

Motor des Fortschritts

Achtung, explosiv

Die Optimierung von Benzin- und Dieselmotoren verspricht großes Einsparpotenzial, ist aber eine mühsame, kleinteilige Arbeit.



Der Verbrenner, ein Auslaufmodell? Ganz und gar nicht, er wird uns noch lange begleiten. Auch weil das vermeintlich alte Eisen dank technischer Tricks großes Einsparpotenzial besitzt.

Von Jürgen Pander

DIE PHYSIK und der Alltag auf den Straßen, sie passen nicht zusammen. Kriechfahrten im Stadtverkehr, gemütliche Ausflüge auf der Landstraße oder zügige Fahrt auf der Autobahn bei nur leicht getretenem Gaspedal – aus physikalischer Sicht eine horrend Energieverschwendung. „Für Motorenentwickler ist Teillast beim Autofahren das große Problem“, sagt Heinz Pitsch, Leiter des Instituts für Technische Verbrennung an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen. „Wenn nur wenig Leistung abgerufen wird, arbeitet ein Verbrenner nicht besonders effizient.“

Der sogenannte Wirkungsgrad verdeutlicht das. Er gibt an, wie viel der eingesetzten Energie in Antriebsleistung umgewandelt wird. Bei modernen Benzin- und Dieselmotoren, die mit Volllast laufen, liegt der Wirkungsgrad zwischen 35 und 45 Prozent. Salopp gesagt: Mehr als die Hälfte des eingesetzten Kraftstoffs bringt gar keinen Vortrieb. Im Teillastbereich sinkt der Wirkungsgrad sogar auf 25 Prozent oder noch weniger. Nur zum Vergleich: Elektromotoren arbeiten mit Wirkungsgraden von etwa 95 Prozent.

„Einen Wirkungsgrad von 50 Prozent wird man sicher erreichen“, sagt Pitsch. Allerdings gebe es nicht die eine große Idee, die den Verbrenner der Zukunft sparsamer und damit zugleich auch abgasärmer machen wird, sondern es müssten viele kleine Änderungen und Verbesserungen zusammenkommen. „Ein Verbrennungsmotor ist zwar ein vergleichsweise unkomplizierter Motor, zugleich aber auch ein hochgradig nichtlineares System“, sagt Pitsch. „Man kann nie genau sagen, was bei welcher Maßnahme herauskommt. Hier wird vor allem auch die computergestützte Simulation einen großen Fortschritt bringen.“

Was man aber sagen kann: Die Autoindustrie ist emsig dabei, die Motoren zu optimieren, denn sie werden auch weiterhin die dominierende Antriebsquelle sein. Aktuell stecken bei mehr als 99 Prozent aller Pkw weltweit Verbrennungsmotoren unter der Haube. Der wichtigste Trend bei deren Verbesserung heißt Downsizing und bedeutet, dass sowohl Zylinderzahl als auch Hubraumgröße schrumpfen. Volvo beispielsweise hat angekündigt, künftig nur noch Vierzylindermotoren anzubieten, auch für das neue, große rund zwei Tonnen schwere SUV-Modell XC90 mit bis zu sieben Sitzen; für das Vorgängermodell waren noch Fünf- und Sechszylindermotoren sowie zeitweise sogar ein 4,4-Liter-V8-Aggregat im Angebot. Aktuelle Kleinwagen fahren mit Drei- oder, wie der Fiat 500, mit

Zweizylindermotoren vor. Und dass 3er BMW oder VW Passat künftig mit Dreizylindermaschinen angeboten werden, gilt als sicher. Das allgemeine Schrumpfen der Motoren hat neben Gewichts- und Reibungseinsparung einen simplen Grund: Bei identischer Fahrweise arbeiten kleinere Aggregate häufiger in höheren Lastbereichen als hubraumgrößere Maschinen. Und höhere Last bedeutet einen besseren Wirkungsgrad. Damit die kleineren Motoren nicht nur Sprit sparen, sondern auch die gewohnt hohe Leistung entwickeln, werden sie mit einem oder zwei Turboladern bestückt. Die Folge: Der Druck in den Brennräumen steigt, weil mehr Luft hineingepresst wird. Das erhöht die Leistung.

AN DIESEM BEKANNTEN PRINZIP wird derzeit in praktisch allen Entwicklungsabteilungen gefeilt. Allein bei Opel in Rüsselsheim sind 60 Ingenieure mit nichts anderem beschäftigt, als die Benzinmotoren zu verbessern. Achim Königstein ist der Leiter der Truppe, und wenn er von weniger Zylindern und kleineren Hubräumen spricht, dann nennt er das nicht Down-, sondern „Rightsizing“. Maximale Minimierung allein hilft nämlich nicht weiter, sondern kann unangenehme Nebenwirkungen haben. Immerhin sollen die „neuen Motoren nicht nur einfach kleiner und sparsamer werden, sondern zugleich auch möglichst leise, vibrationsarm, robust und zuverlässig“, sagt Königstein.

Für den Kleinwagen Opel Corsa entwickelten Königstein und sein Team einen 1-Liter-Dreizylinder mit Benzindirekteinspritzung und Turboaufladung, dessen Details deutlich machen, wie kleinteilig das Sparpotenzial von modernen Ottomotoren erschlossen werden muss. So verfügen die Einspritzdüsen über sechs haarfeine Öffnungen, damit der Kraftstoffnebel möglichst homogen im Zylinder verteilt wird; die Nockenwelle ist zweifach verstellbar, um je nach Bedarf die Befüllung der Zylinder variieren zu können; der Krümmer, durch den das bis zu 980 Grad Celsius heiße Abgas ausströmt, ist schon in den Zylinderkopf gegossen, der wassergekühlte Turbolader direkt damit verschraubt. Dieser Trick senkt nicht nur den Kühlaufwand, sondern verbessert auch das Ansprechverhalten des Laders.

Das sind keine umwälzenden Technologien, in der Summe jedoch tragen sie dazu bei, dass der neue 1-Liter-Dreizylinder-Motor um etwa 20 Prozent sparsamer ist als ein typischer 1,6-Liter-Vierzylinder – mit

gleicher Leistung von 115 PS. Gleiche Leistung bei weniger Verbrauch, das gefällt den Kunden. Für den Hersteller jedoch ist entscheidend, mit möglichst billigen Maßnahmen den Schadstoffausstoß zu drosseln. Die EU-Vorgabe schreibt für die Neuwagenflotte eines Herstellers ab dem Jahr 2021 den Grenzwert von 95 Gramm CO₂-Ausstoß je Kilometer vor. Was einem Durchschnittsverbrauch von 4,1 Liter Benzin oder 3,6 Liter Diesel je 100 Kilometer entspricht. „Nur wenn die Kunden die Spartechnik kaufen, hilft das bei der CO₂-Bilanz. Und deswegen muss sie erschwänglich sein“, sagt Königstein.

Ein Turbolader mit Wälzlagerung kommt zum Beispiel schneller auf Touren als einer mit Gleitlagerung – allerdings kostet ein Wälzlager mehr. Auch bei der Einführung komplexer Produktionsverfahren, die später die Effizienz von Motoren verbessern, gilt stets der Kostenvorbehalt. Das sogenannte Laser-Honen etwa ist teuer, denn es erfordert Hightech-Laser, die bei der Motorenfertigung mikroskopisch kleine Dellen in die Zylinderlaufflächen einbrennen; in diesen Dellen wiederum setzen sich kleinste Öltröpfchen fest, was die Reibung senkt und dadurch Sprit spart. Zudem bauen immer mehr Hersteller auf ein Verfahren, bei dem die Zylinderlaufflächen in den Aluminium-Motorblöcken mit einer Stahlegierung beschichtet werden. Die Methode ist aufwendig, bietet aber eine höhere Festigkeit. Der dünne Stahlmantel um den Brennraum ist zudem wichtig, weil Stahl ein schlechterer Wärmeleiter ist als Aluminium. So bleibt der Zylinder heißer, die Verbrennung wird sauberer – und wieder sind ein paar Milligramm CO₂ eingespart.

Die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften von Alu und Stahl macht sich auch Mercedes bei einer Innovation in den Dieselmotoren zunutze. Erstmals setzen die Stuttgarter Autobauer bei einem Pkw Kolben aus Stahl statt aus Aluminium in einen Leichtmetallmotorblock. Der Clou: Bei Betriebstemperatur dehnt sich der Aluminium-Motorblock stärker aus als die Stahlkolben, wodurch diese leichter durch den Zylinder gleiten. Mercedes sagt, das bringe eine Einsparung von drei Prozent.

Motorenentwicklung ist derzeit ein mühsames Ringen um Prozente. Und das wird auch noch torpediert vom Autofahrer, der einfach aufs Gas tritt, nicht runterschaltet oder zu faul ist, die Dachbox abzunehmen. Vielleicht wird erst das autonome Auto ein perfektes Spritsparmobil, aber das ist ein anderes Thema. ■