

26.01.2016 Tempolimit und Verbrauch - der Zusammenhang

Angriff auf die Manneskraft

Welches sind die heftigsten Bedrohungen des männlichen deutschen Autofahrers? Sind es seine natürlichen Feinde wie der Spritpreis, die Radfahrer oder die Grünen? Nein, die liefern höchstens Gesprächsstoff für die Stammtische. Andere Bedrohungen sitzen viel tiefer und rütteln an den Grundfesten seines männlichen Selbstbewusstseins. Es handelt sich um Alkoholverbot, Fahrtschreiber und - **Tempolimit**. Vor allem das Tempolimit beraubt ihn seiner auf das Auto übertragenen Potenz. Deshalb wehren sich Autohersteller, Lobbyisten, Medien und selbsternannte "Freiheitskämpfer" auch so vehement gegen die Einführung.

Tempolimit und die Grünen

Erst kürzlich bewiesen die Grünen wieder einmal ihr Geschick für Aktionen, die das Gegenteil der – sicherlich gut gemeinten – Absicht bewirken: Tempo 30 km/h generell in den Ortschaften. Gibt es eine bessere Möglichkeit, sich als unverbesserliche Phantasten zu outen und bei der Bevölkerung unbeliebt zu machen? Wohl kaum. Warum müssen sie auch immer so übertreiben? Hätte es Tempo 40 nicht auch getan? Beim Tempolimit auf der Autobahn das gleiche Bild: Tempo 120 km/h lautet die Forderung, nicht nur von den Grünen!

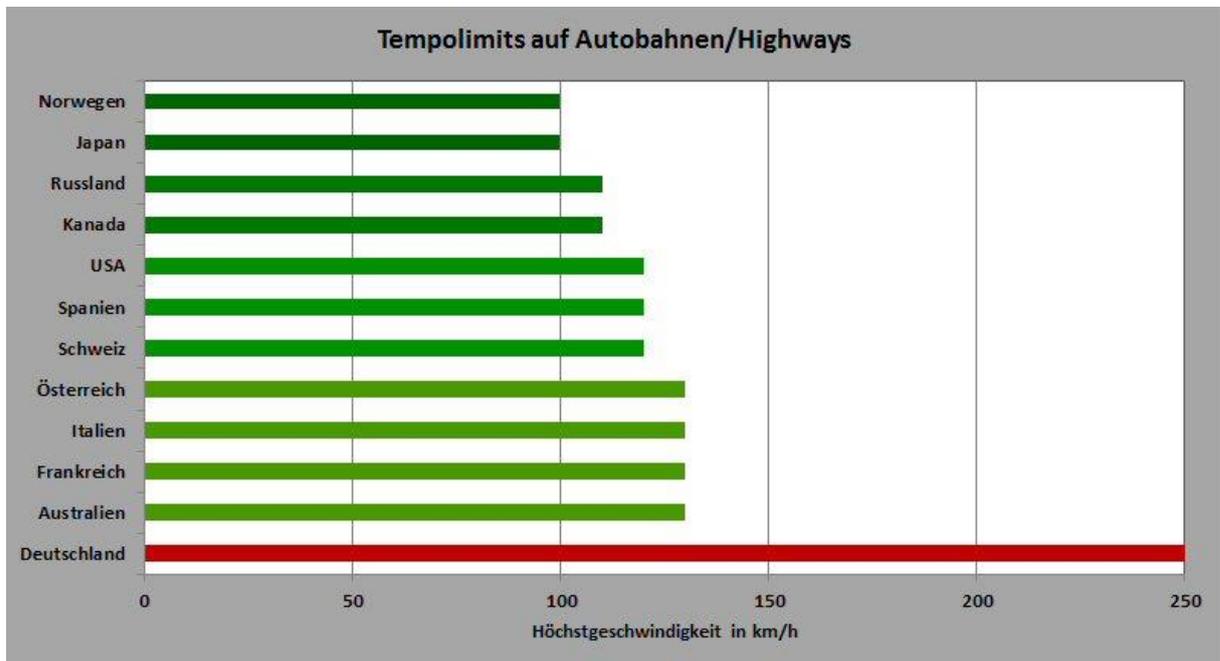


Es beschleicht einen der Verdacht, dass die Grünen gar nicht wirklich an einem Tempolimit interessiert sind, und die Messlatte deshalb so hoch (bzw. so niedrig) legen, damit sich von vornherein jede Diskussion erübrigt. Warum fordern sie nicht gleich Tempo 20 in der Ortschaft, 60 auf Landstraßen und 100 auf Autobahnen? Im Autowesen versteht der Deutsche keinen Spaß. Deshalb an dieser Stelle die Warnung, bei den Forderungen nach einem Tempolimit vorsichtig zu Werke zu gehen und es nicht zu übertreiben.

Das bedeutet, auf Autobahnen nicht 120 km/h, sondern ein Tempo irgendwo zwischen 150 oder 170 zu fordern.

Deutschland gegen den Rest der Welt

Deutschland ist nicht das einzige Land ohne Tempolimit, wohl aber die einzige größere Industrienation.



Wie wirkt sich diese Außenseiterrolle auf die Einstellung von Ausländern zu Deutschland aus? Lassen wir mal zwei prominente Ausländer zu Wort kommen, die beide eine ganz dezidierte aber konträre Meinung zur Geschwindigkeit auf deutschen Autobahnen vertreten.

Justin Timberlake liebt deutsche Autobahnen.



Justin Timberlake, amerikanischer Schauspieler und Sänger, mag deutsche Straßen, speziell die Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbegrenzung. Er verriet dem Focus:

«Wenn ich nach Deutschland komme, besorge ich mir einen schnellen Wagen und rase über die Autobahnen. Ohne Geschwindigkeitsbegrenzung zu fahren, ist fast so gut wie Sex.»

Der gute Justin ist beileibe kein Einzelfall. Viele Amerikaner und Angehörige anderer Länder nutzen die Gelegenheit, um auf deutschen Autobahnen Testosteron abzubauen und es einmal so richtig krachen zu lassen. Hoffentlich nicht im wörtlichen Sinne.

Tom Hanks dagegen ist regelrecht schockiert.



US-Schauspielgröße Tom Hanks äußerte sich im amerikanischen Fernsehen über seine traumatischen Erlebnisse auf deutschen Autobahnen. Knapp eine Million Menschen haben sich das zehnmünütige Schauspiel bei Youtube bereits angesehen.

„Deutsche Autobahnen sind so gerade und flach wie Flughafen-Landebahnen, auf denen kannst du fahren, als sei die Regierung hinter Dir her. ... Egal, wie schnell Du fährst, einer ist immer schneller.“

Das Außenbild Deutschlands - gut oder schlecht?

Die beiden sind durchaus repräsentativ für das Außenbild Deutschlands, nicht nur in Amerika, sondern auf der ganzen Welt. Das Schlimmste dabei ist aber nicht die Meinung, dass in unserem Land raue Sitten herrschen, sondern dass es uns mit der Energieeinsparung nicht wirklich ernst ist. Alle Welt wundert sich, warum Deutschland kein Tempolimit einführt. Ausgerechnet die Deutschen, die sich gerne als umweltbewusste Saubermänner gerieren, machen sich hier extrem unglaubwürdig. Aufforderungen an andere Nationen zu einem umweltbewussten Verhalten werden dann leicht spöttisch mit dem Hinweis quittiert, man möge doch erst vor der eigenen Tür kehren. Tatsache ist, die Verweigerung eines Tempolimits schädigt das Image Deutschlands als Vorreiter in Sachen Umweltschutz und CO₂-Einsparung.

Gegenargumente auf einen Blick

Vielfältig sind die Gegenargumente zum Tempolimit. Wer sich einen vollständigen Überblick verschaffen möchte, wird im Internet z.B. auf folgender Seite fündig:

<http://www.stoppt-tempo-130.de/index.php?page=10gruende>

Von den dort aufgeführten neun Argumenten wollen wir uns hier nur mit einem einzigen beschäftigen, der CO₂-Thematik. (Eine kritische Analyse der restlichen Argumente wäre sicherlich reizvoll, würde aber den Rahmen sprengen.)

Tempolimit bringt nichts

Einer der wichtigsten Gründe der Befürworter ist der angeblich mäßigende Einfluss auf den Verbrauch. Deshalb versuchen die Gegner, diese Argumentation als Allererstes auszuhebeln.

"Das Tempo-Limit ist reine Symbolik und (fast) CO₂-neutral."

Im Kampf um die Deutungshoheit wird auf beiden Seiten mit Zahlenmaterial hantiert, das für den interessierten Laien weder nachvollziehbar noch transparent ist. Besonders Hinweise auf Studien und Erhebungen sind mit besonderer Vorsicht zu genießen, denn gerade bei Statistiken lassen sich tendenziöse Ergebnisse durch entsprechende Durchführung und Auswertung problemlos erzielen. Wer sich darüber informieren möchte, dem sei das Buch „So lügt man mit Statistik“ von Walter Krämer empfohlen.

Am besten verschafft man sich selbst ein Bild der Lage. Zwei unterschiedliche Gesichtspunkte sind dabei zu berücksichtigen. Zum einen die **oberflächliche Kurzzeit-Perspektive**, die nur den primären Einspareffekt aus der langsameren Fahrweise berücksichtigt. Zusätzlich aber auch die **tiefergehende Langzeit-Perspektive**, die auch den sekundären Einfluss auf die Gestaltung der Fahrzeuge und die Zusammensetzung des gesamten Autobestandes nicht außer Acht lässt.

Primäres Einsparpotential = oberflächlich betrachtete Kurzzeit-Perspektive

Am leichtesten fällt die Berechnung des primären Einsparpotentials, wenn man kalkuliert, wie viel heute durch schnelleres Fahren als 130 km/h verbraucht wird.

- Ausgangspunkt ist der Anteil an Autobahnstrecke an der gesamten zurückgelegten Strecke. Er liegt bei **30 Prozent**.
- Nächster Punkt ist der Anteil an Strecken ohne Geschwindigkeitsbeschränkungen. Er beträgt etwa 50 Prozent. Das reduziert den Autobahnanteil auf **15 Prozent**.
- Auf dem Autobahnanteil ohne Geschwindigkeitsbeschränkung kann durch dichten Verkehr, Baustellen, Witterung etc. nur auf 20 Prozent wirklich frei gefahren werden. Das reduziert den maßgeblichen Autobahnanteil auf **3 Prozent**.
- Nicht alle fahren schneller als 130 km/h. Der Anteil an Schnelleren liegt bei etwa 20 Prozent. In Summe ergibt das einen Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen, der schneller unterwegs ist als 130 km/h von **0,6 Prozent**.
- Angenommen, die schnelleren Fahrzeuge verbrauchen um 50 Prozent mehr Kraftstoff auf diesem Gesamtanteil von 0,6 Prozent, dann bedeutet das einen Mehrverbrauch von **0,3 Prozent** am Gesamtverbrauch des PKW-Straßenverkehrs.
- Zum Schluss, umgelegt auf den Anteil des PKW-Verkehrs von 11 Prozent am gesamten CO₂-Ausstoß, ergibt einen CO₂-Mehrausstoß von ca. **0,04 Prozent**.

Genauigkeitsbetrachtung: Diese Berechnung stützt sich z.T. auf empirische Annahmen und Vereinfachungen. Z.B. wird davon ausgegangen, dass der Verbrauch in den drei Kategorien Stadt/Landstraße/Autobahn bezogen auf die Strecke identisch ist. Unberücksichtigt bleibt außerdem, dass der Autobahnanteil der Schnellfahrer meistens größer ist als der Durchschnitt. Im Gesamtergebnis sind diese Unsicherheiten aber unerheblich. Denn selbst wenn man einen Unsicherheitsfaktor von 2,5 ansetzt und den CO₂-Betrag entsprechend hochrechnet, landet man dennoch nur bei **0,1 Prozent**.

Entscheidend bei dieser Berechnung ist also nicht so sehr ein bis auf die zweite Stelle hinterm Komma exaktes Ergebnis, sondern die Größenordnung. Ganz nach dem Motto von Franz-Josef Strauß:

„Lieber grob richtig, als exakt falsch.“

Am verschwindend geringen Einsparpotential ändern auch weitere Argumente der „Bremsfraktion“ nichts, z.B. der gleichmäßigere Verkehrsfluss. Ob der beim dichten Verkehrsaufkommen in Deutschland je zustande kommt, ist mehr als fraglich. In dieser Sache böte ein Überholverbot für LKWs ein weitaus größeres Potential.

Das sekundäre Einsparpotential = tiefergehende Analyse und Langzeit-Perspektive

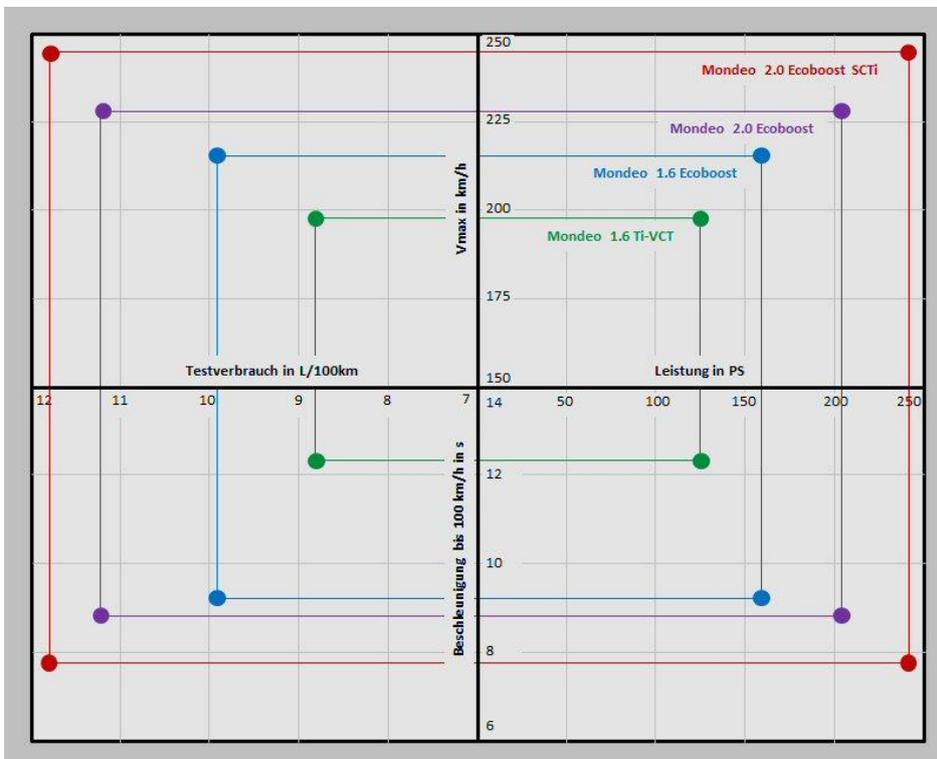
1 : 0 also für die High-Speed-Junkies? Oberflächlich betrachtet, ja. Ganz so simpel darf man es sich als überzeugter Anhänger des vernetzten Denkens aber nicht machen. ("Leitmotiv vernetztes Denken. Für einen besseren Umgang mit der Welt." von Frederic Vester) Nehmen wir nur einmal die Auswirkungen auf die Art von Fahrzeugen, die ein Tempolimit unweigerlich nach sich zieht. Das entsprechende CO₂-Argument lautet, dass die Automobilisten sich dann entsprechend kleinere Fahrzeuge anschaffen, die weniger Kraftstoff konsumieren. Diese Hoffnungen der Umweltschützer einerseits und Befürchtungen der Autolobby andererseits lassen sich ebenso leicht entkräften wie vorhin die primäre Verbrauchsreduzierung. Denn es steht fest,

- 1.) dass man diese Fahrzeuge heute schon kaufen kann und mit 75 PS auf der Autobahn kein Verkehrshindernis darstellt – auch ohne Tempolimit.
- 2.) dass die Geschwindigkeitsbeschränkungen z.B. in USA die Menschen nicht davon abhalten, sich große, stark motorisierte Fahrzeuge anzuschaffen.
- 3.) dass der Einspareffekt in ähnlicher Größenordnung liegt wie beim langsameren Fahren, nämlich im Promillebereich.

Auch dieses Argument läuft also ins Leere. Man muss noch eine Ebene tiefer graben, um auf die wirklichen Potentiale zu stoßen. Denn die wichtigste Verbrauchseinsparung beginnt beim Fahrzeugkonzept, also auf einem weißen Blatt Papier.

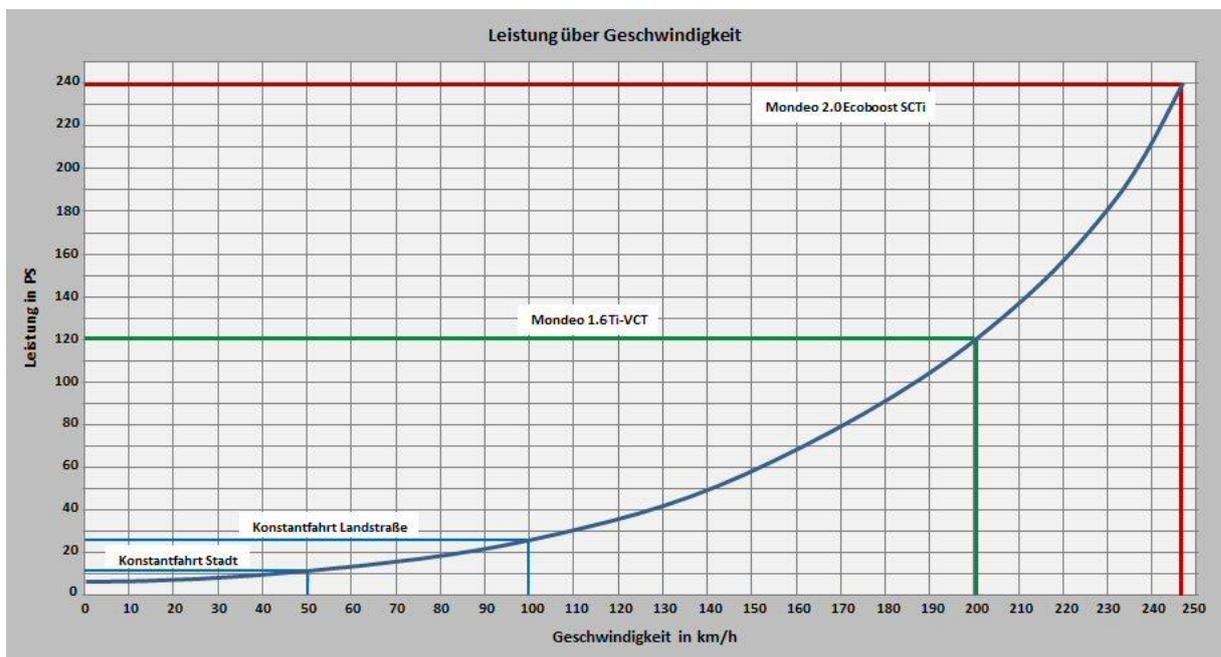
Was wollt ihr - Höchstgeschwindigkeit oder Beschleunigung?

Zwischen Leistung, Höchstgeschwindigkeit, Beschleunigung, Verbrauch und Kosten besteht ein enger Zusammenhang. Am Beispiel der Ford Mondeo Modelle mit Benzinmotor lässt sich dieser Zusammenhang sehr schön demonstrieren. Dass die Wahl auf den Ford Mondeo fällt, hat nichts mit dem Modell als solches zu tun. Jeder andere Automobilhersteller hätte ebenso geeignete Modelle im Portfolio.



In der Darstellung sind vier Diagramme in eines zusammengefasst. Betrachtet man beispielsweise den Mondeo 1.6 Ti-VCT mit 120 PS (grüne Linien), kann man nach oben die Endgeschwindigkeit von 190 km/h ablesen, nach unten die Beschleunigung von 12,6 Sekunden bis 100 km/h, und nach links den Testverbrauch von 8,8 Litern auf 100 Kilometer. Es wurde bewusst ein Modell gewählt, von dem die **Testverbräuche** aller Leistungsstufen vorliegen. Der Testverbrauch deshalb, weil er wesentlich eher dem Praxisverbrauch entspricht, als der nichtssagende ECE-Verbrauch. Dass mit steigender Leistung die Höchstgeschwindigkeit zunimmt, ist ebenso wenig überraschend wie die bessere Beschleunigung. (Achtung: Beschleunigungsskala invers) Wesentlich interessanter sind die Sprünge im Verbrauch, die eindeutig mit der Leistung korrelieren. Das liegt nicht etwa daran, dass mit dem leistungsfähigeren Fahrzeug schneller gefahren wird. Wenn überhaupt bewegen sich die Unterschiede in der Durchschnittsgeschwindigkeit im vernachlässigbaren Bereich. Entscheidend für dieses Phänomen ist der Verbrauch im Teillastbereich, und das hat folgenden Grund:

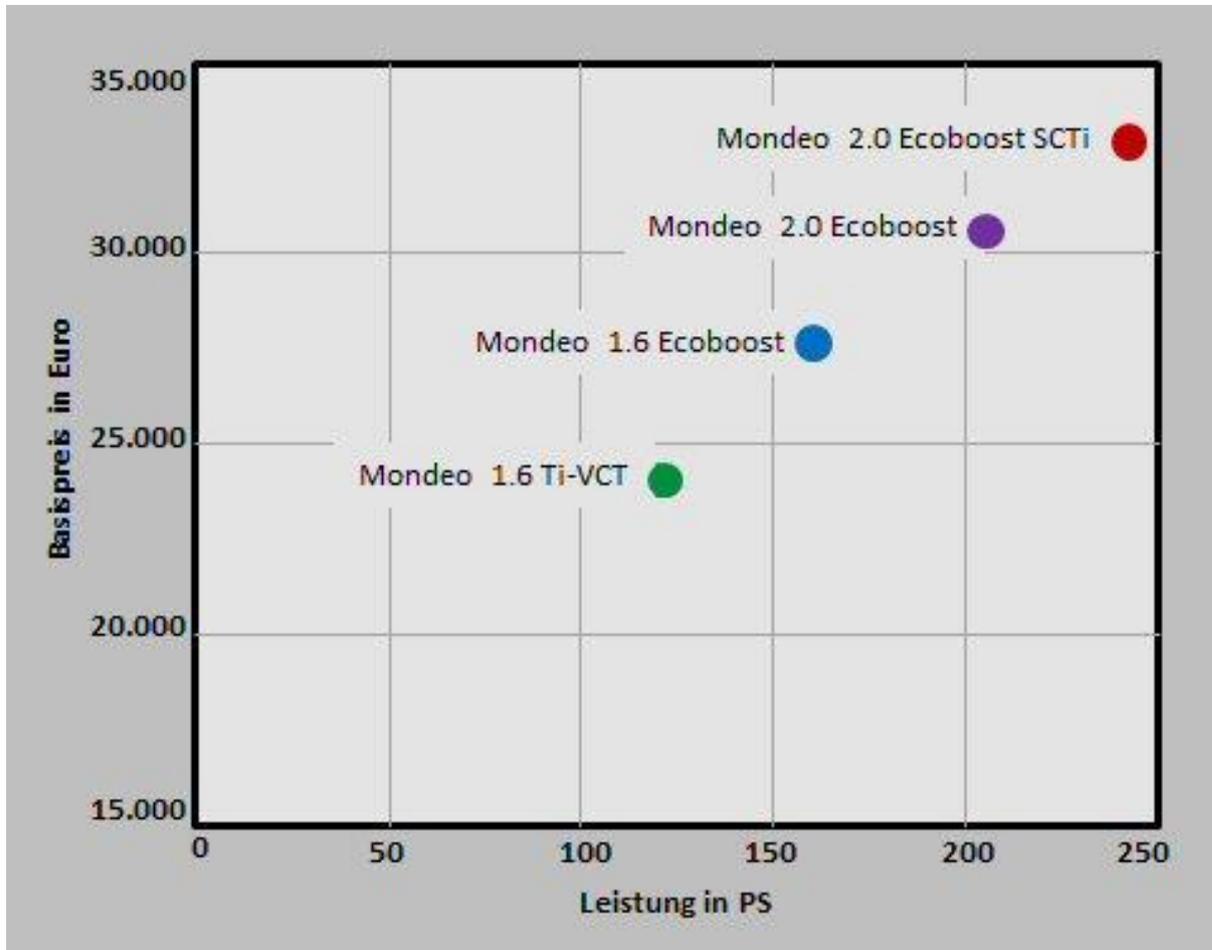
Ein Verbrennungsmotor weist seinen besten Wirkungsgrad in der Nähe der Volllastkurve bei niedriger Drehzahl auf. Die Leistung in diesem Punkt beträgt ungefähr ein Drittel der Maximalleistung. Je weiter die aktuell benötigte Leistung von der Leistung im Bestpunkt entfernt ist, desto schlechter ist der aktuelle Wirkungsgrad. Der Mondeo 1.6 Ti-VCT hat also seinen Bestpunkt bei etwa 40 PS, der 2.0 Ecoboost SCTi bei 80 PS. Den Stadtverkehr kann man bequem mit 10 bis 20 PS bestreiten. Schon der 1.6 Ti-VCT ist also in der Stadt weit vom Bestpunkt entfernt. Noch viel weiter allerdings der 2.0 Ecoboost SCTi, was sich dramatisch auf seinen Wirkungsgrad auswirkt. Selbst auf der Landstraße sieht die Lage für das leistungsstarke Fahrzeug nicht viel günstiger aus.



Wozu benötigt man die extremen Leistungen überhaupt, wenn nicht für die Endgeschwindigkeit? Antwort: Für die Beschleunigung. Die miserable, nicht zeitgemäße Beschleunigung des Mondeo 1.6 Ti-VCT von 12,2 Sekunden auf Tempo Hundert steht im krassen Gegensatz zur Endgeschwindigkeit von knapp 200 km/h. Eine Beschleunigung von 8 Sekunden wäre für ein Fahrzeug in dieser Größenordnung angemessen. Dazu braucht man aber laut Diagramm ca. 240 PS, also genau das Doppelte an Leistung. Genau das bietet der Mondeo Ecoboost SCTi, aber zu welchem Preis und bei welchem Verbrauch? Der schon beim Basismodell nicht gerade vorbildliche Testverbrauch von 8,8 L/100km schnellst dadurch in ungeahnte Höhen von 11,8 Liter. Ebenso die Kosten wie das nächste Kapitel beweist.

Die Kostenfrage

Wir haben bisher noch nicht über den Preis gesprochen. Das wollen wir schleunigst nachholen, denn erst mit dem Preis haben wir alle von der Leistung abhängigen Parameter identifiziert.



Vergleich der Basispreise in Abhängigkeit von der Nennleistung

Wir stellen fest: Leistung kostet. Wer statt einer lahmen Ente einen spritzigen Untersatz bewegen möchte, muss tief in die Tasche greifen. Wobei nicht einmal das nackte Mondeo-Basismodell mit knapp 25.000 Euro ein Schnäppchen ist.

Die automobilen Landschaft – alternativlos?

Angenommen, Sie wollen 25.000 Euro für ein Neufahrzeug in der Kategorie des Ford Mondeo ausgeben. Zur Wahl stehen zwei Modelle mit unterschiedlichen technischen Daten:

- Fahrzeug Nr. 1 erreicht eine Endgeschwindigkeit von 200 km/h und beschleunigt in 12 Sekunden auf 100 km/h. Der Praxisverbrauch beträgt 9 Liter Superbenzin auf 100 Kilometer. (Mondeo 1.6 Ti-VCT)
- Fahrzeug Nr. 2 läuft maximal 160 km/h, benötigt 8 Sekunden bis 100 km/h und 16 Sekunden bis 160, bei einem Praxisverbrauch von 7 Liter/100km.

Welches Fahrzeug wählen Sie?

Die Antwort ist einfach. Sie wählen Fahrzeug 1, denn Fahrzeug 2 hat einen entscheidenden Nachteil. Es existiert nur auf dem Papier bzw. virtuell. Als Beweis sind in der folgenden Liste einige Fahrzeuge mit einem Basis-Listenpreis in der Gegend von 25.000 Euro aufgeführt.

Typ	Leistung PS	Vmax Km/h	100 km/h in s	Testverbrauch L/100km	Grundpreis Euro	Quelle
Ford Mondeo Turnier 1.6 Ti-VCT	120	190	12,6	8,8	24.950	ams 17/2012
Audi A1 1.4 TFSI	185	227	6,6	9,1	24.250	ams 5/2011
Mini Cooper S	184	228	6,9	9,0	23.650	ams 5/2011
VW Golf 1.4 TSI Highline	160	220	8,2	8,9	26.060	ams 23/2011
Opel Astra Sports Tourer 1.4 Turbo	140	200	10,2	9,0	24.950	ams 14/2011
Ford Focus Turnier 1.6 Ecoboost	150	210	9,5	8,7	24.650	ams 14/2011
BMW 116d	115	200	10,3	6,4	25.900	ams 2/2011
Ford Mondeo 1.6 TDCi	115	190	11,9	7,5*	26.700	*ECE Wert extrapoliert

Die Liste enthält, bis auf die beiden Mondeos selbst natürlich, kein einziges Fahrzeug in ähnlicher Größenordnung. Kein Wunder, Größe ist schließlich eine Kostenfrage. Meistens beginnt die Preisliste in der Mondeo/Passat-Klasse erst bei 30.000 Euro. Deshalb sind sämtliche Vergleichsbeispiele eine Stufe darunter in der Kompaktklasse angesiedelt, Audi und Mini sogar in der Kleinwagenklasse. Logischerweise beschleunigen diese Fahrzeuge besser als der Ford Mondeo, sind sie doch erheblich leichter. Außerdem bekommt man hier die höchste Leistung für sein Geld. Trotzdem, wirklich überzeugende Fahrleistungen bieten eigentlich nur der Audi A1, der Mini Cooper S und der VW Golf. Wirkliche Kostverächter mit einem Test- bzw. Praxisverbrauch von ca. 9 Liter/100km sind die drei trotzdem nicht. Was wiederum die These unterstützt, dass sich die Nennleistung deutlich stärker auf den Verbrauch auswirkt als das Fahrzeuggewicht.

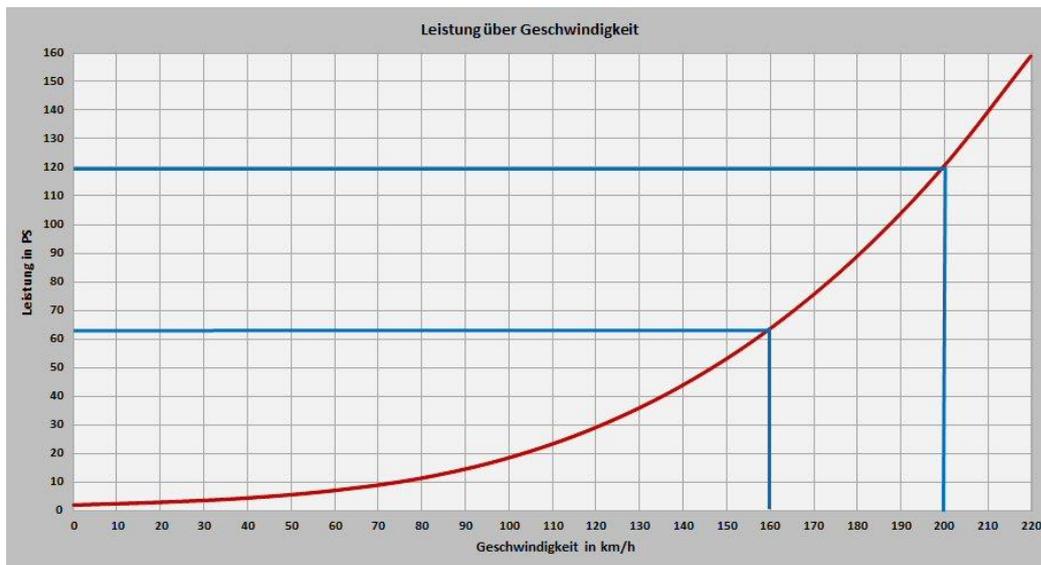
Bewusst wurde in die Liste auch ein Dieselfahrzeug mit aufgenommen, der BMW 116d. Tatsächlich überzeugt der BMW mit dem bei weitem niedrigsten Kraftstoffkonsum. Allerdings kann bei einer Beschleunigung von 10,3 Sekunden auf 100 km/h von echter Sportlichkeit nun wirklich nicht sprechen. Und 26.000 Euro für einen „nackten“ 1er-BMW sind definitiv kein Schnäppchen. Ohne Extras ist ein nacktes "Premiumfahrzeug" unverkäuflich, und wer kennt nicht die Aufpreisliste von BMW?

Wie kommt man aus dieser Zwickmühle heraus? Durch High Tech? Z.B. mit Leichtbau auf Alu- oder Kohlefaserbasis? Oder durch Getriebe mit noch mehr Gängen? (Die Getriebeexperten sind mittlerweile bei 10 Gängen angelangt.) Oder durch noch raffiniertere, aufwendigere Ventil- und Nockenwellensteuerungen? Oder durch noch mehr und raffiniertere Turbolader? Ganz bestimmt **NICHT!** Das verteuert die Sache nur und die Fahrzeuge würden in der 25.000 Euro Tabelle erst recht nicht auftauchen. Den Hebel muss man bei der Höchstgeschwindigkeit ansetzen.

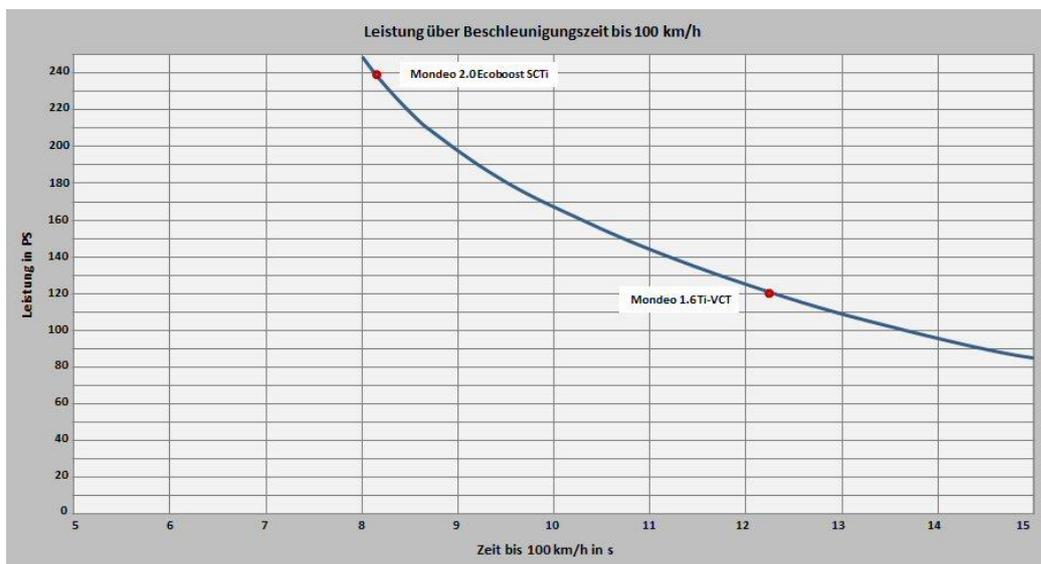
Der Trick mit der Höchstgeschwindigkeit

Warum wird ein entsprechendes Fahrzeug wie Fahrzeug 2 nicht angeboten, wo die Hersteller doch sonst keine noch so kleine Marktlücke unbesetzt lassen? Kann es sein, dass ein Fahrzeug, das nur 160 km/h läuft, bei ihnen außerhalb der Denkstruktur liegt? Oder sehen sie einfach keinen Weg, daraus signifikante Vorteile abzuleiten? Vielleicht sollte man an dieser Stelle den auf High-Tech fixierten Fahrzeug- und Motoringenieuren etwas Nachhilfeunterricht erteilen, und ihnen einen Tipp geben, wie so ein Fahrzeug aussehen könnte.

Beginnen wir bei der Frage nach der Leistung. Wenn wir für eine Geschwindigkeit von 200 km/h eine Leistung von 120 PS benötigen, wie viel brauchen wir dann für 160 km/h? Aufschluss dazu gibt das Diagramm Leistung über Geschwindigkeit.



Statt 120 PS genügen plötzlich 63 PS, also nur wenig mehr als die Hälfte. Aber wie ist es um die Beschleunigung mit 63 PS bestellt? Sicherlich nicht zum Besten.



Die Beschleunigungszeit bis 100 km/h liegt außerhalb des dargestellten Maximalwertes von 15 Sekunden, also völlig inakzeptabel. Also doch einen Motor mit 120 PS nehmen, und mit Abgasturbolader auf 240 PS aufblasen? Dann wären wir wieder exakt dort gelandet, wo wir nicht hinwollten, nämlich beim Mondeo 2.0 Ecoboost SCTi und 33.500 € statt 25.000 €.

Zylinder-Aufschaltung

Also das Ganze noch einmal von vorne. Wie könnte ein möglichst einfacher Motor mit 65 PS aussehen, ohne ATL und ohne kostspielige Ventilverstellungen? Im Prinzip reicht dafür ein Zweizylindermotor mit einem Hubraum von einem Liter, der die 65 PS bei niedriger Drehzahl und ausgezeichnetem Drehmoment locker aus dem Ärmel schüttelt. Damit kann man bis maximal 160 km/h ALLES bestreiten, allerdings mit dem Handicap der unterirdisch schlechten Beschleunigung. Auf der Verbrauchsseite dagegen zeichnet sich dieser Motor durch noch zurückhaltendere Trinksitten aus, als der Motor des Mondeo 1.6 Ti-VCT. Sein Leistungsmaximum liegt noch näher am Bestpunkt des Verbrauchs. Das bedeutet, dass über 90 Prozent des kundentypischen Fahrbetriebs mit einem besseren Wirkungsgrad stattfinden. 7 statt 9 Liter auf 100 Kilometer wären das Ergebnis.

Was müsste man tun, um diesem Motor ein wenig auf die Sprünge zu helfen? Man könnte z.B. den Hubraum verdoppeln, indem man ihm noch zwei weitere Zylinder zur Seite stellt. Gesagt, getan. Jetzt haben wir einen Vierzylindermotor mit 130 PS zur Verfügung, mit dem die Beschleunigungswerte sich wieder dem Ausgangswert von 12 Sekunden des Mondeo 1.6 Ti-VCT annähern. Diese Technik könnte man als Zylinder-Aufschaltung bezeichnen. Sie ist deckungsgleich mit der sog. Zylinder-Abschaltung, die in jüngster Zeit bei einigen Firmen Einzug hielt. Audi nennt diese Technik „Cylinders on Demand“, also bedarfsorientiertes Betreiben der Zylinder, je nachdem, wie viel Leistung man gerade benötigt.

Im Unterschied zu Zylinderabschaltkonzepten gehen wir aber hier von einer anderen Basis aus. Die übliche Vorgehensweise sieht so aus, dass der Motor auf die benötigte **Maximalleistung** ausgelegt wird, um dann mittels **Zylinder-Abschaltung** in der Leistung gedrosselt zu werden. Das Konzept der **Zylinder-Aufschaltung** geht von der erforderlichen **Minimalleistung** aus, um dann bei Bedarf weitere Zylinder dazu zuschalten. Das bewirkt eine völlig anders geartete Motor-Grundauslegung und –Abstimmung.

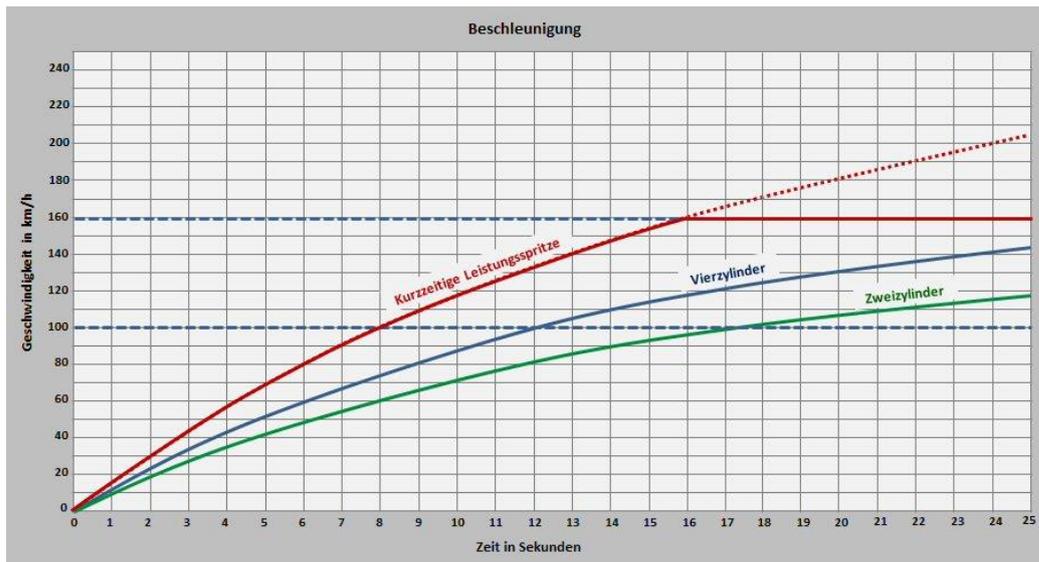
Wie steht es um den Verbrauch? Wirkt sich die Zylinder-Aufschaltung nicht auf den Verbrauch aus? Doch! Aber nur marginal, denn die zusätzliche Leistung wird nur in relativ wenigen, kurzzeitigen Situationen benötigt.

Kurzzeitige Leistungsspritze

Wir sind aber immer noch bei einer Beschleunigungszeit von 12 Sekunden stehengeblieben. Wie können wir die Beschleunigung auf 8 Sekunden drücken, ohne den Verbrauch und die Kosten zu steigern? Der Trick nennt sich kurzzeitige Leistungsspritze bzw. Boosten nach Bedarf.

Ist es nicht unsinnig, einen Turbolader die gesamte Motorlaufzeit mitlaufen zu lassen, obwohl er die meiste Zeit eigentlich nicht gebraucht wird? Genau das aber ist beim Downsizing der Fall. Das Dumme ist nur, dass man den Abgasturbolader nicht ohne weiteres abschalten kann, denn die gesamte Motorauslegung ist auf ihn abgestimmt. Der Motor funktioniert ohne ihn schlichtweg nicht mehr. Eine bedarfsorientierte ATL-Abschaltung und Umschaltung auf reinen Saugbetrieb ergibt technisch keinen Sinn.

Der umgekehrte Fall dagegen ist sehr wohl realisierbar, nämlich das zeitweilige Dazu-Schalten eines Kompressors, nicht vom Abgas angetrieben, sondern von einem Elektromotor. Die längste Laufzeit dieses Laders ist die Zeit von Geschwindigkeit Null bis V_{max} , also in unserem Fall bis 160 km/h. Das sollte bei einer Leistung von 240 PS in 16 Sekunden erledigt sein. Und schon nach 8 Sekunden stehen, wie angestrebt, 100 km/h auf dem Tacho.



Beschleunigungsvergleich mit zwei Zylindern, vier Zylindern, und mit Elektroboost.

Ziel erreicht? Gemach, erst sind noch die Verbrauchs- und die Kostenfrage zu klären.

Kosten:

Auf der Kostenseite bringt der Entfall des Abgasturboladers und der Ersatz durch einen elektrischen Kompressor erhebliche Vorteile. Die im Extremfall rotglühenden Teile des ATL, die aufwendige Gestaltung der Abgasanlage und ein voluminöser Ladeluftkühler fordern ihren Kostentribut - und das nicht zu knapp. Außerdem ist es meistens mit einem einfachen Kompressor nicht getan. Zur Verbesserung des gefürchteten Turbolochs gibt es Biturbo, Twincroll, ATL+mech. Lader usw., alles kostspielige "Spielereien". Beim nur kurzzeitig laufenden elektrischen Kompressor ist in vielen Fällen sogar ein Ladeluftkühler überflüssig. Und das spontane Ansprechen auf Gaspedalbefehle übernimmt der Basis-Saugmotor.

Verbrauch:

Die Geschwindigkeitskennlinien über der Zeit beweisen, wie man auch mit zwei Zylindern den Alltag problemlos bewältigen kann. Nur selten muss man die zwei weiteren Zylinder bemühen, und noch seltener die kurzzeitige Leistungsspritze. Deshalb ist die Verbrauchsmehrung durch die Zylinderaufschaltung und das temporäre Boosten im normalen Praxisbetrieb nicht messbar. (Eine ausführlichere Beschreibung des temporären Boostens demnächst auf diesen Seiten.)

Was bringt es unterm Strich?

Im direkten Vergleich des virtuellen Ford Mondeo mit dem Ausgangsprodukt und den übrigen Kandidaten aus der Vergleichsliste kommen die Unterschiede erst richtig zur Geltung.

Typ	Leistung PS	Vmax Km/h	100 km/h in s	Testverbrauch L/100km	Grundpreis Euro	Quelle
Ford Mondeo Turnier 1.6 Ti-VCT	120	190	12,6	8,8	24.950	ams 17/2012
Audi A1 1.4 TFSI	185	227	6,6	9,1	24.250	ams 5/2011
Mini Cooper S	184	228	6,9	9,0	23.650	ams 5/2011

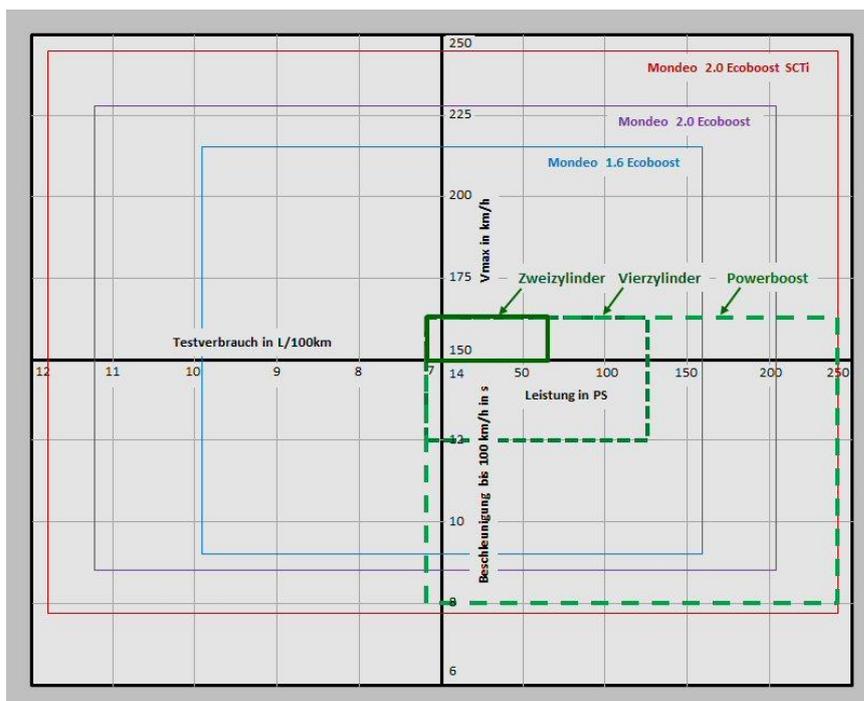
VW Golf 1.4 TSI Highline	160	220	8,2	8,9	26.060	ams 23/2011
Opel Astra Sports Tourer 1.4 Turbo	140	200	10,2	9,0	24.950	ams 14/2011
Ford Focus Turnier 1.6 Ecoboost	150	210	9,5	8,7	24.650	ams 14/2011
BMW 116d	115	200	10,3	6,4	25.900	ams 2/2011
Ford Mondeo 1.6 TDCi	115	190	11,9	7,5*	26.700	*ECE Wert extrapoliert
Virtueller "Ford Mondeo" mit Zylinderaufschaltung und Elektroboost	65 130 260	160	8,0	7,0	25.000	ams 1/2020

Vergleich der technischen Daten

Besonders aufschlussreich ist der Vergleich mit den beiden Dieselmotoren BMW 116d und dem Mondeo 1.6 TDCi. Verbrauchsseitig bricht der Konzept-Motor voll in die Dieseldomäne ein. Im CO₂ verweist er sogar den als sparsam bekannten 116d auf den zweiten Platz.

- BMW 116d: 169 CO₂ g/km
- Ford Mondeo 1.6 TDCi: 199 CO₂ g/km
- Virtueller Ford Mondeo: 163 CO₂ g/km

Übertragen in das bekannte 4 in 1-Diagramm sieht die Sachlage folgendermaßen aus.



4 in 1-Vergleichsdiagramm

Skalierbarkeit

In unserem Beispiel gehen wir von einem Tempolimit von 150 km/h aus. Diese werden in kürzester Zeit erreicht, und die Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h schafft noch einen zusätzlichen Puffer. Die Anpassung an andere Tempolimits gestaltet sich spielend einfach. Viel wichtiger ist eine problemlose Übertragbarkeit der geschilderten Strategie auf andere Modelle, Klassen und Leistungsstufen, denn im Zeitalter der Plattformen, Baukästen und Module hängt davon die Rendite der Hersteller ab. Eine neue Antriebstechnik muss mindestens so flexibel sein wie die Downsizing-Technologie. Diese deckt, bei geschickter Anwendung, mit einem einzigen Grundmotor eine große Leistungsspanne ab - allein durch Software. Beispiel BMW 114i/116i/118i mit Leistungen von 102/136/170 PS. Anders wäre die völlig aus dem Ruder laufende Modellvielfalt kostenmäßig nicht in den Griff zu kriegen.

Kein Problem für den virtuellen Vierzylindermotor. Er bietet jede Menge Luft - nach oben und nach unten. Nach oben sind aus einem 2-Liter-Saugmotor problemlos 170 PS mobilisierbar, was eine Leistungstreppe von 85/170/340 PS ergibt. Darüber hinaus sind natürlich auch die Verhältnisse der einzelnen Stufen variabel. Vor allem die Leistung beim Boosten kann zwischen Null und etwa der doppelten Saugmotorleistung variieren.

Damit ist auch bereits eine Möglichkeit der Reduzierung angedeutet, nämlich der Entfall des elektrischen Laders für kleine, kostengünstige Modelle. Andere Reduziermöglichkeiten bieten sich durch eine geänderte Abstimmung des Grundmotors, z.B. durch noch stärkere Betonung des Drehmoments unter Verzicht auf Höchstleistung. Eine sinnvolle Spannweite reicht also von etwa 100 PS bis 350 PS. Damit übertrifft dieses Konzept jedes bestehende Motorkonzept bei weitem.

Eine mindestens ebenso faszinierende Perspektive eröffnet sich bei der Übertragung der Technologie auf Sechs- und Achtzylindermotoren. Bei beiden kann man der Leistungstreppe noch mindestens eine Stufe hinzufügen. Man denke nur an den BMW eta-Motor, der sich als Basis für dieses Konzept förmlich aufdrängt. Natürlich nach modernen Gesichtspunkten gestaltet. Eine theoretische Auslegung eines solchen Wundermotors sprengt leider den Platz an dieser Stelle, und ist deshalb einer späteren Geschichte vorbehalten.

Endergebnis CO₂

Was bedeutet das alles für den CO₂-Gesamtausstoß? Folgende Annahmen:

- Die durchschnittliche Einsparung pro Fahrzeug betrage 20 Prozent.
- Die langfristige Marktdurchdringung betrage 50 Prozent.

Das ergibt nicht weniger als **10 Prozent CO₂-Reduzierung** im Gesamtausstoß aller PKWs. Umgelegt auf den 11-prozentigen Anteil der PKWs am deutschen CO₂-Gesamtausstoß ergibt das eine beachtliche Reduzierung von 1 Prozent – das 10-fache der Einsparung durch Tempo 120 und eine langsame Fahrweise.

Der clevere Toyota

Berührungängste mit eingeschränkter Höchstgeschwindigkeit sind den Entwicklern von Toyota fremd. Wenn weiter oben die Rede davon war, dass bislang kein Hersteller von der Möglichkeit Gebrauch macht, die Höchstgeschwindigkeit zugunsten von Beschleunigung und Verbrauch zu reduzieren, so war diese Aussage nicht ganz richtig. Toyota, Lexus und diverse andere Japaner nutzen diese Möglichkeit bei ihren Hybridmodellen sehr wohl. Die Strategie sieht folgendermaßen aus: Bei der Beschleunigung arbeiten Verbrennungsmotor und Elektromaschine zusammen, die Höchstgeschwindigkeit muss der Verbrenner ganz alleine halten. Der elektrische Antrieb bewirkt einen kurzzeitigen aber heftigen Leistungsschub. Ein länger andauerndes Engagement würde Batterie und thermische Belastbarkeit überfordern.

Darauf beruht der wesentliche Spareffekt der japanischen Hybridmodelle. Ein relativ kleiner Verbrennungsmotor mit relativ niedriger Leistung aber gutem Wirkungsgrad liefert den größten Beitrag zum günstigen Verbrauch. Die Beitrag der Rekuperation ist dagegen eher kosmetischer Natur. Mit dieser Technik schaffen es die Japaner, allen voran Toyota, den Verbrauch von Benzinmotoren auf das Niveau von Dieselmotoren zu drücken, und den Diesel im CO₂- und NO_x-Ausstoß und der Feinstaubbelastung sogar zu unterbieten.

Die Antwort der Deutschen?

Die deutsche Autoindustrie ist krampfhaft bemüht, den japanischen Hybriden etwas Gleichwertiges entgegen zu setzen, das sind sich die Premiumhersteller einfach schuldig. Leider stellen sie sich dabei reichlich ungeschickt an. Auf der einen Seite statten sie vorhandene Serienmodelle mit einer besseren Lichtmaschine aus und nennen das Ergebnis großspurig „Mild-Hybrid“. Oder sie propfen einen leistungsfähigen Elektroantrieb in das Fahrzeug, versäumen es aber, die Technik des Verbrennungsmotors entsprechend abzuspecken. Typisch deutsch, eine neue Technologie zu nutzen, um potente Autos noch potenter zu machen. In beiden Fällen kann von einer nennenswerten Kraftstoffeinsparung nicht die Rede sein, wohl aber von einem deutlichen Kostenanstieg. Vergleichstests enden fast regelmäßig mit einer Blamage für deutsche Hybridmodelle.

Dirk Gulde klagt in ams Heft 14/2012.

„Gute Hybride kommen nach wie vor aus Japan. Der Infinity M35h zeigt, was ein guter Hybrid können muss: deutlich sparsamer fahren, kräftiger beschleunigen und dabei kaum mehr kosten als der vergleichbare Benziner.“

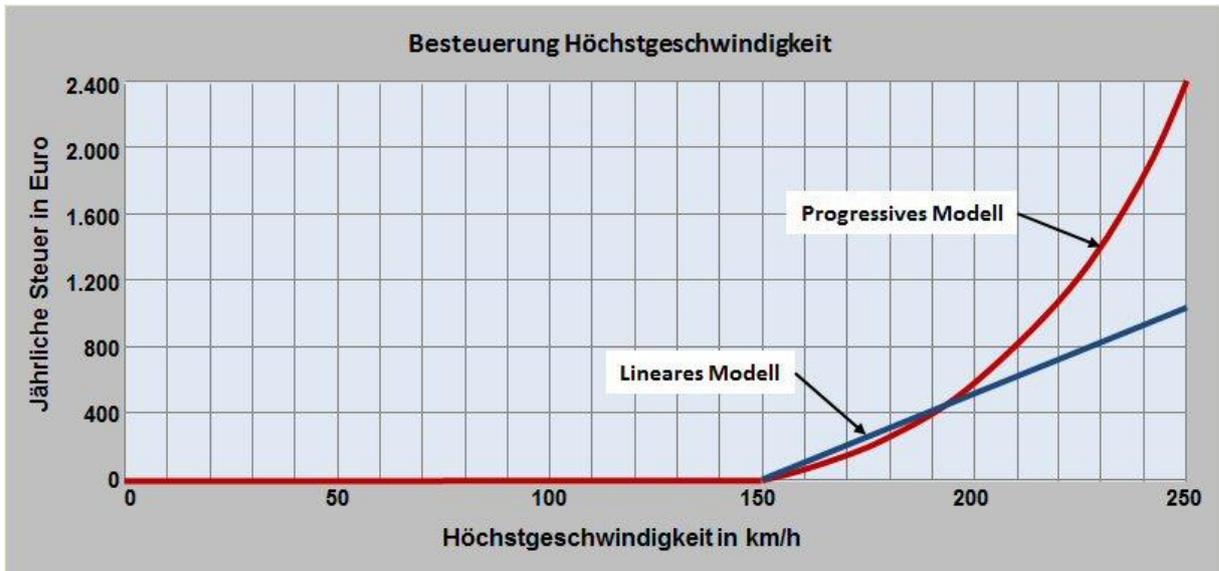
Das ist doch eine Ansage, die an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig lässt. Leider sind die deutschen "Vorzeigehersteller" (noch?) meilenweit davon entfernt. Ein Tempolimit würde das kreative Potential der deutschen Ingenieure und Techniker stimulieren, und den Erfolg des Standortes Deutschland festigen.

Ein anderes Steuermodell

Machen wir uns nichts vor, ein Tempolimit wird so schnell nicht kommen. Dazu ist die Lobby der Gegner viel zu stark. Der Streit um das Tempolimit besitzt den Charakter eines Glaubenskrieges, mit Fundamentalisten auf beiden Seiten. Und wie in solchen Fällen üblich, ist den verfeindeten Parteien mit Sachargumenten nicht beizukommen. Wir wollen aber an dieser Stelle nicht nur Missstände anprangern, sondern Lösungen, Auswege, Alternativen aufzeigen. Einen solchen Ausweg aus dem Dilemma könnte z.B. eine neue Form der Automobilbesteuerung weisen.

Ein denkbare Steuermodell sieht z.B. folgendermaßen aus:

Besteuert werden die Fahrzeuge nach ihrer Höchstgeschwindigkeit. Alles bis zu einer V_{max} von 150 km/h ist steuerfrei, je 10 km/h darüber werden 100 Euro Steuer pro Jahr fällig. Ein Fahrzeug mit einer zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h bringt also dem Fiskus ein jährliches Sümmchen von 500 Euro, bei 250 km/h bereits von 1.000 Euro (blaue Linie). Natürlich ist dieses Modell auch mit vielen anderen Parametern denkbar, z.B. mit progressivem Anstieg, das notorische Schnelfahrer im Vergleich zu umweltbewussten Gleitern stärker zur Kasse bittet (rote Kurve).



Auf diese Weise kann jeder nach seiner Façon selig werden, also so schnell fahren wie er möchte, oder anders ausgedrückt, was ihm die Geschwindigkeit wert ist oder seine Finanzen hergeben. Um die Sache leichter kontrollierbar zu machen, bekommt jedes Fahrzeug einen Aufkleber am Heck mit der versteuerten Höchstgeschwindigkeit.



Freie Fahrt für freie Bürger?

Vielleicht sollte man sich an der folgenden Maxime orientieren, im Interesse eines friedlichen und rücksichtsvollen Zusammenlebens, sogar oder ganz besonders auf Deutschlands Straßen.

"Die Freiheit des Einzelnen endet dort, wo sie anderen schadet."

Jacob Jacobson

Weiterführende Artikel:

Zylinderabschaltung: Hubraum nach Bedarf:

http://der-autokritiker.de/technik/161114_Zylinderabschaltung.pdf

Plädoyer für den Saugmotor:

http://der-autokritiker.de/technik/150908_Downsizing%20.pdf

Temporäres Boosten durch Hybridisierung

http://der-autokritiker.de/technik/150718_Ein%20Panda%20als%20i3%20Schreck%20%20Hybridisierung.pdf