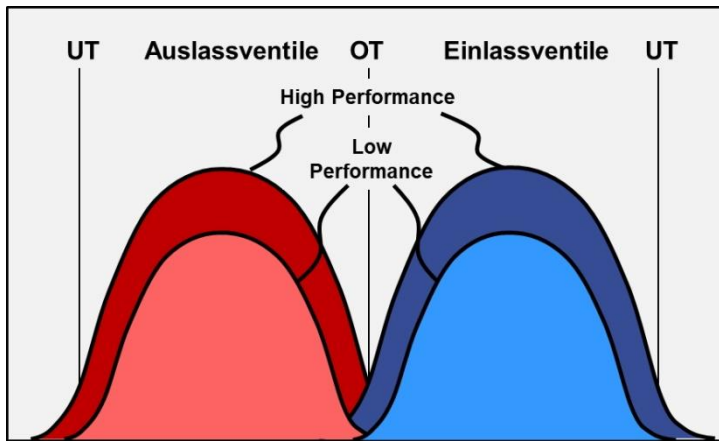
High-Performance-Schaltung

Die Low-Performance-Schaltung ist für den Normalbetrieb gedacht. Sie ist für hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen und niedrigen Verbrauch ausgelegt. Dementsprechend lang sind die Saugrohr- und Auspufflängen, um das Potential der Stoßaufladung optimal zu nutzen.

Ganz anders die High-Performance-Schaltung. Kurze Ansaugwege und Auspufflängen begünstigen die Leistung bei hohen Drehzahlen. Der Verbrauch besitzt dabei nicht die oberste Priorität.

Eine eminent wichtige Rolle bei dieser Zweiteilung spielen die Steuerzeiten. Die Low-Performance-Seite ist mit zahmen Steuerzeiten, niedrigen Ventilerhebungskurven und ganz wenig Überschneidung ausgelegt. Das Wichtigste ist eine Zylinderfüllung ohne Verluste.

Auf der High-Performance-Seite zieht man alle Register für eine hohe Leistung, also möglichst großer Ventilhub und eine kräftige Überschneidung.

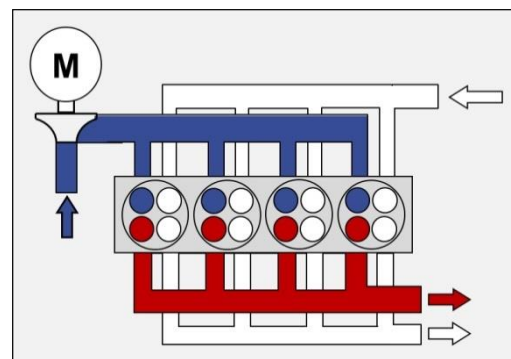


Der Übergang von Low zu High erfolgt anhand der Drehzahl und der Leistungsanforderung.

Braucht man bei diesem Konzept noch VANOS oder Valvetronic? Nein! Alle Systeme, die dazu dienen, den Teillastbereich zu verbessern, können entfallen. Was man evtl. behalten könnte ist die zweigeteilte Einspritzung. Die Saugrohreinspritzung wirkt natürlich auf den Ansaugtrakt der Low-Seite, die Direkteinspritzung ist primär für die High-Seite gedacht, steht aber auch der Low-Seite bei Bedarf zur Verfügung.

Aufladung?

Eignet sich das Konzept für eine Aufladung? Ideal sogar. Es bietet beste Voraussetzungen für eine **temporäre Aufladung** mit einem elektromechanischen Lader. Die Anlaufzeit des Laders spielt keine Rolle, denn beim heftigen Tritt auf das Fahrpedal übernimmt zunächst der Saugmotor ohne Zeitverzug, bis der Lader seine Arbeitsdrehzahl erreicht hat. Das bedeutet – kein Turboloch!



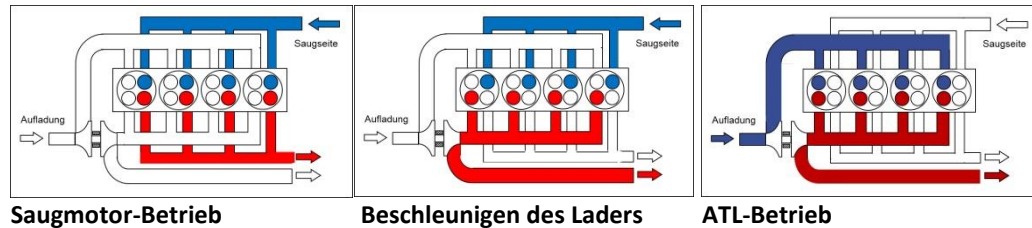
Weitere Vorteile gegenüber einem ATL:

- Eine Abgas-Turbo-Aufladung ist **immer** aktiv, egal, ob man die Leistung benötigt oder nicht. Das bedeutet, der Lader bremst den Abgasstrom permanent. Das ist dem Wirkungsgrad abträglich.
- Die vom ATL in den Motorraum gepumpte Luft muss mit einer Ladeluftkühlung gekühlt werden. Die dafür notwendigen Komponenten sind teuer, kosten viel Einbauraum, und verschlechtern die Aerodynamik und die Achslastverteilung.
- Ein ATL wird bei hoher Leistung sehr heiß, fast rotglühend. Er heizt den Motorraum ordentlich auf. Das wirkt sich auf die Anordnung und die Temperaturfestigkeit der

Bauteile, und auf den Bedarf an Kühlung negativ aus. Hohe Motorraumtemperaturen verschlechtern außerdem den Wirkungsgrad.

Kann man den ATL auch beibehalten?

Selbstredend lässt sich auch eine Schaltung mit ATL realisieren, wenn bereits einer vorhanden ist, den man weiterverwenden möchte.



Auch hier gilt, die typische ATL-Gedenksekunde entfällt, weil zunächst der Saugmotor aktiv ist und den Einbruch des Drehmoments überbrückt. Zusätzlich kann man das Abgas des Saugmotorbetriebs in den ATL leiten, um diesen auf Trab zu bringen, bevor man auf Laderbetrieb umschaltet. Im Gegensatz zum ausschließlichen ATL-Betrieb wirkt sich der temporäre Betrieb auf den Wirkungsgrad im Verbrauchszyklus gar nicht, und im Praxisbetrieb nur unwesentlich aus.

Zusammenfassung:

Die Mainstream-Motortechnik mit ATL versucht, mit immer noch raffinierteren und aufwendigeren Methoden, den Wirkungsgrad im Teillastbereich zu verbessern. Die Optimierung des Wirkungsgrades im Bestpunkt gerät dabei aus dem Fokus. Insgesamt leidet der Wirkungsgrad unter dem permanenten Gegendruck des Laders.

Die Philosophie der Einzelventilabschaltung geht in eine andere Richtung. Zunächst wird versucht, den Wirkungsgrad im Bestpunkt zu optimieren. Anschließend wird versucht, den Motor möglichst häufig in der Nähe des Bestpunktes laufen zulassen. Die Methoden sind Zylinderabschaltung und die Aufspaltung in Low-/High-Performance Betrieb.

Licht und Schatten:

So einfach die Geschichte auch auf den ersten Blick aussieht, darf man dennoch nicht vergessen, dass völlig neue Zylinderköpfe entwickelt werden müssen. Und das für Motoren, die spätestens im Jahre 2035 auslaufen sollen.

Auch das entscheidende Bauteil, die Stützpatrone muss man erst noch entwickeln. Der große Vorteil besteht allerdings darin, dass sie in jedem Motor in identischer Form einsetzbar ist. Egal ob Benziner oder Diesel, ob Drei-, Vier, Sechs- oder Achtzylinder, die Stützpatrone ist immer gleich.

Vorteilhaft sind auch die niedrigen Verstellkräfte, die herkömmliche Motorsteuerungen auch ohne zusätzliche Leistungselektronik beherrschen können.

Der Rest des Motorraum-Packages ändert sich nur unwesentlich, ebenso wenig wie die Praxis, die Motorleistung per Software zu staffeln.

Als wesentlicher Pluspunkt auf der Kostenseite erweist sich schließlich der Entfall der eingangs genannten High-Tech-Elemente.

Henne und Ei:

Die Entwicklung der Stützpatrone wäre eine typische Aufgabe für potente Zulieferbetriebe wie etwa Bosch, Conti, ZF und Schaeffler. Sie würden aber vermutlich erst aktiv werden, wenn ein Hersteller sich bereit erklärt, die Technik auch anzuwenden.

Die Motorhersteller hingegen müssten sicher sein, dass die Technik die erwarteten Erfolge zeitigt.

Zum Einstieg in die Thematik würde es schon genügen, die Potentiale in einer Simulation zu ermitteln, bevor man in Hardware geht. Wenn man wüsste, wie sich die Technik auf den Verbrauch auswirkt, käme der Stein vermutlich sehr schnell ins Rollen.

„Sich vom Mainstream zu entfernen kann ungemütlich werden.“

Jacob Jacobson

www.der-autokritiker.de