

SCHEYRING

Haftungsausschluss

Alle Angaben und Ratschläge in diesem Buch wurden sorgfältig und nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet. Dennoch kann keine Gewähr für die Richtigkeit übernommen werden. Korrekturhinweise werden unter info@altwagen.net gerne entgegengenommen.

Bildnachweis

Die Hinweise zum Copyright oder zur Quelle der Bilder finden sich direkt an den Abbildungen. Alle Grafiken (Plots) sind eigene Werke des Verfassers. Autorenfoto: N. Tauschnik. Bildnachweis Umschlagfotos: Citroën Communication, Honda, Volvo Cars Corporation, Volkswagen AG, Porsche Werkfoto, Fiat, Mitsubishi Motors Deutschland GmbH.

Originalausgabe

© Scheyring Verlag, Neuss 2014

www.scheyring.de

Korrekturat: Korrekturen-Text Kerstin Thierschmidt, Düsseldorf

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen bleiben vorbehalten.

Druck und Bindung: CPI – Ebner & Spiegel, Ulm

ISBN 978-3-944977-16-4

Printed in Germany

Matthias Knippel

Altwagen

Band 1

- Leseprobe -



**SCHEYRING VERLAG
NEUSS**

Inhaltsverzeichnis

1	Über die alten Autos	
1.1	Qualität	8
1.2	Verbrauch	11
	Normen und Zyklen	11
	Erreichtes	14
	Ausblick	15
	Benzinsparen	16
1.3	Abgase	18
	Schadstoffe	18
	Testzyklus und Grenzwerte	21
	Benziner	21
	Diesel	26
	NO _x -Emissionen in der Praxis	28
	Zusammenfassung	31
1.4	Sicherheit	33
	Anschauung	33
2	Suchen – Prüfen – Kaufen	
2.1	Der Reparaturstau	36
2.2	Suchen	38
	Drei Arten von Anbietern	38
2.3	Übersicht Prüfungen	40
	Rundgang und Reinsetzen	40
	Probefahrt	40
	Unterlagen	40
2.4	Prüfen Standard	41
	Räder und Reifen	41
	Rost an der Karosserie	42
	Scheinwerfer	43
	Windschutzscheibe	43
	Schlüssel	43
	Batterie	44
	Motor	44
	Getriebe	46
	Automatikgetriebe	46
	Kupplung	47
	Antriebswellen	47
	Bremsen	47
	Lenkung	48
	Fahrwerk	48
	Radlager	49
	Stoßdämpfer	49
	AU & Abgasreinigung	49
	Hydropneumatik Citroën	50
	Die wahre Laufleistung	51
	Gebühren HU	52
	Sonstiges	52
2.5	Prüfen Extras	53
	ABS	53
	Airbags	53
	Servolenkung	54
	Schiebedach	54
	Klimaanlage	55
	Standheizung	55
	Anhängerkupplung	56
	Breitreifen & Alufelgen	56
	Traktionskontrolle	56
	Allradantrieb	57
	Gasanlage	57
2.6	Kaufen	59
	Preise	59
	Abwicklung	61
2.7	Gewährleistung und Garantie	62
	Umgehen der Gewährleistung	62
	Garantie	63
3	Fahrzeugteil	
	Erläuterungen zum Fahrzeugteil	66
	Typbeschreibung	66
	TÜV-Info	66
	Datenblätter	66
	Alfa Romeo 145/146	70
	Audi 80 Typ 89 & B4	72
	Audi 100 Typ 44	76
	Audi 100 Typ C4	78
	BMW 3er Typ E30	80
	BMW 3er Typ E36	82
	BMW 5er Typ E28	84
	BMW 5er Typ E34	86
	BMW 7er Typ E32	90
	Citroën AX	92
	Citroën Xantia	94
	Citroën XM	96
	Eurovan	98
	Fiat Panda & Seat Marbella	100
	Fiat Cinquecento	102
	Fiat Uno	104
	Fiat Punto	106
	Fiat Tipo	108

Ford Fiesta.....	110	Toyota Carina.....	214
Ford Escort III.....	112	Volkswagen Polo II.....	216
Ford Escort IV.....	114	Volkswagen Polo III.....	218
Ford Sierra.....	116	Volkswagen Golf II.....	220
Ford Mondeo.....	118	Volkswagen Golf III.....	222
Ford Scorpio.....	120	Volkswagen Passat II.....	226
Honda Civic.....	122	Volkswagen Passat III.....	228
Honda Accord.....	124	Volkswagen Scirocco.....	232
Lancia Kappa.....	126	Volkswagen Corrado.....	234
Mazda 121.....	128	Volkswagen Bus T3.....	236
Mazda 323 Typ BG.....	130	Volkswagen Bus T4.....	238
Mazda 323 Typ BA.....	132	Volvo 440/460/480.....	240
Mazda 626.....	134	Volvo 850.....	242
Mazda MX-3.....	136	Volvo 940/960.....	244
Mazda MX-5.....	138		
Mercedes 190.....	140	4 Kosten	
Mercedes E-Klasse.....	142	4.1 Kraftfahrzeugsteuer.....	248
Mercedes S-Klasse.....	146	Ermitteln der Emissionsgruppe.....	248
Mitsubishi Colt.....	148	Steuern senken beim Benziner.....	248
Mitsubishi L300.....	150	Diesel.....	249
Nissan Micra.....	152	Sonstiges.....	249
Nissan Sunny.....	154	4.2 Versicherung.....	251
Nissan Primera.....	156	Haftpflicht.....	251
Opel Corsa A.....	158	Teilkasko.....	253
Opel Corsa B.....	160	Vollkasko.....	254
Opel Kadett E.....	162	Pannendienst der Versicherung.....	254
Opel Astra F.....	164	4.3 Wertverlust & Reparaturen.....	255
Opel Ascona C.....	168	4.4 Kraftstoff.....	256
Opel Vectra A.....	170	4.5 Gesamtkosten.....	257
Opel Omega A.....	172		
Opel Omega B / Senator A.....	174	5 Der kleine Ingenieur	
Opel Calibra.....	176	5.1 Leistung und Drehmoment.....	260
Peugeot 106.....	178	Grundlagen.....	260
Peugeot 205.....	180	Idealer und realer Motor.....	261
Peugeot 306.....	182	Mehr Leistung.....	262
Peugeot 405.....	184	Der Reihen-Sechszylinder.....	263
Porsche 924/944/968.....	186	Turbos.....	264
Porsche 911.....	188	5.2 Leistungsbedarf.....	265
Porsche 928.....	190	Benötigte Motorleistung.....	266
Renault Twingo.....	192	Gesamtbild Fahrwiderstände.....	267
Renault 5.....	194	Gesamtbild Leistungsbedarf.....	268
Renault Clio.....	196	5.3 Übersetzungsanpassung.....	269
Renault 19.....	198	5.4 Hilfsrechnungen.....	272
Renault Laguna.....	200	5.5 Steigfähigkeit und Elastizität.....	274
Renault Espace.....	202	5.6 Getriebe-Abstufung.....	276
Suzuki Swift.....	204	Geometrisch vs. progressiv.....	277
Saab 900.....	206		
Saab 9000.....	208		
Toyota Starlet.....	210		
Toyota Corolla.....	212		

Vorwort

Liebe Leser,

die Autos in Deutschland werden immer älter. Trotz Abwrackprämie, Strafsteuern und Umweltzonen: Von einer Wegwerf-Mentalität ist hier wenig zu spüren. Das Fahren von 15 bis 25 Jahre alten Autos, vor nicht allzu langer Zeit noch ausgewiesenen Freaks vorbehalten, ist zur Normalität geworden. Zu Recht:

Ein Gebraucher in diesem Alter kostet heute fast nichts, hat aber nicht selten noch ein ähnlich langes Leben vor sich wie die Neuwagen, die in den 70er Jahren verkauft wurden. Und obendrein fährt er sich um Klassen besser. Denn die Autos, die vor rund 20 Jahren entstanden sind, kommen den aktuellen Modellen schon recht nahe.

Wenn wir uns für einen Altwagen entscheiden, werden wir das in erster Linie der niedrigen Kosten wegen tun. Oft geht es aber auch einfach ums Prinzip, um das beruhigende Gefühl, nicht mehr als den Wert eines guten Fahrrades vor der Haustür stehen zu haben. Hagel-schauer, Fußballkinder, Silvesterböller – einen E-Kadett erschüttert nichts mehr.

Es stellt sich dafür ein ganz anderes Problem: Wie kommt man an Informationen über diese Autos? Die normalen Gebrauchtwagen-Ratgeber befassen sich mit jüngeren Modellen. Der ganze Bereich der Liebhaberei dreht sich dagegen um noch ältere und meist auch exklusivere Fahrzeuge.

Diese Lücke soll nun das vorliegende Buch schließen. Es befasst sich hauptsächlich mit Gebrauchsaautos, die auch im vorgerückten Alter noch gute Dienste leisten. Alles, was für den Kauf und Besitz eines Altwagens von Interesse ist, wurde hierfür zusammengetragen.

Die Fahreindrücke stammen dabei aus dem 30-jährigen Testtagebuch des Autors, abgeglichen mit der zeitgenössischen Bewertung in den Fachzeitschriften. Ebenso ist die Prüfanleitung ein Resultat jahrzehntelanger Praxis mit Gebrauchtwagen der untersten Preiskategorie.

Bei der Arbeit an diesem Projekt waren die Pressestellen und Archive der Hersteller eine große Unterstützung. An dieser Stelle sei daher noch einmal allen hilfsbereiten Menschen dort, die neben den Werkfotos auch noch viele längst vergilbte Datenblätter aus den Kellern zauberten, ganz herzlich gedankt.



Duisburg, im November 2014

Dr.-Ing. Matthias Knippel

ERSTER TEIL

Über die alten Autos

1.3 Abgase

Alte Autos stoßen mehr Schadstoffe aus als Fahrzeuge, die neueren Abgasnormen genügen. Diese typische Darstellung der Abgas-Situation ist griffig, einleuchtend – und falsch. Sie dient hauptsächlich dazu, Steuererhöhungen, Umweltzonen oder Abwrackprämien zu begründen. Oft mussten wir uns daher allgemeine und nicht näher erläuterte Vorwürfe wie »Stinker« oder »Dreckschleuder« gegen unsere schönen Altwagen gefallen lassen. Eine Klarstellung ist seit Jahren überfällig, weshalb an dieser Stelle eine etwas länger geratene Abhandlung zu diesem Thema folgt. Vorweg gesagt: Gegen Altwagen mit Benzinmotor und geregelter Katalysator gibt es nur wenig einzuwenden. Die wahren Luftverpester sind an anderer Stelle zu suchen.

Schadstoffe

Das Blei im Benzin ist zum Glück längst Geschichte. Derzeit sind im Bereich des Straßenverkehrs noch fünf Luftschadstoffe relevant, von denen wiederum zwei (Stickoxide und Partikel) verschärft in der Diskussion stehen. Im Einzelnen:

CO

Kohlenmonoxid entsteht bei unvollständiger Verbrennung. Es ist für den Menschen in höherer Konzentration tödlich. In den heute vorzufindenden Mengen ist dieser Schadstoff aber selbst in dichten Innenstädten kein Thema mehr.

CO war der erste Abgasbestandteil, der reglementiert und regelmäßig überprüft wurde. Alte Abgastester messen nur diesen Stoff, der CO-Wert diente früher auch als Führungsgröße bei der Vergasereinstellung. Erlaubt waren Anfang der 70er enorme 4,5 Vol.-% im Leerlauf. Mit funktionierendem Kat wird der AU-Messwert heute unterhalb von 0,1 % liegen. Der CO-Ausstoß ist aber auch schon vor der Kat-Ära spürbar zurückgegangen, und zwar schlicht aus Gründen der Benzineinsparung, denn viel CO ist ein Zeichen für großzügig »fett« abgestimmte Motoren. Dieselmotoren fahren ohnehin immer mit großem Luftüberschuss und erzeugen somit von Natur aus wenig CO und auch wenig Kohlenwasserstoffe.

HC

Kohlenwasserstoffe (Hydrocarbons, HC) bleiben ebenfalls bei unvollständiger Verbrennung zurück, sind die Kraftstoffe doch nichts anderes als ein Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe. Die HC für sich gelten schon

als Schadstoffe, das größere Problem sollte jedoch ihr Beitrag zur Ozonbildung im Sommer sein.

Bei neueren Normen unterscheidet man zusätzlich noch die gesamte Menge der Kohlenwasserstoffe (oft auch mit THC abgekürzt) und die der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMHC).

Kohlenwasserstoffe in unserer Umwelt stammen aus vielerlei Quellen. Der Verkehrssektor hat seine Emissionen erfolgreich vermindert, weitere Reduktionen allein dort lassen nur eine schwache Verbesserung der Luftqualität erwarten. Neben den Abgasen sollte hier auch an die ähnlich bedeutenden Verdunstungsverluste der Benziner gedacht werden. Sie konnten durch vorgeschriebene Rückführungsmaßnahmen im Tanksystem und an den Zapfsäulen deutlich eingedämmt werden.

NO_x

Die Stickoxide sind die ganz dunkle Seite des Straßenverkehrs. Die mit der Einführung des Katalysators angestrebten Reduktionsziele wurden bei weitem nicht erreicht. Es sind die Fahrzeuge mit Dieselmotor, die heute die weitaus größte Menge emittieren. Zu dieser Gruppe gehören selbstverständlich auch die Lkw.

Stickoxide bilden sich während der Verbrennung aus dem Stickstoff der Luft. Luftüberschuss, also ein mageres Gemisch, und hohe Temperaturen begünstigen die Entstehung.

Die NO_x sind selbst schon äußerst schädlich. Darüber hinaus wirken sie als Vorläufersubstanz des Ozons. Zusammen mit Regen bilden sie hingegen Salpetersäure. Dann ist die Luft zwar sauber, dafür aber der Boden sauer.

Genau genommen wird bei den Luftschadstoffen unter Stickoxiden das Duo aus NO und NO₂ verstanden. Besonders gefährlich ist dabei das Stickstoffdioxid NO₂, man schreibt ihm die zehnfache Schädwirkung des NO zu. Das Stickstoffmonoxid NO oxidiert jedoch an der Luft langsam ebenfalls zu NO₂, weshalb bei Mengenangaben das NO immer schon »im Voraus« als NO₂ gerechnet wird. 30 Gramm NO zählen also wie 46 Gramm NO₂ (Stöchiometrie).

Für das NO₂ gilt spätestens ab dem 1. Januar 2015 ein Grenzwert von 40 µg/m³ in der Atemluft. Und obwohl dieser Wert schon hoch (und spät) angesetzt wurde, ist für viele Innenstadtlagen noch völlig unklar, wie er bis dahin denn eingehalten werden könnte. Ein Thema, das uns später bei den Dieseln noch einmal begegnen wird.

Partikel

Als anderer großer Makel des Dieselmotors ist der durch ihn gebildete krebserregende Ruß bekannt. Mit jeder neuen Euronorm wurde daher die zulässige Partikelmasse PM herabgesetzt. Und zwar von 180 mg bei der EURO 1 auf 4,5 mg ab der EURO 5, welche spätestens seit Januar 2011 für neu zugelassene Fahrzeuge bindend ist. Technisch machbar waren derart niedrige Werte allerdings schon viel früher. Der Peugeot 607 mit dem bekannten FAP-System erreichte sie schon im Jahre 2000, nach Messung des ADAC erzeugte er sogar nur 1 mg pro Kilometer.

Nun hat jedoch allein die Masse der ausgestoßenen Partikel noch keine große Aussagekraft über deren Schadwirkung. Je kleiner die Teilchen sind, desto tiefer können sie in die Atemwege eindringen. Die ganz kleinen gelangen bis in die Lungenbläschen, nach manchen Studien sogar direkt ins Blut.

Das Volumen und damit das Gewicht der Teilchen schrumpft jedoch mit der dritten Potenz des Durchmessers, sodass die gefährlichsten kaum in die Partikelmasse PM eingehen. Stellen wir uns zur Veranschaulichung 180 mg Ruß aus einem EURO 1-Diesel vor. Wenn wir jedes Einzelne dieser Teilchen im Durchmesser halbieren, so würde dies zu einer Achtelung der Partikelmasse führen. Mit dann 22,5 mg hätte der Wagen sogar die Bedingung für die EURO 4 erfüllt. Es ist aber davon auszugehen, dass die verkleinerten Rußpartikel trotz der viel niedrigeren Partikelmasse das höhere Gesundheitsrisiko darstellen, was dem Sinn der verschärften Normen natürlich zuwiderläuft.

Wie genau sich die Partikelspektren im Laufe der Zeit geändert haben, ist nicht dokumentiert. Der Trend zu immer kleineren und gefährlicheren Partikeln wird oft als Selbstverständlichkeit dargestellt, obwohl die Studienlage zu diesem Thema äußerst dünn ist. Die große Untersuchung z. B. der jeweils zehn meistgebauten Motoren von EURO 0 bis EURO 5 mit einvernehmlicher medizinischer Bewertung der unter realistischen Bedingungen (sofortige Verdünnung der Abgase mit Luft) gemessenen Partikel steht bisher noch aus.

Der Gesetzgeber hat jedoch schon jetzt vorgesorgt: Mit der EURO 5 wird nicht nur die Gesamtmasse, sondern auch die Anzahl der einzelnen Partikel PN limitiert. Die Höchstgrenze liegt bei 6×10^{11} (600 Milliarden) Stück pro km, seitdem das Messverfahren etabliert ist. Damit werden auch denkbare Filtersysteme verhindert, die bevorzugt die schweren Partikel aus dem Abgas entfernen und die richtig schädlichen passieren lassen. Für die Zahl von 600 Milliarden standen dabei die normalen Benziner Pate. Sie halten diesen Grenzwert (zumindest im Normzyklus) ohne zusätzliche Maßnahmen ein, die Diesel sollen sich diesem Niveau anpassen. So wie es derzeit aussieht, erfüllen die aktuellen Dieselmotore

(EURO 5) mit geschlossenen Filtersystemen diese Forderung problemlos, und das auch im praktischen Betrieb. Dafür haben nun aber leider die bisher harmlosen Benziner ein Partikelproblem, und zwar dann, wenn sie mit Direkteinspritzung ausgerüstet sind. Für diese Fahrzeuge gelten daher auch die Grenzwerte für die Partikelmasse PM. Da die Partikel hier aber besonders klein ausfallen, ist die eigentlich entscheidende Größe umso mehr die Partikelanzahl PN. Und genau die ist derzeit noch unlimitiert, erst mit der EURO 6 tritt die Grenze von 600 Milliarden auch hier in Kraft. Und nicht einmal das war manchen Herstellern spät genug: Während einer Übergangszeit von drei Jahren können sie sich auch für den zehnfachen Grenzwert entscheiden (Fußnote (3) der Tabelle), was ihnen je nach Quelle einen Kostenvorteil von fast null bis hin zu gut 100 Euro pro Fahrzeug verschaffen würde. Im Windschatten der Schuldenkrise konnte diese Regelung Mitte 2012 ohne große öffentliche Diskussion verabschiedet werden. Immerhin hat der Kunde die Wahl, sich auch für ein nach dem strengeren Grenzwert zertifiziertes Fahrzeug zu entscheiden, was sich vielleicht einmal in späteren Umweltzonen als vorteilhaft herausstellen könnte.

Auch verspricht die EU für die Zeit danach, quasi zum Ausgleich, ein besonders strenges Prüfverfahren zur Partikelmessung. Es soll die Realität besser abbilden als der bisherige Prüfzyklus NEFZ. Weiterhin kündigte sie an, sich auch die Partikelemissionen der normalen Benziner unter allen Betriebsbedingungen noch einmal genauer anschauen zu wollen. Es wird wohl darauf hinauslaufen, dass in naher Zukunft einmal alle Verbrennungsmotoren mit einem Filter oder entsprechenden innermotorischen Maßnahmen gegen Partikel versehen sein werden.

Aber davon haben wir heute noch nichts. Während mit der EURO 5 das Partikelproblem bei den neu gebauten Dieseln endlich der Vergangenheit angehört, wird dieser Erfolg durch etliche Jahrgänge an Benzin-Direkteinspritzern mit bedenklichen Partikelemissionen konterkariert werden.

Die Problematik der Rußpartikel ist im Übrigen nicht deckungsgleich mit der Feinstaub-Diskussion. Bei letzteren Grenzwerten geht es zum einen um tendenziell größere Partikel. Hier zählt alles bis hinauf zu $10 \mu\text{m}$ Durchmesser, wenn auch immerhin unterschiedlich gewichtet. Der Ruß hingegen hat seinen Schwerpunkt im Bereich von $0,1 \mu\text{m}$, geht also von der Masse her schnell in der Gesamtmenge unter. Man bezeichnet seine Größenklasse oft auch als Feinstaub (mit zwei »st«), wobei dieser wichtige Unterschied schnell überlesen werden kann.

Zum anderen differenzieren die Feinstaub-Richtlinien die Partikel überhaupt nicht nach der unterschiedlichen Gefährlichkeit, die sich aus dem chemischen Stoff, der Form und der Oberflächenstruktur ergeben kann. Es zählt nur die Masse, egal ob Rauch aus offenen Kaminen

Grenzwerte für Schadstoffemissionen von Pkw

	Schadstoff	EURO 1		EURO 2*	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	
		ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	
Typprüfung		01.01.1992	-	neue Fzg.-Typen	01.01.1996	01.01.2000	01.01.2005	01.09.2009	01.09.2014
Serienprüfung		-	31.12.1992	alle Fahrzeuge	01.01.1997	01.01.2001	01.01.2006	01.01.2011	01.01.2015
Richtlinie		91/441/EWG		94/12/EG	98/69/EG	98/69/EG	EC 715/2007 ^{##} i. V. mit EC 692/2008		
Benzin	CO	2.720	3.160	2.200	2.300	1.000	1.000	1.000	
	HC + NO _x	970	1.130	500	-	-	-	-	
	HC	-	-	-	200	100	100	100	
	NO _x	-	-	-	150	80	60	60	
	PM ⁽²⁾	-	-	-	-	-	4,5 ⁽¹⁾	4,5 ⁽¹⁾	
	PN ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	6 x 10 ¹¹⁽³⁾	
	NMHC	-	-	-	-	-	68	68	
Diesel	CO	2.720	3.160	1.000	640	500	500	500	
	HC + NO _x	970	1.130	700	560	300	230	170	
	NO _x	-	-	-	500	250	180	80	
	PM	140	180	80	50	25	4,5 ⁽¹⁾	4,5 ⁽¹⁾	
	PN	-	-	-	-	-	6 x 10 ¹¹⁽⁴⁾	6 x 10 ¹¹	

ab Euro 2 werden die Grenzwerte nicht mehr nach Typ/Serie unterschieden.

EC 715/2007 setzt die Richtlinie EC 692/2008 um.

(1) 5,0 mg/km bei Typprüfung vor dem 01.09.2011 (altes Messverfahren)

(2) Die Grenzwerte gelten nur für Fremdzündungsmotoren mit Benzin-Direkteinspritzung.

(3) Bis zu drei Jahre nach den o. a. Zeitpunkten gilt nach Wahl des Herstellers ein Grenzwert von 6 x 10¹² Partikeln/km.

(4) bei Typprüfung ab 01.09.2011 bzw. Erstzulassung ab 01.01.2013

Quelle: Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de/verkehr/index.htm, abgerufen Mai 2012, aktualisiert mit EU 459/2012

oder Wüstensand aus der Sahara. Das besondere chemische Schadpotenzial z. B. der Rußpartikel durch die anhaftenden organischen Substanzen findet keine Berücksichtigung.

Der EU-Grenzwert für Feinstaub war also nie speziell gegen die Diesel gerichtet, er sollte wohl eher dem Schutz der Bevölkerung vor Industriestäuben dienen. In Deutschland wurden daraus die Umweltzonen gestrikt. Juristisch höchst wackelig, tragen doch speziell die Pkw-Dieselaabgase nur wenig zu der limitierten Feinstaub-Fraktion bei. Ein Absinken der Konzentration ist in den Zonen dementsprechend auch kaum nachweisbar.

Der beliebte Umkehrschluss: »Motorabgase tragen nur wenig zur Feinstaubbelastung bei, also sind deren Rußpartikel harmlos« ist natürlich nicht zulässig. Es ist sicher gut, wenn nach und nach alle Diesel ohne Filter aus den Städten ferngehalten werden. Der Bevölkerung bleiben diese besonders schädlichen Partikel erspart, auch wenn dadurch im Sinne der Verordnungen eben

kaum ein Vorteil entsteht. Messungen der Partikelanzahl in der Atemluft sollten hingegen die positiven Auswirkungen der Umweltzonen in den nächsten Jahren zeigen.

Ozon O₃

Diese aggressive Substanz ist zwar nicht in den Abgasen enthalten, sie bildet sich aber in der Atmosphäre aus den anderen Schadstoffen. Zur Entstehung von Ozon müssen vorhanden sein:

- ◆ Stickoxide NO_x,
- ◆ Kohlenwasserstoffe HC,
- ◆ Sonnenlicht und Wärme.

Der große Beitrag des Verkehrs zum Ozon sind die NO_x. Im Gegensatz zu den Partikeln sind lokale Maßnahmen hier nicht erfolgversprechend. Emittiertes NO_x kann lange Wege zurücklegen, bis es irgendwo vor Ort unter

UV-Licht zu Ozon reagiert. Dabei entstehen auch noch viele andere Gifte, die gesamte photochemische Problematik wird jedoch meist unter dem Stichwort Ozon oder auch Sommer-Smog abgehandelt.

Die Bildung des Ozons folgt komplizierten Regeln mit vielen Hin- und Rückreaktionen. Das auf den ersten Blick paradoxe Resultat hiervon ist, dass die Ozonkonzentration in der »sauberen Landluft« regelmäßig höher liegt als im städtischen Bereich. Auch haben sich trotz der verringerten Vorläufersubstanzen die mittleren Ozon-Jahreswerte seit der Einführung des Katalysators erhöht. Die wichtigste Erkenntnis jedoch ist, dass die gefährlichen Spitzen im Sommer spürbar zurückgegangen sind. Der wünschenswerte Zielwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird zwar immer noch nicht sicher eingehalten, die früher bekannte Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde aber zuletzt im heißen Sommer 2003 regelmäßig überschritten.

Testzyklus und Grenzwerte

Die Schadstoffemissionen werden im NEFZ ermittelt, der im Verbrauchskapitel schon vorgestellt wurde. Er besteht aus vier Zyklen Stadtverkehr und einem Zyklus Überlandfahrt. Der Wagen wird dabei kalt gestartet, wobei »kalt« hier bis zu $32 \text{ }^\circ\text{C}$ bedeuten kann. Bis einschließlich der EURO 2 wurden noch 40 Sekunden Vorlauf zugestanden. In dieser Zeit drehte der Motor im Leerlauf und der Katalysator konnte sich schon einmal aufwärmen. Erst nach diesen 40 Sekunden begann dann die Abgasmessung. Seit der EURO 3 ist der Vorlauf entfallen, die Messung beginnt sofort.

Die Tabelle links enthält alle Grenzwerte seit der Einführung der EURO 1 im Jahre 1992. Nicht mehr aufgeführt sind ältere Normen wie der US-Kat oder die ECE 15/04 als letzte Richtlinie, die sich noch ohne Kat einhalten ließ.

Der Übersicht halber fehlen in der Tabelle auch die deutschen Zwischenregelungen D3 und D4. Die D3 galt zur Zeit der EURO 2 und nahm in etwa die EURO 3 vorweg. Wer sie einhielt, bekam einen Steuervorteil. Gleiches galt während der EURO 3 für die D4. Damit gelang es wieder einmal, den Neuwagenkäufern ein paar Scheinchen zuzustecken, finanziert über die erhöhten Steuern der älteren Fahrzeuge. Einige D4-Wagen entpuppten sich nebenbei noch als ziemlich fragwürdige Gesellen, bei mindestens einem Typ zog der Hersteller die Einstufung sogar kleinlaut zurück. Eine Fortsetzung erfuhr dieses windige Treiben dann auch nicht, es existiert also keine D5- oder D6-Norm.

Die eigentlichen Tabellenwerte sehen auf den ersten Blick aber ganz einleuchtend aus. Von Norm zu Norm wurden die Grenzwerte strenger, die Schadstoffe sollten damit doch heute längst kein Thema mehr sein.

Leider ist dem nicht so. Wie wir im Folgenden sehen werden, haben die Euronormen einige eklatante Schwächen und sind damit in ihrer Wirksamkeit stark eingeschränkt.

Benziner

Der geregelte Katalysator

Mitte der 80er kamen in Deutschland die ersten Fahrzeuge mit geregeltem Katalysator (G-Kat) auf den Markt. Innerhalb weniger Jahre fanden sie eine flächendeckende Verbreitung. EU-weit dauerte es etwas länger, gemeinsam wurde diese Technik aber spätestens 1993 mit der EURO 1 zum Standard. Im Katalysator geschieht idealerweise Folgendes:

- ◆ CO wird zu CO_2 oxidiert.
- ◆ Die HC werden zu H_2O und CO_2 oxidiert.
- ◆ Die NO_x werden zu N_2 reduziert.

Da hier drei Reaktionen gleichzeitig stattfinden, spricht man auch vom Dreiwege-Kat. Funktionieren kann er nur mit stöchiometrischem Gemisch, also wenn genau so viel Sauerstoff vorhanden ist, wie das Benzin zur vollständigen Verbrennung benötigt. Ist zu wenig Sauerstoff vorhanden, spricht man vom fetten Gemisch und es bleiben HC und CO zurück. Bei Luftüberschuss hingegen, also bei magerem Gemisch, werden die NO_x kaum abgebaut. Eine noch so aufwendige Einspritzanlage allein arbeitet zu ungenau, um das Gemisch exakt im stöchiometrischen Bereich zu halten. Daher misst die sogenannte Lambdasonde im Abgas ständig dessen Zusammensetzung und veranlasst kleine Nachregelungen. Geregelt wird also das Gemisch, nicht der Kat. Trotzdem hat sich der Begriff des geregelten Katalysators durchgesetzt.

Kaltstart

Die höchsten Emissionen entstehen in den ersten Sekunden nach dem Kaltstart. Dann ist der Katalysator noch nicht angesprungen, sprich er ist zu kalt. Auf den ersten Metern fährt man gewissermaßen wie früher, nämlich ohne Abgasreinigung – leider genau dann, wenn der Motor noch mit zähem Öl kämpft und durch ein besonders fettes Gemisch am Laufen gehalten werden muss. Obwohl der Testzyklus immerhin elf Kilometer lang ist, spielt die Anfangsphase die größte Rolle bei der gesamten Emission.

Wenn bei der Typprüfung für einen beliebigen Schadstoff beispielsweise $100 \text{ mg}/\text{km}$ ermittelt wurden, heißt das also nicht, dass der Wagen auf jedem Kilometer diese Menge ausstößt. Es können vielmehr auf dem ersten Kilometer 600 mg sein und auf jedem weiteren Kilometer mit warmem Kat 50 mg . Die 100 mg sind also ein Mischwert aus diesen beiden Phasen. Die Angabe der

Schadstoffmengen in mg/km ist daher auch etwas unglücklich. Sinnvoller wäre eine absolute Angabe pro Testzyklus.

Den schärfer werdenden Bestimmungen begegnen die Hersteller u. a. mit einem immer schnelleren Anspringen des Kats. Die besonders schadstoffreiche kalte Phase wird hierdurch immer weiter verkürzt. Mit warmem Katalysator hingegen haben alle Benziner mit G-Kat, ganz gleich welcher Norm sie genügen, sehr gute Abgaswerte. Wenn auf den Straßen nur warmgefahrte Benziner unterwegs wären, gäbe es kein Abgasproblem.

Nun kann man die im Test zulässigen 32 °C nicht gerade als wirklichen Kaltstart bezeichnen. Sie sind es für den Kat, aber eigentlich nicht für den Motor. Letzterer braucht dann kaum Anreicherung. Für 2002 wurde daher zusätzlich die Niedrigtemperaturprüfung eingeführt. Dabei werden die Wagen bei -7 °C gestartet und durchfahren den Stadtzyklus. Grenzwerte von 15.000 mg/km für CO und 1.800 mg/km für HC sind einzuhalten. Diese Zahlen liegen in ganz anderen Größenordnungen als die regulären Grenzwerte, winterlicher Kurzstreckenverkehr bleibt also auch mit modernen Benzinern eine ziemliche Ferkelei.

Nebenbei: Wenn der Kat schon langsam anspringt, das Abgas aber noch sehr fett ist, dann wird dieser Kraftstoffüberschuss in eine regelrechte Wundertüte an chemischen Substanzen verwandelt. Es entstehen unter anderem Benzaldehyd und Blausäure, was für die oft zu vernehmende Duftnote »Marzipan« nach dem Kaltstart verantwortlich ist.

EURO 1, EURO 2 und die Kaltlaufregler

Nach diesen Ausführungen über den Kaltstart muss man dann auch die 40 Sekunden Vorlauf des Testzyklus in einem anderen Licht sehen. Was so harmlos klingt, bedeutet schlicht, dass in der Phase der höchsten Emissionen nicht gemessen wird. Der Hersteller kann in dieser Zeit sogar alles Mögliche vorsehen, um den Kat auf Temperatur zu bringen. Eine simple, aber sichere Methode ist beispielsweise eine erhöhte Leerlaufdrehzahl in den ersten 40 Sekunden. Sobald die Messung beginnt, ist der Kat dann schön vorgewärmt. Der echte Schadstoffausstoß muss sich dadurch nicht unbedingt verringern. Denn der beginnt nun einmal bei Sekunde Null und nicht bei Sekunde 40. Da ein sehr wichtiger Teil der Messung wegfällt, ist nicht einmal garantiert, dass ein Wagen mit EURO 2 auch wirklich weniger Schadstoffe produziert als ein älteres Fahrzeug mit EURO 1 (im Mittel tut er das aber). Das gilt im Übrigen auch noch für die D3, denn erst mit der echten EURO 3 entfiel der Vorlauf.

Nun werden die Autos immer langlebiger und das Durchschnittsalter der Fahrzeuge in Deutschland steigt und steigt. Den Herstellern schmeckt diese Entwicklung verständlicherweise wenig. Regelmäßig kommt daher

(nicht nur hierzulande) der Wunsch auf, dem Durchsatz von staatlicher Seite etwas nachzuhelfen. Die gegenwärtigen Steuersätze kann man als ein Resultat dessen ansehen. Derzeit liegt die große »Steuerscheide« zwischen EURO 1 und EURO 2. Dieser Schritt bringt in etwa eine Halbierung des Steuersatzes mit sich. Das Fahren eines alten Fahrzeuges sollte dadurch finanziell unattraktiv werden. Ferdinand Piëch wurde 1997 im *Spiegel* mit »Die Autos werden politisch altern« zitiert.

Er freute sich zu früh: Zum Glück für uns hatte man es den Herstellern durch besagten Vorlauf im Messverfahren etwas zu leicht gemacht. Die EURO 2 verlangt gar keine aufwendigen Verbesserungen, was findige Unternehmer auch bald entdeckten. Und so gibt es heute für fast jeden Benziner ein Gerät namens Kaltlaufregler. Manche heben direkt die Leerlaufdrehzahl an, andere tun dies indirekt über zusätzliche Luftzufuhr. So oder so wird die EURO 2 sicher erreicht, manchmal auch die D3. Damit können heute über 90 Prozent der Benziner in den Genuss eines günstigen Steuersatzes kommen. Der erste große staatliche Anschlag auf den Bestand an billigen Autos lief durch die Kaltlaufregler ziemlich ins Leere.

Zur EURO 1 wäre noch zu sagen, dass die Grenzwerte wohl mit Rücksicht auf die Diesel sehr leicht einzuhalten waren. Es ist geradezu schwierig, nur die EURO 1, nicht aber auch die EURO 2 gleich mit zu erfüllen. Viele Benziner kratzten schon immer an der besseren Norm. So lassen sich beispielsweise fast alle alten Porsches mit G-Kat direkt auf EURO 2 umschlüsseln.

EURO 3

Ab hier wurde es ernst für die Entwickler. Der Vorlauf in der Messung entfiel. Spätestens mit der EURO 3 wurden daher zusätzliche technische Einrichtungen notwendig, die den Kat schneller auf Betriebstemperatur bringen. Wenn alles funktioniert, sind diese Fahrzeuge besonders im Kurzstreckenbetrieb viel umweltfreundlicher als ihre Vorgänger.

Leider wurde die Abgasreinigung damit auch immer komplexer. Im Rahmen einer bezahlbaren AU lässt sich eine vollständige Funktionsprüfung nicht realisieren. Dazu würde dann u. a. ein Test des Kaltlaufs auf dem Rollenprüfstand gehören. Die heute übliche AU gibt dagegen immer nur Auskunft über die Emissionen bei warmem Motor. Die für den Kaltstart wichtigen Zusatzeinrichtungen werden bestenfalls einer »Sichtprüfung« unterzogen.

Ein Muss sind beispielsweise Sekundärluftpumpen. Sie blasen am Anfang der Warmlaufphase Luft in das fette Abgas und sorgen so für das Abbrennen der Kohlenwasserstoffe.

Auch kann im Abgasstrang ein kleiner Vor-Kat eingesetzt werden, der sich nach dem Start besonders schnell erwärmt.

Eine andere, besonders bei Mercedes verbreitete Maßnahme ist das verspätete Hochschalten beim Automatikgetriebe im kalten Zustand. Der Motor dreht dadurch höher und heizt damit den Kat schneller auf. Im täglichen Betrieb nervt das viele Fahrer, und zum Stilllegen genügt oft das einfache Ziehen eines Steckers.

Allgemein zur Abgasverbesserung und beim Benziner auch zur Verbrauchssenkung kommt die Abgasrückführung zum Einsatz. Nach vielen Jahren und Kilometern kann sich dieses Leitungssystem mit einer Art Teer (beim Diesel mit Ruß) zusetzen.

Selbst wenn alle diese vier erwähnten Einrichtungen außer Funktion sind, lässt sich die reine Abgasmessung der AU immer noch problemlos bestehen. Um diesen defekten Komponenten aber auch ohne aufwendige Tests auf die Spur zu kommen, ist seit 2001 (Diesel 2004) die On-Bord-Diagnose OBD vorgeschrieben. Das Abgassystem kontrolliert sich dabei selbst und hinterlegt alle Abweichungen in einem Fehlerspeicher. Dieser wird bei der AU ausgelesen, so würde dann z. B. eine defekte Sekundärluftpumpe dem Prüfer gemeldet werden. Zum Zwecke der Selbstüberwachung dient auch eine zweite oder gar dritte Lambdasonde. Nur so können die verbesserten Abgaseigenschaften der moderneren Benziner auch in der Praxis über viele Jahre erhalten bleiben.

Für unsere Autos gilt die AU mit OBD natürlich noch nicht. Hier liegt es weitgehend in der Verantwortung des Halters, inwieweit die auch hier schon vorhandenen Zusatzeinrichtungen zur Abgasverbesserung instand gehalten werden.

Kat-Abschaltung

Vor der Kat-Ära verabreichte man einem Benziner bei normaler Fahrt ein leicht mageres Gemisch, um den Verbrauch niedrig zu halten. Der Lambda-Wert wird dann bei etwa 1,1 gelegen haben. Bei Vollgas hingegen fettete man an (etwa $\lambda = 0,9$), um die letzten Reserven zu mobilisieren.

Mit dem G-Kat waren diese Gestaltungsmöglichkeiten eigentlich entfallen. Ein damit ausgerüsteter Benziner muss in jedem Betriebspunkt, also auch außerhalb des Prüfzyklus, mit $\lambda = 1$ fahren. Nur so ist eine optimale Entgiftung der Abgase gewährleistet.

Es gibt jedoch ein Schlupfloch: Wenn der Hersteller es in bestimmten Situationen zum Schutze des Materials für notwendig erklärt, darf er die Lambda-Regelung stilllegen (sog. Bauteilschutz). Fast immer wird er dann auf ein fettes Gemisch umschalten. Für die NO_x -Emission ist dieses Vorgehen daher unbedeutend. Der Ausstoß von CO und HC steigt jedoch um ein Vielfaches an.

Die Vorschrift hierzu ist wie ein typischer Gummi-Paragraph formuliert und für die ausführenden Techniker mehr als Freibrief zu verstehen. Es lässt sich also weiträumig Gebrauch davon machen, Sanktionen sind in den letzten 20 Jahren nicht bekannt geworden. Innerhalb

des Prüfzyklus würde eine Abschaltung des Kats natürlich zum Durchfallen bei der Typprüfung führen. Sinnvoll ist diese Maßnahme aber ohnehin nur in zwei Fahrzuständen, die durch den Prüfzyklus nicht abgedeckt werden:

1. Im obersten Lastbereich, also spätestens bei Vollgas, lassen sich so mehr Drehmoment und Leistung herausholen. So kann der Wagen bei Tests einige Zehntelsekunden besser abschneiden. Der andere, als offizielle Begründung dienende Effekt ist hingegen das kühlere Abgas, was besonders bei Turbos erwünscht ist, aber auch bei ganz normalen Autos zur Schonung des Katalysators und vieler anderer Bauteile gerne mitgenommen wird.

2. Bei schnellen Bewegungen des Gaspedals spricht der Motor mit fettem Gemisch viel spontaner an und wirkt kräftiger.

Aufgrund dieses Einsatzspektrums wird die Kat-Abschaltung auch als Vollastanreicherung bezeichnet. Für den Hersteller liegen die Vorteile auf der Hand: Ohne einen Cent Mehrkosten wird der Wagen stärker, was sich besonders in der Elastizität schwach motorisierter Fahrzeuge spürbar bemerkbar macht. Aber er hat nicht nur keine Mehrkosten, durch konsequente Anreicherung kann er obendrein bei den »heißen« Bauteilen vom Auslassventil abwärts an der Materialqualität sparen. Und durch plumpes Anfetten lässt sich ein sauberes Ansprechen im gesamten Fahrbereich mit ganz wenig Entwicklungsarbeit erzielen.

Im Kern geht es bei der Anreicherung also schlicht um das liebe Geld. Die Frage, wer es denn nun tut, ist in unseren Jahrgängen zumindest ganz einfach zu beantworten: fast alle. Offiziell hat sich immerhin der Daimler um 1992 herum von diesem unsauberen Vorgehen verabschiedet. Viele Leistungsangaben sanken dann auch um ein paar PS.

Ansonsten liegen sehr wenige Informationen über dieses Tabuthema vor. In einem Test der *Oldtimer Markt* (Heft 9/2001) ließ sich ein Audi A4 auch durch hektisches Bearbeiten des Gaspedals nicht von der korrekten Lambda-Regelung abbringen. Ein Renault Laguna hingegen schon, er fettete massiv an. Bei BMW kommt laut eines Wikipedia-Eintrags der ab 2004 verbaute Motor N52 (Sechszylinder) ohne die Anreicherung aus.

Glänzt also im Vergleichstest ein Wagen mit besseren Fahrleistungen als die Konkurrenz mit ähnlichen Maschinen, so muss dies eben nicht auf hochwertigen Motorenbau zurückzuführen sein. Ob nun 16 oder 18 Sekunden beim Zwischenspur von 80 auf 120 km/h vergehen, sollte daher keine Kaufentscheidung beeinflussen. Man weiß nie, mit welchen Mitteln dieses Ergebnis zustande gekommen ist.

In der aktuellen Modellpalette (2014/15) beschränken sich die einfachen Benzinern mit G-Kat zunehmend auf das untere Preissegment. Die Vollastanreicherung bezeichnen Insider hier immer noch schlicht als »üblich«, auf nichts anderes deuten auch die Ergebnisse des ADAC-ECOTESTS hin. Bei den Benzin-Direkteinspritzern sieht es leider nicht viel anders aus.

Von der Umweltwirkung her gesehen gehört die Anreicherung eher zu den kleinen gegenwärtigen Sünden der Autobauer, mit weitem Abstand hinter den Partikeln und dem Diesel-NO_x. Sie kann auch unterschiedlich stark ausgeprägt sein, also entweder wirklich für die letzten PS verwendet werden oder aber schon bei Konstantfahrt mit wenig mehr als Richtgeschwindigkeit einsetzen. Geprüft wird im Fahrzyklus ja nur bis 120 km/h.

Für den Käufer dürfte das größte Ärgernis der erhöhte Verbrauch sein, wenn er sich häufig in diesen Lastbereichen aufhält. Dies kann gerade bei schwach motorisierten Fahrzeugen mit hohem Luftwiderstand schon früh der Fall sein.

Ganz am anderen Ende der Leistungsskala, bei den Benzinern mit Turboaufladung, ist der Mehrverbrauch durch das Anfetten sogar schon seit Jahrzehnten bekannt. Bei leistungsbetonter Fahrweise klaffen dann Normverbrauch und Praxiswerte besonders stark auseinander. Wenn stark gekühlt werden muss, ist es mit einem Lambda-Wert von 0,9 auch nicht getan. Es werden dann eher 0,8 oder gar 0,7 sein und man kann im Innenspiegel beobachten, wie der Hintermann in einen regelrechten Abgasnebel gehüllt wird.

Aktuelle Turbotechnik, nun mit Direkteinspritzung, wird ganz im Gegensatz hierzu als Mittel zur Benzineinsparung angeboten (Downsizing). Wenn das auch bei flottem Fahrstil funktionieren soll, müssen solche Anreicherungs-Exzesse natürlich der Vergangenheit angehören. Für die Hersteller würde dies den Einsatz eines temperaturfesten und damit teureren Turboladers bedeuten.

Defekter Kat

Bis jetzt bleibt immerhin festzuhalten, dass ein Benzinern mit warmem Kat und außerhalb der Vollastanreicherung ein sauberes Abgas aufweist. Ansonsten ist die Regelung defekt oder der Kat unwirksam. Beides würde aber bei der AU auffallen.

Leider sind Reparaturen an Kat und Gemischaufbereitung besonders teuer und obendrein für den Besitzer selbst nur von geringem Nutzen. Spätestens, wenn der Aufwand dem Restwert des Wagens nahekommt, wird sich mancher davor drücken wollen. Eine AU-Stelle, die das defekte Fahrzeug durchwinkt, ist über Bekannte schnell gefunden. Schließlich handelt es sich dabei nicht um staatliche Ämter.

Besonders in der Tuning-Szene ist das Fahren ohne oder mit ausgeräumtem Kat ohnehin sehr verbreitet, erhofft man sich davon doch geradezu märchenhafte Mehrleis-

tungen. Außerdem sind gerade die jüngeren Sportfahrer oft chronisch knapp bei Kasse, und eine frische Lambda-sonde oder Ähnliches stehen dann vermutlich eher weit hinten auf der Wunschliste.

Leider macht das Fehlen des Kats die Abgase nicht nur ein wenig schlechter, es führt vielmehr gleich zu einem rund zehnfachen Schadstoffausstoß. Nur zehn Prozent defekte Fahrzeuge im Bestand kämen somit einer Verdoppelung der Emissionen gegenüber dem Idealzustand gleich. Die Überwachung des Fahrzeugparks spielt also zur Luftreinhaltung eine oft unterschätzte Rolle. Und je sauberer die Benzinern mit den neuen Euronormen werden, desto größer wird auch der Unterschied zwischen den weißen und den schwarzen Schafen.

Zur moralischen Verteidigung könnten die Kat-Losen immerhin einwenden, dass sie sich in etwa auf dem Schadpotenzial eines EURO 4-Diesels bewegen. Und der ist steuerbegünstigt und darf in jede Umweltzone.

Magermix und Katalysator

Von Toyota und Honda gibt es in unserem Buch schon Fahrzeuge, die mit magerem Gemisch fahren. Dabei kommt die Frage auf, wie sich ein mageres Gemisch eigentlich mit einem geregelten Kat und Lambda = 1 vereinbaren lässt. Die Antwort ist simpel: Gar nicht, und braucht es zur Einhaltung der damaligen Abgasnormen auch nicht. Klar ist, dass es bei hohem Luftüberschuss keine Probleme mit HC und CO gibt. Bleiben noch die Stickoxide NO_x. Die Lösung ist, dass das Gemisch derart mager ist, dass die Spitzentemperaturen wieder sinken und schon bei der Verbrennung wenig NO_x entsteht. Immerhin bis zur EURO 2 hat es der Toyota Carina bei den späteren Exemplaren damit gebracht.

Heute wird ein mageres Gemisch, nun aber in Verbindung mit Direkteinspritzung, vor allem bei den stärkeren Benzinern immer mehr zum Standard. Wegen der gegenwärtig schärferen Abgasnormen muss man das NO_x-Problem nun aber richtig lösen. Das Mittel der Wahl ist dabei der Speicherkat. Er kann die NO_x-Emission von einigen Minuten an sich binden. Diese Fracht wird dann innerhalb weniger Sekunden durch ein leicht angefettetes Gemisch unschädlich gemacht. Danach ist der Speicherkat wieder aufnahmebereit und der Zyklus kann von vorne beginnen. Insgesamt kann der Motor so fast die gesamte Betriebszeit im verbrauchsgünstigen Magerbetrieb fahren.

Die Frage, welche beim G-Kat unter »Kat-Abschaltung« abgehandelt wurde, gilt natürlich auch hier: Was treibt die Motorelektronik außerhalb des Testzyklus? Der ADAC führte hierzu im Auftrag der Deutschen Umwelthilfe und des VCD im Mai/Juni 2011 einen Abgastest an zwei Direkteinspritzern durch. Beide waren nach EURO 5 zertifiziert. Normgerecht im NEFZ gefahren, bleiben sowohl Fahrzeug A mit 17 mg/km als auch Fahr-

zeug B mit 12 mg locker unter dem Grenzwert von 60 mg NO_x.

Im zweiten Durchgang wurde dann mit warmem Motor gestartet und die Klimaanlage dazugeschaltet. Das Resultat: Nur noch 12 mg bei A, dafür aber schon 103 mg bei B. Zuletzt folgte der ADAC-Autobahnzyklus. Hierbei wird anders als im NEFZ auch mit Vollgas beschleunigt und bis zu 130 km/h schnell gefahren. Es ergaben sich 8 mg bei Fahrzeug A, dafür aber erstaunliche 1.948 mg bei Fahrzeug B. Derart hohe Emissionen »schafft« nicht einmal jeder Oldtimer ohne Kat.

Es drängt sich der Verdacht auf, dass manche Hersteller die Kat-Abschaltung mittlerweile umgekehrt interpretieren: Es wird nicht mehr in bestimmten Situationen abgeschaltet, die Abgasreinigung läuft vielmehr nur noch dann optimal, wenn die Elektronik meint, sich im NEFZ zu befinden. Und der ist mit seinem eckigen Verlauf und an den speziellen Randbedingungen sehr einfach zu erkennen. Schon das einfache Zuschalten der Klimaanlage oder der Warmstart führen das Programm in die Irre, da beides bei der offiziellen Prüfung nicht vorgesehen ist.

Beim Autobahntest mit Vollgas wähnt sich die Motorsteuerung dann gänzlich unbeobachtet. 2.000 mg NO_x sind eine typische Rohemission. Dies könnte sogar darauf hindeuten, dass hier überhaupt keine Regeneration des Speicherkats mehr stattfindet.

Die Testkandidaten wurden anonymisiert, da es hier nicht darum geht, von den vielen Sündern einen Einzelnen vorzuführen. Auch müsste man zunächst ausschließen, dass Unternehmen A einfach so clever war, den seit Jahren bekannten ADAC-ecotest in den Steuergeräten abzulegen.

Am geschilderten Beispiel soll vielmehr sichtbar werden, was mit der Ausrede »Bauteilschutz« derzeit alles rechtlich gedeckt ist und wie wenig Aussagekraft die bei der Typprüfung ermittelten Werte für die Praxis haben können. Es zeigt auf der anderen Seite aber auch, dass Autofahren mit vernachlässigbaren NO_x-Mengen zumindest aus technischer Sicht heutzutage kein Problem mehr darstellt – wenn es der Hersteller denn will (oder kann). Eine Antwort der Pressestelle B auf diesen Test fiel im Übrigen eher dürftig aus (»... erfüllen alle gesetzlichen Emissions-Grenzwerte ...«), sodass es sich hier wohl leider nicht um ein besonders schlechtes Testexemplar gehandelt hat. Der größte Witz jedoch ist, dass nach den Messwerten im NEFZ Fahrzeug B mit 12 mg zu 17 mg offiziell als das sauberere gelten würde.

Zu einer Kaufempfehlung langte es bei keinem der beiden Testkandidaten. Die Partikelanzahl lag dafür viel zu hoch, sie war auch der eigentliche Aufhänger dieses Tests. Wie geschildert, ist vor der EURO 6 für diesen Motortyp noch kein Grenzwert einzuhalten, was besonders die Macher von Fahrzeug B weidlich ausnutzten.

Historischer Exkurs: der Zweibett-Katalysator

Beim Zweibett-Katalysator handelt es sich um eine Art Vorgänger unseres Dreiwege-Kats. Den Neueren bezeichnete man daher anfangs auch als Einbett-Katalysator, der Abgrenzung wegen, denn bei ihm finden alle drei Reaktionen im gleichen Gehäuse statt. Der Zweibett-Katalysator hingegen verfügte noch über zwei Katalysatoren, die hintereinander lagen.

Damit die Abgasreinigung funktionieren kann, fährt der Motor hier ständig mit einem fetten Gemisch. Im ersten Kat werden daher die NO_x gut abgebaut, es verbleiben aber reichlich CO und HC im Abgas. Der Clou des Ganzen: Hinter dem ersten Kat wird Luft ins Abgas eingeblasen, wodurch das Gemisch nun insgesamt mager wird. Im zweiten Kat werden damit CO und HC problemlos verbrannt.

Mit diesem besonderen Aufbau ermöglicht der Zweibett-Katalysator auch ohne Elektronik und Lambda-Regelung eine gute Abgasreinigung. Durch das fette Gemisch und die benötigte Leistung zum Antrieb der Luftpumpe kommt es aber leider zu einem deutlich erhöhten Benzinverbrauch und zu einer verringerten Leistungsabgabe. Diese Technik fand daher auch nur kurzzeitig im Westen der USA eine größere Verbreitung. Wenn man sich in Kalifornien auf Oldtimersuche begibt, kann man noch über eines dieser Fahrzeuge stolpern.

Mit der Serienreife der Lambda-Regelung war der Zweibett-Katalysator dann überholt. Erst der heutige Dreiwege-Kat hat eine weltweite Verbreitung gefunden, da nur er auch für Länder mit höheren Spritpreisen geeignet ist.

Feinstaubplakette Benzin

Die Lage ist einfach: Fahrzeuge mit G-Kat erhalten die Grüne Plakette, alle anderen überhaupt keine. Welcher Euronorm der G-Kat dabei genügt, ist (zu Recht) ohne Belang.

Die ursprünglich geplanten Regelungen sahen dagegen noch vor, den Wagen mit älterem G-Kat vor der EURO 1 und denen mit Nachrüst-Kat (Schlüsselnummer 77) die Grüne Plakette zu verweigern. Unauffällig wären so über Nacht Millionen von Autos zu Altmittel erklärt worden. Der Presse war diese »kleine Ungenauigkeit« keine Erwähnung wert. Erst der ADAC brachte das Vorgehen an das Licht der Öffentlichkeit und stellte Musterklagen dagegen in den Raum. Die Regierung sprach am Ende von einem Versehen.

In vielen Übersichten wird beispielsweise die »77« immer noch unter »keine Plakette« geführt. Auch wenn es amtlich aussieht, ist das schlichtweg falsch.

Diesel

Kein geregelter Kat

Ein Diesel fährt ständig mit großem Luftüberschuss, eine Lambda-Regelung ist also prinzipbedingt nicht möglich. Ausgerechnet der problematischste Schadstoff, die Stickoxide, werden so im Katalysator nicht abgebaut. Man spricht daher auch vom Oxi-Kat, da er nur die beiden Oxidationsreaktionen durchführt. Ausschließlich damit ausgerüstet kann der Diesel die NO_x -Werte eines Benziners mit G-Kat niemals erreichen. Das war natürlich schon 1985 jedem klar. Es gab drei Möglichkeiten, von denen zwei zu einer verbesserten Luftqualität beigetragen hätten:

1. Die Diesel verschwinden vom Markt.
2. Die Diesel bekommen eine aufwendige Abgasnachbehandlung wie die SCR.
3. Die Diesel bekommen ganz einfach höhere Grenzwerte.

Natürlich kam es zur dritten Variante, wie könnte es auch anders sein. Erst ab der EURO 6 (2015) sind die Vorgaben ähnlich streng wie die der Benziner.

Beim Studium der Tabellenwerte wird man zunächst einmal protestieren: Stimmt ja alles gar nicht, bei der EURO 1 sind die Grenzwerte für Diesel und Benziner doch identisch, und bei der EURO 2 hält sich der Aufschlag für die Diesel in Grenzen. Des Rätsels Lösung ist die Formel ($\text{HC} + \text{NO}_x$), die von 1982 bis 2000 in den Regelungen verwendet wurde. Man begrenzt einfach die Summe aus zwei Schadstoffen, die nicht miteinander verwandt sind. Und »zufällig« produziert der Diesel wenig HC, erst recht nicht mit Oxi-Kat, er darf damit besonders viel NO_x ausstoßen. Die Normen EURO 1 und 2 sind in dieser Hinsicht wie ein gemeinsames Tempolimit von 150 km/h für Stadt und Landstraße. Fahre ich mit 60 km/h über Land, so darf ich nachher 90 km/h in der Stadt fahren.

Der andere versteckte Rabatt besteht bei der EURO 1 wie schon angedeutet darin, dass der Grenzwert derart hoch gewählt wurde, dass die Benziner ohne besondere Maßnahmen weit darunter bleiben. Insgesamt ist die hier durch die nackten Zahlenwerte nahegelegte Gleichbehandlung von Dieseln und Benzinern also nur ein (sicher auch so gewollter) Fehlschluss.

Zusätzliche Vergünstigungen für Direkteinspritzer

Aber damit nicht genug. Ergänzend zu den Tabellenwerten finden sich noch einige »Bonbons« schön versteckt in den Fußnoten der Verordnungen: Den besonders schmutzigen Dieseln mit Direkteinspritzung erleichterte man seinerzeit den Markteintritt dadurch, dass sie noch mehr Schadstoffe als konventionelle Diesel ausstoßen

durften. Auf die Werte der EURO 1 gab es bei der Summe ($\text{HC} + \text{NO}_x$) und bei den Partikeln einen Aufschlag von satten 40 Prozent. Während der Ära der EURO 2 lauteten bis 9/1999 die Grenzwerte auf 900 mg ($\text{HC} + \text{NO}_x$) und 100 mg Partikel. Zu letzterem Zeitpunkt hatten sich die Direkteinspritzer bereits auf breiter Front durchgesetzt, was bedeutet, dass die eigentlichen Grenzwerte aus der Tabelle nur noch für eine Minderheit der Diesel gültig waren. Erst ab 10/1999 mussten dann auch TDI & Co. diese »echten« Werte der EURO 2 einhalten.

Neuere Normen

Seit der EURO 3 wird der NO_x -Wert einzeln begrenzt, von da an kann man die Anforderungen an Benziner und Diesel endlich direkt miteinander vergleichen. 500 mg beim Diesel stehen hier 150 mg beim Benziner gegenüber. Den Dieseln gestattet man also mehr als die dreifache Emission. EURO 4 und 5 verhalten sich hierin ähnlich.

Die ganze Wahrheit sagen diese Zahlen jedoch immer noch nicht. Bekannt ist, dass die Diesel bei der Typprüfung Mühe haben, ihre Werte zu erfüllen. Die Benziner bleiben dagegen weit unter dem Grenzwert. Ein nicht repräsentativer Griff ins Archiv fördert bei neuen Benzinern des Jahrgangs 2001 Typprüfungswerte von 20 mg bis 30 mg zutage. Bei den Dieseln hingegen sind es 300 bis 400 mg. Selbst bei großzügiger Auslegung liegt hier also eher der Faktor zehn vor.

Einhalten der NO_x -Grenzwerte bis EURO 5

Bis zur Euro 5 benötigen die Diesel in Sachen Stickoxide gewöhnlich keine Abgasnachbehandlung. Zum Einhalten der Papierwerte genügt vielmehr das im Folgenden aufgeführte Bündel an Maßnahmen und glücklichen Umständen.

Zunächst hat der Hersteller natürlich die Möglichkeit, mit einem handverlesenen, also bei den Schadstoffen nach unten streuenden Fahrzeug zur Typprüfung anzutreten. Verbreitet sind die Klagen der Chiptuner, die oft Schwierigkeiten haben, später für ihre eigenen Typprüfungen ein ebenso gutes Exemplar aus der Serienproduktion zu fischen. Anderenfalls würde der Chip durchfallen, auch wenn er das Motorkennfeld im Prüfzyklus gar nicht verändert.

Am meisten profitieren die Diesel jedoch vom Prüfzyklus selbst. Denn der NEFZ gibt bei weitem nicht die Realität wieder. Beim Test wird der Wagen nur ganz sachte beschleunigt. Und es wird nicht schneller als mit 120 km/h gefahren. Die ganze Prüfung findet also mit niedrigen und bestenfalls mittleren Lasten statt und damit in Bereichen, in denen ein Diesel von Natur aus wenig Stickoxide produziert. Am Steuer sitzen auch keine Fahrer des TÜV oder gar staatliche Kontrolleure, sondern spezielle Fachleute der Autofirmen. Die schau-

keln die Wagen gerne auch einmal barfuß durch den Test, damit sie das Gaspedal keinen Millimeter zu weit durchtreten. Denn sonst wird die Verbrennung heißer, die NO_x -Werte steigen an und für die Diesel wird es dann richtig eng. In der Praxis hingegen werden gerade die modernen Diesel von den Außendienstler-Heeren unter Zeitdruck über die Autobahn gejagt. Und schon ein normaler, privater Fahrstil ist viel schärfer als die gemächlichen Bewegungen im Normzyklus.

Sollte das bisher Gesagte bei höheren Normen nicht ausreichen, dann lässt sich der Motor noch im prüfungsrelevanten unteren Lastbereich auf besonders geringe Schadstoffmengen auslegen. Je besser die Elektronik wird, desto selektiver kann dabei vorgegangen werden. Im Idealfall erkennt die Motorsteuerung also, wenn sich der Wagen im NEFZ befindet und stellt das Kennfeld auf günstige Abgaswerte um. Der Motor kann sich dabei regelrecht bockig und schlecht fahrbar gebärden. Im realen Fahrbetrieb werden dann Sparsamkeit und Leistung die Priorität eingeräumt. Man bezeichnet diese Art der Auslegung auch als »Cycle-Beating«. Aktenkundig ist beispielsweise, dass hierdurch bei den Lkw viele Modelle mit EURO 2 auf der Straße mehr NO_x erzeugten als die zuvor gebauten Fahrzeuge. Ganz einfach weil die Motoren unter Prüfbedingungen in einem besonderen, sauberen Modus laufen konnten. In der Praxis hingegen erfreuten sie den Spediteur mit einem günstigen Verbrauch, erkaufte durch hohen NO_x -Ausstoß.

Die eigentlichen Maßnahmen, die zumindest im Prüfzyklus zu abgesenktem NO_x -Ausstoß führen, sind schnell aufgezählt. Allen ist gemein, dass sie zu niedrigeren Spitzentemperaturen bei der Verbrennung beitragen. Zur Anwendung kommen:

- ◆ Ladeluftkühlung bei Turboaufladung,
- ◆ Abgasrückführung AGR,
- ◆ spätes und mehrfaches Einspritzen.

Zwischen den NO_x -Emissionen, Leistung/Verbrauch und den Emissionen anderer Schadstoffe bestehen dabei Zielkonflikte. Der wichtigste betrifft die NO_x -Emissionen und den Verbrauch, beide werden speziell durch die Wahl des Einspritzzeitpunktes immer in entgegengesetzter Richtung beeinflusst. Das heißt: viel NO_x = günstiger Verbrauch und umgekehrt.

Entstickung ab EURO 6

Diese neuen Grenzwerte sollten nicht mehr alleine mit den erwähnten motorischen Maßnahmen einzuhalten sein. Für die EURO 6 sind vielmehr Stickoxid-mindernde Einrichtungen im Abgasstrang notwendig. 30 Jahre nach den ersten Benzinern mit G-Kat müssen die Diesel dann doch endlich nachziehen.

Auch wenn sich die NO_x beim vorherrschenden Luftüberschuss nicht im Oxi-Kat abbauen lassen, so gibt es doch zwei Möglichkeiten, ihrer Herr zu werden:

Als Variante eins bietet sich auch hier der schon bei den mageren Benzinern erwähnte Speicherkat an. Das zur taktweisen Regeneration erforderliche fette Gemisch bedarf bei einem Diesel natürlich einiger Verrenkungen. Hier muss dann extrem spät in den Expansionstakt eingespritzt werden. Eine Technik sieht gar ergänzend vor, den teuren Treibstoff direkt ins Abgas zu düsen. Insgesamt spricht für die Entstickung mittels Speicherkat der relativ einfache technische Aufbau ohne zusätzlichen Betriebsstoff. In Kauf genommen werden muss dafür der durch die Regeneration bedingte leichte Mehrverbrauch. Als zweite Variante kommt bei den Dieseln die aufwendigere und bekanntere SCR zum Einsatz. Sie nutzt aus, dass die Stickoxide zusammen mit Ammoniak an einem geeigneten Katalysator zu Stickstoff und Wasser reagieren. Diese Reaktion bezeichnet man als selektive katalytische Reduktion, englisch SCR abgekürzt. Auch sie benötigt einen zweiten Katalysator, der aus einem anderen Material als der Oxi-Kat besteht.

Literweise Ammoniak in Privathände auszuschenken ist natürlich eher nicht zu empfehlen. Als gut handhabbare Quelle dient daher eine wässrige Harnstofflösung, die vor dem SCR-Kat in das heiße Abgas gedüst wird. Dabei zersetzt sich der Harnstoff, wobei u. a. Ammoniak entsteht. Das Schlimmste am Harnstoff ist sein anrühiger Name. Die genormte Lösung wird daher als AdBlue bezeichnet, eine eingetragene Marke des VDA.

Die SCR-Technik ist in anderen Bereichen der Technik seit Jahrzehnten Standard. Bei den Lkw hat sie auch schon Fuß gefasst. Sie wirft natürlich die Frage nach der Kontrolle auf. Millionen Fahrer müssen künftig immer genügend AdBlue vorrätig halten, und dafür auch noch bezahlen. Fahren ohne AdBlue führt in etwa zur fünf- bis zehnfachen NO_x -Emission. Normalerweise geht der Motor dann in ein Notprogramm und zwingt so dazu, rasch die Bestände aufzufüllen. Diese Schaltung zu umgehen, ist nach einschlägigen Auskünften von Lkw-Fahrern aber kein großes Problem. Es gibt sogar schon fertige Geräte dafür zu kaufen. Die Pkw-Fahrer möchte man gar nicht erst in diese Versuchung führen, hier wird das AdBlue normalerweise im Rahmen der Inspektionen diskret aufgefüllt. Der Bedarf liegt im Mittel bei etwa fünf Prozent der Kraftstoffmenge.

Auch für die EURO 6-Diesel bleiben der Oxi-Kat und der Partikelfilter weiterhin obligatorisch. Hinzu kommen nun der Speicher- oder SCR-Kat, manchmal sogar beide. Und damit bei der SCR von dem stechend riechenden Ammoniak im Falle einer kurzzeitigen Überdosierung nichts aus dem Auspuff dringt, kann ganz am Ende noch ein sogenannter Schlupfkatalysator vorgesehen werden. Zusammen mit der reichlich vorhandenen Messtechnik zur Regelung trägt ein sauberer Diesel also schon eine

kleine verfahrenstechnische Anlage unter dem Wagenboden. Ganz billig wird das in keinem Fall, für die Diesel des unteren Preissegments bedeutet die EURO 6 dann wohl auch das Aus.

Ob nun die SCR oder der Speicherkat bei den Dieseln das Rennen macht, wird sich noch zeigen. Die Messungen an den ersten EURO 6-Modellen lassen unabhängig von der Technik einen deutlichen Fortschritt erkennen: Je nach Disziplin wird im Mittel nur noch die Hälfte oder gar nur ein Viertel der bisherigen Stickoxide emittiert. Treu bleiben sich die Diesel aber auch darin, dass der Grenzwert (nun 80 mg) im realen Fahrbetrieb meistens bei weitem überschritten wird und dass es wieder eine große Bandbreite vom ehrlichen Saubermann bis hin zum extremen Cycle-Beater gibt. Bisher (11/2014) schaffte erst ein Wagen die eigentlich zu erwartenden vollen 50 Punkte im ADAC-Ecotest, der Mercedes E 350 CDI BlueTEC. Er nutzt die SCR.

Seit Ende 2012 sind die ersten Diesel lieferbar, die die EURO 6 ganz ohne abgasseitige Entstickung einhalten. Alles andere als hohe NO_x-Emissionen jenseits des NEFZ wäre hier natürlich eine große Überraschung, echte 80 mg unter allen Bedingungen geradezu eine technische Sensation. Die ersten Resultate beim ADAC-Ecotest waren dann auch entsprechend durchwachsen.

Feinstaubplakette Diesel

Hier gilt zurzeit vereinfacht gesagt:

1. Bis einschließlich EURO 1 gibt es keine Plakette.
2. EURO 2 erhält die Rote Plakette,
3. EURO 3 die Gelbe und
4. ab EURO 4 gibt es die Grüne Plakette.

Durch nachgerüstete Partikelminderungssysteme (Rußfilter) kann man sich verbessern. In den allermeisten Fällen werden dabei Diesel mit EURO 3 auf den Partikelaustritt der EURO 4 (25 mg/km) gebracht und erhalten damit auch die Grüne Plakette. Das betrifft also nur jüngere Fahrzeuge als die in unserem Buch behandelten. Diesel aus unserer Zeit hingegen erfüllen heute fast alle die EURO 2 und tragen damit die Rote Plakette, die leider zunehmend weniger wert wird. Erreicht wird diese Norm durch einen serienmäßigen oder nachgerüsteten Oxi-Kat.

Wenn man die Richtlinien ganz genau liest, stellt man fest, dass auch die EURO 2 in Verbindung mit dem Partikelaustritt der EURO 4 zur Grünen Plakette führt. Ob dies beabsichtigt war oder schlicht falsch formuliert wurde, sei dahingestellt. Auf jeden Fall sind darauf basierend für die Mercedes-Saugdiesel aus unserer Zeit entsprechende Umrüstsätze erhältlich (Fa. Deissler / Stumpf Vertriebs-GmbH). Kosten von knapp 2.000 Euro

bis zur freien Fahrt in die Umweltzonen machen die Sache aber nur für extreme Diesel-Liebhaber interessant. Mittlerweile ist die Grüne Plakette auch für viele andere Diesel aus unserer Zeit erreichbar, insbesondere für fast alle Busse (S. K. Handels AG). Abweichend handelt es sich dabei meist um Systeme, die eine Aufrüstung auf die EURO 3 enthalten bzw. erst noch voraussetzen.

NO_x-Emissionen in der Praxis

Wie es im realen Betrieb jenseits des NEFZ aussieht, lässt sich nur durch aufwendige Messungen in praxisnäheren Fahrzyklen feststellen. In den letzten Jahren sind hierzu umfangreiche Datensätze entstanden, die bisher noch viel zu wenig Beachtung gefunden haben. Und ab und zu lassen sogar freundliche Mitarbeiter der Branche ein paar Zahlen fallen.

Darauf basierend sollen hier einmal einige »Hausnummern« der realen NO_x-Emissionen angegeben werden. Soweit nicht anders dargestellt, beziehen sich die Werte immer auf eine Fahrzeuggruppe, geben also beispielsweise den Mittelwert aller EURO 3-Benziner wieder. Einzelne Typen können hiervon natürlich mehr oder weniger stark abweichen.

Die genannten Zahlen sind zur Orientierung bestimmt und nicht im Sinne einer wissenschaftlichen Abhandlung zu verstehen. Insbesondere sind sie nicht dazu gedacht, sie einzeln zu zitieren oder hierauf weitere Argumentationen aufzubauen. Zu letzteren Zwecken beschaffe man sich besser die originalen Quellen bei den am Ende des Abschnitts angegebenen Organisationen.

Benziner

Nehmen wir gleichsam als Urzustand von 1985 einen Benziner ohne Katalysator an. Bei normaler Fahrt wird er nach allgemeiner Einschätzung in etwa 1.500 bis 2.000 mg NO_x pro Kilometer ausstoßen. Mit geregelterm, warmem Katalysator hingegen sinkt der Wert meistens auf unter 100 mg, dies ist also der entscheidende Schritt. Diese Aussage kann aber leider nicht so schön einfach stehenbleiben, sie muss vielmehr noch um einige wichtige Nebenaspekte ergänzt werden:

1) Bei den älteren Fahrzeugen zeigten sich im Test (am Neuwagen) viele Ausreißer nach oben. Trotz G-Kat wurden gelegentlich auch vierstellige NO_x-Werte gemessen. Als wahrscheinliche Ursache vermutete man schlampig programmierte Regelungen außerhalb des Prüfzyklus. Dies betrifft seit der EURO 1 oft Geschwindigkeiten oberhalb von 120 km/h. Bei noch älteren Wagen mit US-Kat hingegen endete der Prüfzyklus schon bei 96,4 km/h, hier kam es dann auch zu besonders vielen Auffälligkeiten. Im Laufe der Jahre nahm der Anteil und die Höhe dieser Ausreißer stark ab.

2) Die 100 mg waren nicht das Ende des technisch Möglichen. Mit jeder neueren Norm fiel die Emission im Betrieb mit funktionierender Regelung immer weiter. Vorsichtig bewegte aktuelle Modelle (EURO 5) tendieren in den einstelligen Bereich oder gleich an die Nachweisgrenze. Relativ gesehen unterscheidet sich der Ausstoß innerhalb der Benziner mit warmem G-Kat also stark, absolut gesehen ist es jedoch ziemlich egal, ob man nun 10 oder 100 mg emittiert. Das Entscheidende ist, dass die 2.000 mg vom Tisch sind.

3) Die Benziner vor der EURO 3 (die mit den 40 Sekunden Vorlauf in der Messung) tun sich nach dem Kaltstart noch ziemlich schwer. Bei den ganz Alten muss man als Faustregel mit etwa einem vollen Kilometer rechnen, bis der Kat angesprungen ist. Seit der EURO 3 ist dagegen meistens von wenigen Sekunden bis zum Einsetzen der Abgasreinigung die Rede.

Insgesamt lassen sich so seit der EURO 3 als NO_x -Ausstoß der Benziner im realen Mischverkehr 100 mg und weniger festhalten. Diese Größenordnung sollte ein für die Luftqualität unbedenkliches Maß darstellen.

Bei unseren Altwagen hingegen, die typischerweise mit EURO 1 oder EURO 2 ausgezeichnet sind, ist die Angabe einer pauschalen Stickoxid-Emission nicht ganz einfach und eigentlich auch nicht sinnvoll. Hier muss je nach Fahrtlänge und Geschwindigkeit eine Mischkalkulation aus warmen Phasen (< 100 mg) und kalten Phasen (> 1.000 mg) unter besonderer Berücksichtigung einer eventuell unzureichenden Regelung angestellt werden. Als Mittelwert kann man so im Mischverkehr in etwa 500 mg für die EURO 1 und 300 mg für die EURO 2 ansetzen.

Die modernen Benziner mit Direkteinspritzung wurden schon weiter oben unter »Magermix und Katalysator« erwähnt. Eine perfekte Entstickung mittels Speicherkat stellt technisch kein Problem dar. Ob die Hersteller aber jenseits des NEFZ nun 20 mg oder 2.000 mg NO_x in die Steuergeräte einprogrammieren, ist ihnen derzeit noch selbst überlassen und daher schwer vorherzusagen. Die ersten Messungen zeigen immerhin, dass bisher nur wenige Fahrzeuge die Schwäche der Euronormen voll ausreizen. Überwiegend bewegen sich die Direkteinspritzer, ähnlich wie die normalen Benziner gleichen Alters, bei den NO_x -Emissionen im unteren bis mittleren zweistelligen Bereich.

Diesel

Hier ist die Lage übersichtlich: Alle Messungen entlarven die Papier-Fortschritte der Euronormen mehr oder weniger als Blendwerk. Bei den Stickoxiden braucht also von EURO 0 bis EURO 5 gar nicht groß nach Emissionsklasse unterschieden zu werden, die Bandbreite innerhalb einer Klasse ist viel größer als diese Differenzen. Nicht einmal

ein klarer Trend zum Besseren lässt sich ausmachen, in vielen Disziplinen schnitt die EURO 5-Gruppe sogar am schlechtesten ab.

Ganz gleich, welche Emissionsklasse vorliegt, bei konstant 130 km/h muss man beispielsweise mit rund 750 mg rechnen. Im Mittel läuft es für den europäischen Mischverkehr auf 800 mg hinaus.

Schon lässt sich die Umwelt nur durch sehr gemütliche Fahrweise unter weitgehendem Vermeiden aller Beschleunigungsmanöver. Bei konstant 100 km/h lassen sich so etwa 300 mg erzielen. Aber schon im realistischen Stadtverkehr sind es um die 600 mg.

Ein schärferer Fahrstil führt dann mühelos zu vierstelligen Werten. EURO 5 und 2.000 mg im ADAC-Autobahntest schließen sich leider nicht aus, und dieser Zyklus endet schon bei 130 km/h.

Die Stickoxid-Emissionen hängen beim Diesel also fast ausschließlich vom Fahrer ab. Viel Leistung zu fordern, bringt auch viele aktuelle Modelle in den Bereich des ganz alten Benziners ohne Kat. Wegen des überproportionalen Autobahn-Anteils der Dienstwagen und wegen der hierzulande üblichen hohen Geschwindigkeiten ist daher zu befürchten, dass die Diesel in Deutschland im Mittel mit runden 1.000 mg NO_x unterwegs sind.

Der Kaltstart hingegen macht dem Diesel in Sachen NO_x nicht viel aus. Sein Oxi-Kat wirkt sowieso nicht dagegen und ein kalter Brennraum kann tendenziell sogar zu weniger Stickoxiden führen. Hier kommt es also zu keinen Zuschlägen.

Auch in anderer Hinsicht sind die Zahlen des Diesels robust: Ein defekter oder, wie in Raser-Kreisen oft anzutreffen, entfernter Oxi-Kat hat auf die NO_x -Emissionen keine Auswirkung. Einen Benziner hingegen bringt dieses Manöver direkt wieder auf den Zustand von 1985 mit permanent vierstelliger NO_x -Emission.

Je älter und angezählter die Paarung also ist, desto besser geht der NO_x -Vergleich eigentlich für den Diesel aus. Genau diese Diesel wurden aber leider durch die Umweltzonen aus dem Verkehr gezogen, in unserer Altersklasse gibt es fast nur noch Benziner. Ganz schlecht kommt der Diesel hingegen bei neueren Normen weg: Ausgehend von EURO 4 und 130 km/h kann man nach Messungen des TCS entweder rund 15 Benzinern ein Fahrverbot erteilen oder einen einzigen Diesel bitten, seine Geschwindigkeit auf 100 km/h zu drosseln. Die absolute NO_x -Minderung wäre die gleiche.

Erwähnenswert ist noch die starke Streuung der Messergebnisse. Für einen nicht normgerechten Stadtverkehr mit EURO 4-Wagen wurden beispielsweise Werte von 200 mg bis 900 mg festgestellt, im Mittel gut 600 mg. Einige Hersteller setzen also auch außerhalb des NEFZ die saubere Betriebsweise nicht sofort außer Funktion. Nüchtern betrachtet handeln sie damit unklug, mit 900 mg NO_x wären ihre Fahrzeuge spritziger und sparsamer und könnten in Tests noch bessere Bewertungen

erzielen. Im professionellen Bereich der Technik ist es daher auch üblich, Abgas, Leistung und Verbrauch immer gleichzeitig zu messen. Gute Einzelleistungen auf Kosten der anderen Größen sind keine Kunst und lassen sich so von vornherein ausschließen.

Bei den Lkw gilt der Tenor dieses Abschnitts glücklicherweise nicht. Abgesehen vom erwähnten Flop bei der EURO 2 sank hier mit jeder neuen Norm die NO_x -Emission auch im praktischen Betrieb. Zu verdanken ist dies dem weniger Schlupflöcher bietenden Prüfverfahren für Nutzfahrzeuge.

Es bleibt an dieser Stelle noch die spannende Frage nach den EURO 6-Dieseln. Nun, für einen konkreten Zahlenwert ist es noch etwas früh. Es kann aber als gesichert gelten, dass diese Fahrzeuggruppe deutlich besser abschneidet als die bisher gebauten Diesel. Die meisten Fahrzeuge mit Entstickung hat bisher der ADAC untersucht. Wie es dabei im Detail aussieht, darüber werden zu gegebener Zeit Veröffentlichungen folgen.

Luftqualitätsgrenze NO_2

Wenn die (gewöhnlich schlecht informierten) Diesel-Fahrer gerade verdaut haben, dass sie NO_x -seitig immer noch auf Nachkriegsniveau fahren, müssen sie sich leider noch die Schlusspointe anhören:

Wie erwähnt, haben die Kommunen bald das Problem, dass die geforderten NO_2 -Werte der Atemluft in vielen verkehrsreichen Innenstadtlagen nicht eingehalten werden. Das Niveau will einfach kaum absinken, obwohl sich der NO_x -Ausstoß aus dem Verkehr in den letzten 20 Jahren (durch die sauberen Benziner) halbiert hat. Hinter diesem Phänomen steht mit großer Wahrscheinlichkeit die Verschiebung der Anteile innerhalb der NO_x -Emissionen bei den Dieseln: Früher wurde, wie heute noch bei den Benzinern, fast ausschließlich NO erzeugt. Bei den neueren Dieseln ist jedoch durch den Oxi-Kat der NO_2 -Gehalt sprunghaft angestiegen. Ein Teil des NO wird dort vorzeitig zu NO_2 oxidiert, was mittlerweile für den Partikelfilter sogar erwünscht ist. Ein moderner Diesel stößt daher etwa fünfmal so viel NO_2 aus wie sein Urahn mit EURO 0. Damit klärt sich auch eine Alltagsbeobachtung: Im Gegensatz zum NO riecht das NO_2 nach Chlor, eine Duftnote, die bei Dieselabgasen in den 100 Jahren vor dem Oxi-Kat völlig unbekannt war.

Ausblick 01.01.2015

Wie können die Kommunen bis zu diesem Datum überall den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Stickstoffdioxid in der Atemluft sicherstellen? Kenner der Materie werden zunächst einwenden, dass es bei derartigen Vorschriften ja immer irgendwelche Übergangsfristen gibt. Das ist auch richtig, nur befinden wir uns in diesem Falle schon mittendrin. Der eigentliche Termin war zum 01.01.2010. Wenn sich also der Grenzwert nicht noch auf wunderbare Weise ändert (z. B. elegant auf 40 ppb), sind zwei

gegensätzliche Szenarien und natürlich die Übergänge dazwischen denkbar:

A) Man tut nichts und bezahlt einfach die Strafen für die Überschreitungen an die EU. Der 01.01.2015 fällt ja mit der Einführung der EURO 6 zusammen. Im Laufe der Zeit werden so die Diesel ohne Entstickung (die bis EURO 5) von selbst immer weniger, und geschätzte zehn Jahre später (2025) sollten alle Messstellen saubere Werte vorweisen können. Selbst wenn bis dahin der Schweizer Grenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Kraft tritt.

B) Alle Diesel bis einschließlich EURO 5 werden zum Stichtag aus den Innenstädten verbannt, unterstützend wird der Bestand mit Hilfe von erhöhten Steuern o. ä. rasch dezimiert. Niemand hat die Absicht, blaue Umweltzonen einzurichten ...

Da die EURO 5-Diesel bis dahin noch vom Band laufen, wären bei Vollzug auch sehr junge Fahrzeuge betroffen. Damit ist die sofortige Einführung derartiger Umweltzonen mit dem entsprechenden Wertverlust für die Eigentümer eigentlich undenkbar. Andererseits wird es aber rechtlich kaum möglich sein, nur die älteren Diesel (EURO 3 und 4) mit Verweis auf die NO_x -Emissionen aus den Umweltzonen zu halten. Denn so wie die Abgas-Messungen der drei unten genannten Organisationen vorliegen, sollte mittlerweile gerichtsfest bewiesen sein, dass sich die Diesel in den realen NO_x -Emissionen nicht nennenswert unterscheiden. Oft schnitt die EURO 5-Fraktion sogar am schlechtesten ab.

Es bleibt also spannend, wie sich die Dinge entwickeln werden und wie dieser Widerspruch aufgelöst wird. Wahrscheinlich kommt es zu einer Kombination beider Maßnahmen, man lässt den jüngeren Dieseln also noch ein paar Anstandsjahre.

Für eine Regelung, die weder den Steuerzahler noch die Besitzer teuer kommt, wird es dann zehn Jahre zu spät sein. Hierzu hätte mit der EURO 4 (2005) die Entstickung kommen müssen. Und richtig, so war es am Anfang wohl auch gedacht. Die Diskussion über Stickoxide und Diesel ist nicht neu. Der zuständige Mann des Umweltbundesamtes, Dr. Friedrich, nannte die Problematik dieser Fahrzeuggruppe schon vor über zehn Jahren laut und deutlich beim Namen. Nicht alle Autoteute konnten sich damals vorstellen, dass man auch 2014 noch Diesel ohne Entstickung würde bauen dürfen. In älteren Publikationen wurde vielmehr oft angenommen, dass schon für die 250 mg NO_x der EURO 4, spätestens aber mit der EURO 5 eine teure Abgasnachbehandlung nötig sein werde. Dieser erhöhte Aufwand brachte auch Brennstoffzellen und Hybridtechnik vermehrt ins Gespräch. Diese sind zwar kaum sparsamer als ein Diesel, aber eben wesentlich sauberer.

Nun braucht man für reale 250 mg auf der Straße wohl wirklich eine Entstickung, nicht aber für ein von ausgewählten Fahrzeugen im NEFZ vorzuführendes Kunststoffstückchen auf dem Rollenprüfstand. Selbst die 180 mg der EURO 5 ließen sich so später problemlos meistern. Dann wurde der Herr Friedrich auch noch versetzt, das Thema verschwand aus der Öffentlichkeit und losgelöst vom Rest der Welt blieb die EU eine Diesel-Zone. Nur selten konnte man lesen, dass diese »Meisterwerke der Ingenieurskunst« in anderen Gegenden der Erde nicht so marktgängig sind bzw. gar nicht erst verkauft werden dürfen.

Die Hersteller befinden sich dadurch heute in einer komfortablen Lage: Alleine im deutschen Fahrzeugpark befinden sich etwa zwölf Millionen Diesel, zu 99 Prozent mit eigentlich nicht mehr tragbaren Abgaswerten. Die Forderung nach raschem Ersatz, natürlich um unserer lieben Umwelt willen, wird fast schon von selbst aufgenommen.

Die Rettung wäre natürlich ein EURO 6-Paket zur Nachrüstung oder wenigstens eine vereinfachte Entstickung als Eintrittskarte in die Umweltzonen. Leider sind derartige Angebote nicht in Sicht. Die Dinge liegen hier auch deutlich komplizierter als etwa bei einem Benziner-Nachrüstkat für die Schlüsselnummer 77. Beim Diesel müssen die Partikel regelmäßig abgebrannt werden, der Speicherkat will regeneriert und gelegentlich auch von Schwefelresten befreit werden, die SCR funktioniert bei niedrigen Abgastemperaturen nur unwillig usw. Dies alles verlangt ständige Eingriffe in die Motorsteuerung, die nachträglich nur sehr schwer zu realisieren sein dürften. Und Platz muss die zusätzliche Entstickung ja auch noch finden, von der Bezahlbarkeit ganz zu schweigen.

Als einfache Lösung wäre auch ein alleiniges Software-Update der Motorsteuerungen denkbar, welches den Betriebsbereich des sauberen NEFZ-Modus deutlich ausweitet. Im Stadtverkehr ließen sich so die NO_x-Emissionen auf einen Schlag mindestens halbieren.

Wie auch immer sie aber konkret aussieht, eine Nachrüstung würde Kompetenzen verlangen, wie sie wohl nur bei den Herstellern oder bei den großen Zulieferern zu finden sind. Und die werden sich wie schon damals bei den Benzinern hüten, daran zu arbeiten. Eine Luftverbesserung durch Abwracken und Exportieren dürfte dort auf größere Zustimmung treffen. Das landesweite Knirschen der Schrottpressen könnte Herrn Piëch wieder zu einigen zusätzlichen Lachfalten verhelfen, vielleicht klappt es mit dem »politisch Altern« ja hier einmal so richtig.

Wann es damit losgehen könnte, ist noch die Frage. Im Moment besteht eigentlich gar kein Bedarf, diesen Joker zu ziehen. Die Fabriken der einflussreichsten Hersteller sind auch so bestens ausgelastet. Ein schlechtes Zeichen für Dieselfahrer sollte es aber sein, wenn die »sensatio-

nelle« Erkenntnis, dass Diesel ohne Entstickung viel Stickoxide ausstoßen, mit einem Mal unisono auf allen Kanälen verbreitet wird. Schnell werden aus »Spaßdieseln« dann »Stinker« und »Dreckschleudern«, die alten Artikel über Benziner müssen hierzu nur leicht umgeschrieben werden.

Nun, nach dem mühsamen Recherchieren überwog in diesem Abschnitt einmal das angenehmere Kommentieren und Spekulieren. Was genau auf die Dieselfahrer zukommen wird, wissen nur die Entscheider selbst. Es spricht aber einiges dafür, dass die Mehrkosten für einen EURO 6-Diesel, bevor es 2015 ohnehin Pflicht wird, einmal gut angelegtes Geld sein werden, von der entlasteten Umwelt ganz zu schweigen.

Herkunft der Zahlen

Messungen jenseits des NEFZ führen im deutschen Sprachraum u. a. die folgenden drei Institutionen durch:

1. Der ADAC mit seinem Ecotest,
2. der Touring Club Schweiz (TCS),
3. das Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT) der TU Graz (Österreich).

Trotz unterschiedlicher Ansätze kommen doch alle insbesondere bei den Dieseln auf sehr ähnliche Ergebnisse.

Zusammenfassung

Schadstoffe aus dem Straßenverkehr

1) Ein hohes Gefährdungspotenzial für den Menschen geht derzeit von den kleinen Rußpartikeln aus. Sie werden von den Dieseln bis EURO 4, wenn sie nicht mit einem Partikelfilter aus- oder nachgerüstet wurden, in großer Anzahl ausgestoßen. Mit der EURO 5 sind die Diesel hierin sauber. Dafür werden aber die neuen Benzin-Direkteinspritzer für viele Jahre mit besonders kleinen Partikeln an ihre Stelle treten.

2) Der andere wichtige Schadstoff sind die Stickoxide, und hiervon besonders das NO₂. Haupterzeuger sind wiederum die Diesel. Messungen zeigen, dass sich abweichend von den Grenzwerten die realen NO_x-Emissionen von EURO 0 bis EURO 5 kaum unterscheiden. Obendrein kam es beim NO₂ sogar zu einem starken Anstieg. Erst mit der EURO 6 wird sich in Sachen Stickoxide etwas zum Guten bewegen. Ob sich bei den Benzin-Direkteinspritzern das nächste NO_x-Desaster anbahnt, ist noch nicht abzusehen.

Der Prüfzyklus NEFZ

Das Erfüllen der Normen und ein geringer Schadstoffausstoß in der Praxis haben nur noch wenig miteinander

zu tun. Dies wird auch in Zukunft so bleiben, solange die Euronormen auf dem NEFZ basieren. Denn dieser Zyklus deckt nur den unteren bis mittleren Lastbereich ab, wodurch besonders die Diesel begünstigt werden. Obendrein ist er für die Motorelektronik sehr leicht zu erkennen. Was dann jenseits des NEFZ geschieht, können die Hersteller weitgehend frei entscheiden, ohne bisher Sanktionen fürchten zu müssen. So kommt es beispielsweise dazu, dass gegenwärtig Autos mit NO_x-Emissionen im ADAC-Autobahntest von fast null bis hin zu 2.000 mg neu zugelassen werden. Nebenbei gesagt sind dadurch auch alle Umwelt-Rankings, die nur nach den offiziellen Typprüfungswerten sortieren, ein reiner Zeitvertreib ohne großen Nährwert. Wer hier fundierte Urteile verkünden will, der muss eigene Messungen durchführen.

Altwagen Benzin

Ein warmgefahrter Benziner mit G-Kat, ganz gleich welcher Norm, ist das optimale Auto. Die höheren Euronormen haben unseren Altwagen voraus, dass der Kat nach dem Kaltstart schneller anspringt. Sie sind also besonders im Kurzstreckenbetrieb sauberer. Die größere Sünde der alten Benziner dürften aber die vielen Fahrzeuge mit defektem oder entferntem Kat sein.

Altwagen Diesel

Hohe Partikelemission und zu viel Stickoxide sind die Probleme auch der älteren Dieselfahrzeuge. Ob 80 mg Ruß aus einem EURO 2-Wagen nun schädlicher als 25 mg der EURO 4 sind, muss sich noch zeigen. Unabhängig davon bleibt es aber auch beim Altwagen ein guter Beitrag zum Umweltschutz, keinen Diesel zu fahren. Da es sich im Alter ohnehin fast nie lohnt und bei den meisten Typen nur noch Restbestände an Dieseln vorhanden sind, wurden zur Unterstützung dieses guten Vorsatzes auch alle Diesel aus diesem Buch verbannt. Eine Ausnahme stellen die Busse dar, hier gibt es einfach zu wenig attraktive Benziner.

Neuwagen 2014/15

1) Die EURO 5-Diesel haben bis zuletzt ein massives NO_x-Problem. Erst mit der EURO 6 wird hier ein besseres Niveau erreicht, wenngleich es noch große Streuungen gibt und bisher nur wenige Fahrzeuge das technisch Machbare wirklich konsequent umsetzen. Der ganz große Durchbruch bei den Stickoxiden wird (wieder einmal) auf spätere, wirksamere Abgasnormen verschoben. In Sachen Partikel gibt es dafür Entwarnung. Seit der EURO 5 gehören die Diesel hierin auf einmal zu den saubersten Fahrzeugen.

2) Benziner sind seit dem geregelten Kat die umweltfreundlichsten Autos, dies gilt auch heute noch. Ebenfalls unverändert stellt die Vollastanreicherung seit Jahrzehnten das letzte verbliebene Problem dar, mit

sehr hohen HC- und CO-Emissionen in diesem Betriebszustand und mit unnötig hohem Verbrauch bei schneller Fahrt.

3) Bei den Benzin-Direkteinspritzern sind die Partikel das Thema Nummer eins, die im realen Fahrbetrieb emittierte Anzahl kann im Extremfall um einige Zehnerpotenzen höher ausfallen als die der übrigen Antriebe. Stickoxide werden, je nach Herstellerphilosophie, in einer großen Bandbreite von fast gar nicht bis extrem viel erzeugt. Und zu guter Letzt ist die Vollastanreicherung auch hier weit verbreitet, was dann die gleichen Folgen wie beim normalen Benziner hat. Manche Benzin-Direkteinspritzer vereinen also alle drei großen Umweltsünden in sich, die technisch überhaupt noch möglich sind. Nebenbei wird durch die Vollastanreicherung auch der eigentliche Sinn dieser Technologie, das Benzinsparen, etwas infrage gestellt.

4) Wer sich vor dem Neukauf über die tatsächlichen Schadstoffemissionen eines konkreten Wagentyps informieren will, der ist derzeit auf den ADAC angewiesen. Denn einzig dort gehört zum Autotest auch eine Messung der Abgase. Die Messergebnisse werden aber nicht direkt veröffentlicht, diese wahre Tabelle des Grauens bleibt unter Verschluss. Man erfährt das Abschneiden eines bestimmten Typs nur sehr indirekt in Form eines komplexen Punktesystems (Ecotest Schadstoffe). Für wissenschaftliche und politische Zwecke existieren aber anonymisierte Auswertungen der eigentlichen Messwerte, die z. B. nach Euronormen geordnet sind.

DRITTER TEIL

Fahrzeugteil

Erläuterungen zum Fahrzeugteil

Typbeschreibung

Typ

Hier stehen die Kürzel, anhand derer die jeweilige Modellgeneration noch einmal eindeutig identifiziert werden kann. Wichtig sind diese z. B. bei der Versicherungseinstufung oder bei der Ersatzteilbeschaffung.

Bauzeit

Ganz exakt formuliert: Der Verkaufszeitraum des Hauptmodells in Deutschland. Bestimmte Karosserien wie Kombis oder Cabrios weichen oft um einige Jahre ab. Und gelegentlich können manche Typen auf anderen Märkten auch noch länger angeboten worden sein.

Bestand

Quelle ist die FZ 2 genannte Statistik des KBA vom Juli 2013, Stichtag der Erhebung war der 01. Januar 2013.

TÜV-Info

Hier erfolgt eine stark komprimierte Zusammenfassung des Abschneidens des jeweiligen Typs bei den TÜV-Hauptuntersuchungen. Ausgewertet wurden hierfür die TÜV-Reports von 1993 bis 2007. Aus Gründen der Einheitlichkeit diente, wann immer möglich und sinnvoll, die Ausgabe 2006 als Referenz. Die ältesten Wagen in der TÜV-Statistik sind traditionell elf Jahre alt, mit dem üblichen Jahr Vordatierung werden also im Regelfall die Fahrzeuge des Jahrgangs 1994 beschrieben. Zeigten andere Jahrgänge wesentliche Abweichungen (schwankende Qualität), so wird im Text darauf hingewiesen.

Rostquote

Hiermit ist die Quote der Beanstandungen bei den elfjährigen Fahrzeugen in Prozent gemeint. Von sehr gutem Rostschutz kann man sprechen, wenn dieser Wert bei höchstens einem Prozent liegt. Damit kommt man meist auch bei den 20-Jährigen noch ohne oder mit nur ganz kleinen Schweißarbeiten zurecht.

Einzelpositionen

Erwähnt werden nur Prüfpunkte, bei denen ein Typ deutlich vom Mittel aller Fahrzeuge abweicht. Ein Pluspunkt bedeutet dabei, dass diese Position nur halb so oft wie im Schnitt beanstandet wurde. Ein Minuspunkt weist umgekehrt auf doppelt so viele Mängel wie der Durchschnitt hin. Bei zwei Plus- oder Minuspunkten beträgt der Faktor dann ein Drittel bzw. Drei.

Sonderregeln:

1. Beleuchtung wird nicht betrachtet.
2. Bei der Fußbremse vorn wurden keine Pluspunkte vergeben, da hier ohnehin nur 0,9 % der Fahrzeuge auffällig wurden.
3. Beim Thema Ölverlust/Dichtungen liegt das Feld sehr nah beieinander. Die Grenzwerte wurden daher auf die Faktoren 1,5/2,25 bzw. deren Kehrwerte verschärft. Einen Minuspunkt gibt es also schon für um 50 % erhöhte Beanstandungen.
4. Die Handbremse wird bei der HU in den Disziplinen »Wirkung« und »einseitig« geprüft. Beide Resultate sind hier sinnvoll in einer Angabe zusammengefasst.

Datenblätter

Identifizierung (erste Zeile Tabelle)

Die Unterscheidung der einzelnen Motorisierungen erfolgt, wie in unseren Jahrgängen noch üblich, hauptsächlich anhand des Hubraums. Oft ist dieser auch ein Bestandteil der Modellbezeichnung. Bei BMW und Mercedes geht er indirekt daraus hervor, beispielsweise hat

- ◆ ein BMW 528i 2,8 Liter Hubraum,
- ◆ ein Mercedes 230 E 2,3 Liter Hubraum.

Weicht der tatsächliche Hubraum von diesem Schema ab oder ist anderweitig nicht ersichtlich, so wird er in der Zeile »Motor« noch einmal explizit angegeben.

Bei den ganz alten Fahrzeugtypen wurden bevorzugt die jüngsten Motorisierungen mit Katalysator in die Tabellen aufgenommen.

Bestand

Hier ist der Bestand nach den einzelnen Motorisierungen aufgeschlüsselt. Ähnliche Motoren gleichen Hubraums wurden dabei zusammengefasst.

An diesen Zahlen kann man ablesen, wie groß die Chance ist, auf das entsprechende Modell zu stoßen. Oft sind die interessantesten Maschinen leider besonders selten.

Bei ganz niedrigen Beständen wird die Statistik schnell unzuverlässig, da hierin nur angemeldete Fahrzeuge eingehen und die besonderen Modelle oft auch abgemeldet z. B. auf das H-Kennzeichen warten. Daher wird immer eine Mindestanzahl von 100 Exemplaren angenommen.

Unabhängig davon, für welche Karosserievariante das Datenblatt erstellt wurde, gelten die Bestandszahlen immer für die gesamte Baureihe. Beim VW Golf III beispielsweise schließen sie also den Golf, den Vento, den Golf Variant und das Cabrio mit ein.

Leergewicht in kg

Selbsterklärend. Ein Stadtauto sollte in unseren Jahrgängen klar unter einer Tonne liegen. Bis zu diesem Gewicht braucht man auch nicht unbedingt eine Servolenkung.

Seit 1996 enthalten offizielle Angaben zum Leergewicht 75 kg für den Fahrer. Dieser wenig sinnvollen Norm wird hier nicht gefolgt, vielmehr wurde dieser Betrag bei neueren Werksangaben wieder abgezogen. Damit ist auch die Vergleichbarkeit zwischen älteren und neueren Modellen gewährleistet.

Motor

Hier erfährt man die Bauform und die Zylinderzahl. Beispiele:

- ◆ R4: Reihen-Vierzylinder
- ◆ B6: Sechszylinder-Boxer
- ◆ V8: Achtzylinder in V-Form.

Mit dem Zusatz »77« wird darauf hingewiesen, dass die entsprechende Motorisierung ab Werk nicht mit einem geregelten Katalysator ausgeliefert wurde. Bis heute dürften fast alle Fahrzeuge nachgerüstet worden sein und entsprechend die Schlüsselnummer 77 in den Papieren tragen.

Leistung in kW(PS) bei U/min

Drehmoment in Nm bei U/min

Hier werden die Nennleistung, das Nenndrehmoment und die dazugehörigen Drehzahlen aufgeführt. Neben dem Hubraum dient auch die Leistung als Unterscheidungsmerkmal der einzelnen Modelle (»Golf mit 60 PS zu verkaufen«). In den Fahrzeugpapieren ist die Nennleistung (nur in kW) samt Nenndrehzahl angegeben, nicht aber das Drehmoment.

Generell zu Drehzahlen: Die Leerlaufdrehzahl liegt knapp unterhalb von 1000 U/min, die Höchstdrehzahl eines Benziners bei gut 6000 U/min. Diesel drehen maximal 5000 U/min. Dazwischen liegt die nutzbare Drehzahlspanne, wobei die meisten Motoren unterhalb von 1500 U/min etwas »würgen« und ab 4500 U/min laut werden.

Hinweis: Wissenschaftlich korrekt und eigentlich auch vorgeschrieben ist heute die Schreibweise der Drehzahl als 1/min oder, noch garstiger, als min^{-1} . Der Grund hierfür ist, dass die Umdrehung U ja keine »richtige« Größe ist. Im praktischen Gebrauch bereitet diese Rege-

lung aber Verdruss, da die eigentliche Information (nämlich die Umdrehungen) verloren geht und geschriebenes und gesprochenes Wort so nicht mehr zueinander passen. Niemand geht in die Werkstatt und sagt: »Bei 2000 pro Minute macht er komische Geräusche.« Viel häufiger spricht man nur von Umdrehungen und lässt die Minuten weg.

Höchstgeschwindigkeit in km/h

Selbsterklärend. Und eigentlich gar nicht mehr so interessant, da es kaum noch richtig langsame Autos gibt.

Steigfähigkeit bei 100 km/h in %

Diese Angabe bezieht sich auf den höchsten Gang. Sie stellt eine Art Kehrwert der Elastizität dar (siehe Technik-Kapitel) und dient hier als vernunftbetonte Alternative zur sonst üblichen, aber grotesk praxisfremden Null-auf-Hundert-Beschleunigung.

Für das Mitschwimmen in der Ebene sind 3 % ausreichend. Der durchschnittliche Wagen schafft 5 % und meistert damit auch die gängigen Autobahnsteigungen von 4 % im großen Gang. Ab 7 % fährt man dann sehr kraftvoll.

Geschwindigkeit bei 1000 U/min in km/h

Auch diese Angabe gilt für den größten Gang, sie gibt die Gesamtübersetzung des Fahrzeugs wieder. Der technisch interessierte Leser kann hieraus das zu erwartende Drehzahlniveau ablesen.

Verbrauch in Liter/100 km

Angegeben sind alle drei Disziplinen des damaligen Normverbrauchs, also die Stadtfahrt und die Konstantfahrten bei 90 km/h und 120 km/h. Automatikwerte sind, wie bei allen Fahrwerten, in Klammern gesetzt. Nähere Erläuterungen und typische Zahlenwerte siehe Kapitel »Verbrauch«.

Versicherungsklassen

Sie zeigen die Einstufung des Modells in der Haftpflicht- und in der Teilkasko-Versicherung. Anfänger sollten besonders auf eine günstige Haftpflicht bis maximal etwa Klasse 13 achten. Angegeben sind die Typklassen dabei für die häufigste Karosserieform, passend zu den technischen Daten der Tabelle. Wesentliche Abweichungen ergeben sich aber nur bei Cabrios, sie sind meist spürbar günstiger in der Haftpflicht, dafür aber teurer in der Teilkasko.

Gültig sind die Daten ab 01. Oktober 2014 für ein Jahr, die Quelle ist der GDV. Aktuelle Einstufungen können dort in Heftform bestellt oder online unter www.typklassen.de abgerufen werden.

Maße in mm, Liter

Angegeben wird im Schema: Länge × Breite × Höhe, Kofferraumvolumen. Zusätzliche Karosserieformen werden nur durch die abweichende Länge und das Kofferraumvolumen beschrieben. Bei Kombis erscheint hinter dem Schrägstrich noch das Ladevolumen bei umgelegter Rücksitzbank. Wenn dieser Wert nicht mit Sicherheit normgerecht ermittelt wurde, ist er in Klammern gesetzt.

Für das Zahlengefühl: Die zu Anfang der 90er Jahre gängigen Fahrzeugklassen lassen sich recht genau in Schritten von 25 Zentimetern Länge unterteilen:

- 3,50 m Minis (Twingo, Panda)
- 3,75 m Kleinwagen (Polo, Fiesta)
- 4,00 m Kompaktwagen (Astra, Escort) alias:
Golf-Klasse, untere Mittelklasse
- 4,25 m Stufenheck-Kompaktwagen (Jetta, Lancer)
- 4,50 m Mittelklasse (Mondeo, Passat)
- 4,75 m Obere Mittelklasse (Audi 100, E-Klasse)
- 5,00 m Oberklasse (7er, S-Klasse)

Viele Kompaktwagen mit Stufenheck fallen etwas länger als nach diesem Schema aus (eher 4,35 m) und konkurrieren in Sachen Nutzwert schon mit den kleineren Vertretern der Mittelklasse.

Die normale Breite liegt bei 1,70 m. Bei nur wenigen Zentimetern mehr kann es schon Ärger mit der Zweimeter-Grenze in Autobahnbaustellen geben, da dort das Gesamtmaß inklusive der Spiegel zählt. Wirklich praktisch sind in der Stadt ohnehin nur Fahrzeuge bis 1,60 m.

Eine übliche Fahrzeughöhe beträgt 1,43 m. Das reicht für bequeme Sitze und genügend Innenhöhe auch mit Schiebedach aus. Bei flacheren Autos werden oft auch flachere Sitze vorgesehen. Die Innenhöhe bleibt also (zumindest über den Vordersitzen) erhalten, man sitzt dafür aber mit »sportlich« ausgestreckten Beinen oder angewinkelten Knien.

Als Kofferraumvolumen kann man 250 Liter beim Kleinwagen und gut 300 Liter in der Golf-Klasse erwarten. Eine große Reiselimousine sollte 500 Liter schlucken können (alle Werte nach VDA-Norm).

Das Ladevolumen eines normalen Mittelklasse-Kombis liegt mit umgeklappter Rückbank bei 1500 Litern. Kleine Kombis bieten 1300 Liter, große 1700 Liter. Angaben von 2000 Litern basieren meist nicht auf der VDA-Norm. Korrekt gemessen liegen also alle Kombis ziemlich nah beieinander.

Modelljahr

Den »Jahreswechsel« definieren bei vielen Herstellern abweichend vom Kalenderjahr die Werksferien im Sommer. Neue Modellgenerationen oder tiefergehende technische Änderungen werden oft bei dieser Gelegenheit eingeführt. Ein neues Modelljahr MJ beginnt also meist im Juli/August/September des Vorjahres.

Audi 100/A6

Typ: C4

Bauzeit: 1990 – 1997

Bestand: 57.000

Mit diesem Modellwechsel wurde der Audi 100 vom Aerodynamik-Keil auf Fahrradreifen zu einer klassischen, konservativen Limousine – und das mit relativ dezenten Modifikationen. Das sonst bei Modellwechseln übliche Größenwachstum konnte entfallen, da der Audi 100 im Kreise von 5er BMW und Mercedes 124 innen und außen ohnehin der Größte war. Außerdem musste Audi nach oben ja noch Platz für den kommenden A8 lassen.

Die wichtigste Änderung an der Karosserie ist am besten von vorne zu erkennen: Die Seitenscheiben stehen nun steiler, was das Raumgefühl verbessert und für weniger



Unternehmensarchiv der AUDI AG

Audi 100

Sonneneinstrahlung sorgt. Durch die weniger bauchigen Türen wurde der Audi gleichzeitig schmaler, ohne dass es bei der Innenbreite auffällt. Auch andere Überraschungen im Innenraum bleiben aus, da dieser in fast identischer Form schon aus den letzten Jahrgängen des Vorgängers bekannt war. Nach dem Losfahren spürt man aber doch, dass man in einem anderen Auto sitzt. Der C4 ist schwerer und fester geworden. Der Geräuschpegel ist noch niedriger, es stellt sich nun das Gefühl eines nicht nur großen, sondern auch teuren Autos ein. Seit Ende 1992 gab es wieder einen Avant, der nun wie ein richtiger Kombi gestaltet ist und auf immerhin 41 % des Bestandes kommt. Der Laderaum ist aber zugunsten der schicken Optik begrenzt.

Mitte 1994 wurde der Audi 100 dezent überarbeitet und in A6 umbenannt. Er ist erkennbar an den angeschrägten Lampen vorne und hinten. Weiterhin wurden die Stoßfänger optisch besser in die Karosserie integriert. Leider entfielen die Rahmenkopfstützen, die bisher für ein helleres Raumgefühl und gute Sicht nach hinten sorgten. Sie wurden durch geschlossene Ausführungen ersetzt.

Insgesamt ist der C4 ein äußerst gelungenes Automobil, mit dem Audi technisch zur Konkurrenz mindestens aufgeschlossen hatte. Was ihm noch fehlte, war die Botschaft von Erfolg/Dynamik/Wohlstand etc., welche die beiden erwähnten deutschen Konkurrenten viel selbstverständlicher aussandten. Bekanntlich haben die ehrgeizigen Audi-Leute diesen Mangel heute beseitigt.

Qualität

Auch beim C4 hält die Verzinkung, was sie verspricht, nämlich viele Jahre Fahren ohne Sorge vor Rostbefall. Trotz Zink und einiger weiterer Stärken reichte es aber insgesamt nur für eine durchschnittliche Bewertung beim TÜV. Der Statistik zufolge lag es wieder einmal an den Bremsschläuchen, hier die schlechtesten des TÜV-Reports 2006 überhaopt.

Der ADAC ordnete den Audi immerhin vor den direkten Mitbewerbern ein.

In der Qualität des Innenraums hatte sich Audi damals schon an der Konkurrenz vorbeigearbeitet. Armaturen, Verkleidungen, Sitze – hier stimmt einfach alles.

Antrieb

Gegenüber dem Vorgänger haben die Motoren etwa drei Zentner mehr an Gewicht zu beschleunigen. Für die gleiche Dynamik benötigt man also einen kleinen Nachschlag. Die nach oben verschobene Motorenpalette kommt diesem Ansinnen entgegen, einen zu schwachen Audi 100 gibt es nicht.

Wenn es auf Sparsamkeit ankommt, wird es wohl einer der beiden Zweiliter-Vierzylinder werden. Als Einstieg fungiert dabei ein Normalbenziner mit 101 PS. Im Vergleich zur 90 PS-Maschine des B4 ist er deutlich geglückter. Die Drosselung wird nur leicht ab etwa 3000 U/min spürbar, darunter zieht er genauso gut wie die Version mit 115 PS. Um ihn preislich interessanter zu machen, trat er als ein leicht abgespecktes Einstiegsmodell an, dem z. B. Drehzahlmesser und ABS gestrichen wurden.

TÜV

Rostquote: 0,1 %

++ Hinterachse
 ++ Bremsleitungen
 + Lenkung
 -- Bremsschläuche

Datenblatt Audi 100		1994				
		2,0	2,0	2,3	2,6	2,8
Bestand	–	3.100	5.700	8.700	19.000	6.600
Leergewicht	kg	1310	1325	1370	1400	1400
Motor	–	R4	R4	R5	V6	V6
Leistung	kW(PS) bei U/min	74(101)/5500	85(115)/5400	98(133)/5500	110(150)/5750	128(174)/5500
Drehmoment	Nm bei U/min	157/2750	168/3200	186/4000	225/3500	250/3000
Höchstgeschwindigkeit	km/h	182	191 (188)	202 (199)	210 (208)	218 (216)
Steigfähigkeit bei 100 km/h	%	6,5	6,5 (6,0)	7,0 (7,5)	8,5 (8,5)	8,5 (8,5)
Geschw. bei 1000 U/min	km/h	33,7	33,7 (34,5)	35,6 (34,5)	35,6 (36,1)	37,4 (38,1)
Verbrauch	Liter/100 km					
	bei 90 km/h	6,4	6,7 (7,0)	7,0 (7,7)	7,0 (7,5)	7,3 (7,8)
	bei 120 km/h	7,8	7,8 (8,1)	8,9 (9,6)	8,6 (9,2)	8,9 (9,6)
	Stadtverkehr	10,7	11,1 (11,7)	12,5 (12,8)	12,5 (13,5)	13,0 (13,9)
Haftpflicht/Teilkasko	Klasse	16 / 13	16 / 13	17 / 13	17 / 14	16 / 15
Maße	mm, Liter	4790 × 1775 × 1430, 510 • Avant 390/1310				

Mit 115 PS macht man sicher auch nichts verkehrt. Die bewährte Standardmaschine im VAG-Programm zieht im oberen Geschwindigkeitsbereich etwas besser, klingt dafür aber etwas vernehmlicher. Ihre Verbrauchsangaben sind nicht besonders stimmig, beide Zweilitermodelle sind in der Praxis mit acht Litern gut zu bewegen. Im Bestand spielen die Vierzylinder nicht die dominierende Rolle, die sie im Audi 80 innehaben. Passend zum gediegenen Charakter des C4 griffen die Erstkäufer häufiger zu den teuren Komfort-Maschinen, Audi wird es sicher recht gewesen sein.



Unternehmensarchiv der AUDI AG

Audi 100 Avant

Zu diesen gehört immer noch der Fünfzylinder mit 2,3 Litern Hubraum. Angesichts des gewachsenen Gewichtes ist seine Dynamik hier nicht mehr so bestechend wie in älteren Audis. Es bleibt aber das unvergleichliche Laufgeräusch, das im Übrigen mit jedem Modellwechsel hörbar verfeinert wurde. Der Preis für die Kultur beträgt ziemlich genau einen Liter.

Eine ganz feine Sache sind die neuen, sehr laufigen V6-Motoren. Ob mit (2,8-Liter) oder ohne Schaltsaugrohr (2,6-Liter), der Durchzug ist beachtlich und schlägt die Reihensechser von BMW und Mercedes klar. Im Fahrgefühl ist der Unterschied dabei noch deutlicher als in den angegebenen Steigfähigkeiten, da in der Praxis auch der ganz niedrige Drehzahlbereich eine Rolle spielt. Und die V6 packen schon knapp über 1000 U/min richtig zu.

Audi machte den später eingeführten 2,6 durch einen deutlich günstigeren Preis attraktiver. Zum 2,8 liegen die Differenzen in der Kraft im Streubereich. Für den 2,8 spricht aber heute, wie auch im Audi 80, seine erweiterte Ausstattung. Holzblenden, Veloursbezüge und elektrische Fensterheber vorne mussten in den minderen Modellen dazugekauft werden, was selten geschah. Der 2,8-Liter ist im Übrigen nicht verwandt mit dem VR6 von VW, obwohl Leistung und Hubraum identisch sind. Die Audi-Maschine ist einfach in jeder Hinsicht besser. Eine erwähnenswerte Neuerung war der 4,2-Liter V8 mit 280 oder 290 PS (670 Exemplare), der souveräne 9,0/11,0/18,9 Liter zu sich nimmt. Er wurde in den Sportmodellen S4/S6 verbaut, alternativ zum weiterhin erhältlichen 2,2 Turbo (1.300 Stück).

Ab '95 war ein 1,8-Liter mit 125 PS der neue Basismotor. Er brachte für die Kunden gegenüber den Zweilitern aber kaum eine Verbesserung und blieb mit heute 2.200 Exemplaren eher selten.

Ford Escort IV

Typ: GAL u. a.

Bauzeit: 1990 – 2000

Bestand: 110.000

Selten wurde ein neuer Ford derart frostig empfangen wie dieser Escort, die Fachpresse stellte ihm ziemlich schlechte Zeugnisse aus. Die CVH-Motoren konnten wieder einmal nicht überzeugen, aber auch der allgemeine technische Stand, besonders bezüglich der Sicherheit, hinkte dem Klassenfeld hinterher. Ansonsten bot der Wagen in jeder Hinsicht Durchschnittliches, Highlights suchte man vergebens. Der Chronist Oswald sprach gar von »kleinkariertem Mittelmäßigkeit«.

Bei den echten Mängeln schaffte Ford schnell Abhilfe: Zum Modelljahr '93 gab es ein umfangreiches Facelift mit entsprechenden Änderungen und auch mit neuen



FORD MOTOR COMPANY

Ford Escort '93

Motoren. Die Escort werden seitdem offiziell als sechste Generation bezeichnet. Man erkennt sie am Kühlergrill, welcher nun in der Motorhaube platziert ist. Weniger bedeutend hingegen ist der Wechsel zur Generation sieben im Januar '95, bei dem es vor allem um äußere Retuschen ging. Die Front erhielt rundlichere Details und damit einen Stich ins Japanische, was schon beim Mondeo nicht jedem gefiel. Nebenbei gesagt ist die Unterscheidung in die Generationen fünf, sechs und sieben kaum jemandem geläufig, weshalb hier die gesamte Serie unter »Escort IV« zusammengefasst wurde.

Wichtige Eigenschaften des Escort sind das gute Raumangebot und die eher weiche Federung. Die Sitze wurden vereinzelt als Zumutung bezeichnet, dem Autor ist aber nichts in dieser Richtung aufgefallen. Da viele Modelle im Gewicht nun real oberhalb von 1100 kg liegen, spendierte Ford ab 1,4 Litern Hubraum eine Servolenkung.

Allen Karosserien gemein ist die gute Übersichtlichkeit, mit der sich beim Einparken die große Länge wieder ausgleichen lässt. Vom Vorgänger übernommen hat der Escort das Schrägheck mit dem kurzen Stummel. Diese Versionen mit drei oder fünf Türen machen 45 % des

Bestandes aus, es folgt dichtauf der vergrößerte Kombi mit 41 %. Wiederum ein Nischenprodukt blieb mit 4 % das bis '93 Orion genannte Stufenheckmodell. Heute wird es selbst vom Cabrio (10 %) überflügelt.

Qualität

Oft hört man das Gerücht, dass sich der Rostschutz in den späteren Jahren verbessert hätte. Dem war leider nicht so, mit schönster Gleichmäßigkeit lag die Quote auch in späteren TÜV-Reports weiter bei 20 %. Der Rost ist damit das Hauptproblem, jüngere Escort für viel Geld sind eine schlechte Investition. Im Gegensatz zu Opel hat es Ford irgendwie geschafft, dass der braune Fraß weitgehend im Verborgenen wütet und die Karosserie äußerlich meist ansehnlich bleibt. Ein guter optischer Eindruck kann also sehr täuschen.

Insgesamt fiel der Wagen beim TÜV deutlich häufiger durch als der Schnitt. Die Mängel waren dabei gleichmäßig verteilt. Statistisch auffällig wurden nur die Achsen, die hintere sogar in positiver Hinsicht.

Beim ADAC gab es keine Auffälligkeiten, der Escort rangierte im Mittelfeld. Ebenfalls unauffällig ist die Verarbeitung, sie entspricht einfach dem damals Üblichen.

Antrieb

Vielen Käufern schien der Escort schon zu schwer für den 1,3-Liter zu sein. Die nackte PS-Leistung verrät ja auch nicht direkt, dass dieser im normalen Drehzahlbereich genauso kräftig anzieht wie der 1,4 CVH. Dabei läuft er leiser und spart einiges an Benzin.

Zur dennoch höheren Stückzahl des 1,4-Liters hat sicher auch beigetragen, dass Ford ihn so günstig anbot. Der Mehrpreis lag beispielsweise 1993 bei 500 DM, sehr wenig Geld für elf zusätzliche PS.

Immerhin war Ford der schlechte Ruf des CVH nicht verborgen geblieben. Er heißt daher ab 1995 PT-E und leistet 75 PS. Ebenso wie die 73 PS-Version des Fiesta wurde er mit einer Multipoint-Einspritzung und einem verstärkten Kurbelgehäuse aufgewertet. Der Erfolg dieser Maßnahmen beeindruckt leider wenig. Der Ver-

TÜV

Rostquote: 19,8 %

+ Hinterachse

– Vorderachse

Datenblatt Ford Escort		1993				
		1,3	1,4	1,6	1,8	2,0 RS 2000
Bestand	–	3.000	27.000	62.000	10.000 ¹	340
Leergewicht	kg	1000	1040	1085	1085	1165
Motor	–	R4	R4	R4	R4	R4
Leistung	kW(PS) bei U/min	44(60)/5000	52(71)/5600	66(90)/5500	77(105)/5500	110(150)/6000
Drehmoment	Nm bei U/min	101/2500	103/4000	134/3000	153/4000	190/4500
Höchstgeschwindigkeit	km/h	153	163	177	187/187	208
Steigfähigkeit bei 100 km/h	%	3,5	3,5 (n. a.)	4,5	6,0/7,0	9,0
Geschw. bei 1000 U/min	km/h	34,3	34,3 (46,5)	36,4	36,4/32,4	32,3
Verbrauch	Liter/100 km					
	bei 90 km/h	5,4	6,0 (6,3)	5,7	6,2/6,3	6,1
	bei 120 km/h	7,1	7,7 (7,9)	6,9	7,7/7,9	7,7
	Stadtverkehr	8,1	9,6 (11,2)	9,1	9,7/10,1	11,4
Haftpflicht/Teilkasko	Klasse	17 / 12	17 / 12	17 / 13	18 / 15	18 / 23
Maße	mm, Liter	4105 × 1695 × 1395, 380 • 4-Türer 4230, 490 • Turnier 4270, 460/1425				
¹ inkl. 115 PS und 130 PS						

brauch bleibt zu hoch und die Maschine immer noch unkultiviert. Der PT-E knackt im Stadtverkehr sogar die 10 Liter-Marke, während jüngere 1,3-Liter noch sparsamer wurden.

Aber auch im Vergleich mit den stärkeren Motoren sieht der 1,4-Liter alt aus. Diese stammen aus der Zetec-Familie und wurden zum Modelljahr '93 eingeführt. Alle sind Vierventiler und man kann lobend sagen, dass sie den damaligen Stand der Technik repräsentieren. Das Laufgeräusch ist wohl etwas kernig, dabei aber weit entfernt



Ford Escort '95 Turnier

vom Lärm des CVH. Am meisten gefragt war der 1,6-Liter mit 88/90 PS. Die lange Übersetzung macht ihn nicht ganz so spritzig, dafür lassen sich aber lange Autobahnstappen ruhig und sparsam hinter sich bringen. Druckvoller geht es mit 1,8 Litern und 105 PS voran. Das gilt besonders für den kürzer übersetzten XR3i, dessen Fahrwerte im Datenblatt hinter dem Schrägstrich angegeben sind. Einen weiteren XR3i mit 130 PS gab es fast ausschließlich als Cabrio (770 Exemplare).

Ab dem Modelljahr '96 brachte der 1,8-Liter dann immer 115 PS. Diese Ausführung ist kräftiger und auch noch sparsamer als die Version mit 105 PS.

Topmodell war, mit dem gebührenden Abstand, der besonders sportliche RS 2000. Seine Maschine stammt nicht aus der Zetec-Serie, sondern basiert noch auf dem DOHC des Sierra. Selbstredend ist er kurz übersetzt – und im Originalzustand schwer aufzutreiben.

Nicht im Datenblatt findet sich der 1,6-Liter CVH mit 105 PS, der nur bis zum ersten Facelift verbaut wurde. Der Vergleich mit dem modernen 90 PS-Motor geht wie folgt aus: Gleiche Übersetzung, gleicher Durchzug, obenherum mehr Leistung, aber viel mehr Lärm und höherer Verbrauch. Der Bestand von 1.900 Stück ist im Vergleich zu den neueren Maschinen unbedeutend.

Automatikfreunde kommen beim Escort nicht auf ihre Kosten. Nur in den ersten beiden Jahren war der 1,4-Liter mit der stufenlosen CTX lieferbar. Funktionsfähige Exemplare sind heute fast nicht mehr zu finden, die Ausfallquote ist hoch. Der Eindruck des Autors bei einer Testfahrt schon vor gut 20 Jahren: noch nicht ganz ausgereift, die Technik. Bei zügigem Abbremsen, z. B. vor einer roten Ampel, würgte die Automatik den Motor jedes Mal fast ab. Der Mechanismus kam einfach nicht schnell genug nach. Dazu ließen Rattern und Unsauberkeiten bei bestimmten Übergängen schon einigen Verschleiß erahnen, obwohl die Laufleistung dieses Wagens erst etwa 20.000 km betragen hatte. Angenehm hingegen wirkte das niedrige Drehzahlniveau beim sanften Beschleunigen und bei Konstantfahrt.

Mercedes S-Klasse

Typ: 126

Bauzeit: 1979 – 1991

Bestand: 16.000

Der Typ 126 war mit knapp 900.000 produzierten Exemplaren der bisher erfolgreichste Vertreter der S-Klasse. Für viele ist er der schönste noch dazu. In der Tat kombiniert er eine dynamische, gestreckte Linienführung mit dem klassisch-repräsentativen Auftritt. Zugeständnisse an die Aerodynamik sind nach heutigen Maßstäben kaum zu erkennen. Die Motorhaube ist lang und fast waagrecht, dazu stehen die Scheiben ziemlich steil. Letztere sind, wie es sich gehört, mit reichlich glänzendem Metall eingefasst.

Der gesamten Ausstrahlung können auch die Kunststoff-Stoßfänger und die breiten seitlichen Beplankungen nur wenig anhaben. Gerade die Seitenteile waren immer



Mercedes S-Klasse

umstritten, für ein repräsentatives Fahrzeug wurde hier zu sehr auf profanen Nutzwert geachtet. Erst ab Ende '89 hoben sich die Kunststoffe weniger von der Lackierung ab, da sie von da an in einer größeren Anzahl an Farben (nunmehr 16 statt 4) gefertigt wurden.

Innen herrscht uneingeschränkt der Eindruck eines klassischen Mercedes solidester Bauart vor. Nichts sieht nach billigem Plastik aus, alle Schalter gehen schwer und rasen klar ein. Die Belüftungsdüsen sind aus Metall. Speziell mit der altmodischen Veloursausstattung ist noch viel Ähnlichkeit zum '72 präsentierten Vorgänger (Baureihe 116) zu spüren.

Die vorderen Sessel sind äußerst bequem. Der Zielgruppe angemessen sind sie aber auch ganz schön breit, was schlanken Menschen einen geringen Seitenhalt beschert. Dazu passend ist das Platzangebot vorne auch sehr gut, hinten dagegen fällt es nicht ganz so üppig aus. Vier Erwachsene kommen sich in der S-Klasse immerhin nicht in die Quere, was man bei fünf Metern Außenlänge aber auch erwarten kann. Richtig großzügig wird der hintere Knieraum erst im 14 Zentimeter längeren SEL. Wenn dort der Chef hinten sitzen sollte, wurde gerne die

Einzel Sitzanlage aus dem Coupé SEC verbaut, da die normale Sitzbank es ein wenig an Ausformung vermissen lässt. Beim Coupé selbst, das 19 % des Bestandes ausmacht, ist der Radstand um 8,5 Zentimeter verkürzt. Das hintere Platzangebot erinnert dann eher an die Kompaktklasse.

Das Fahrwerk des 126 wurde auf hohe Geschwindigkeiten ausgelegt. Voll besetzt lassen sich lange Strecken so fast ermüdungsfrei und ohne Schaukelei zurücklegen. Umgekehrt heißt das aber auch, langsam und mit nur einer Person an Bord über schlechte Straßen zu fahren, führt doch zu einer kleinen Enttäuschung. Man versteht dann, was die Tester vor 30 Jahren mit »eingeschränktem Langsamfahrkomfort« meinten: Kurze Stöße werden nicht gut absorbiert, die beiden kleineren (und moderneren) Markenbrüder können das klar besser. Linderung bringt zum Glück das Altern von Federn und Stoßdämpfern. Manche Besitzer genießen dieses sanft wiegende Fahrgefühl jahrelang, auch wenn die Wagen hinten schon gefährlich tief durchhängen.

Wenig gefragt sind die vor September 1985 gebauten Modelle. Das hat auch seine Gründe. Sie sind technisch in vieler Hinsicht schwächer und rosten vor allem viel mehr. Die Schalldämmung ist weniger gut, den alten Sechszylinder im 280 empfindet man heute schon als regelrecht laut. Einen besonderen Youngtimer-Reiz zum Ausgleich bieten diese Wagen leider nicht, eher im Gegenteil: Die alten, geriffelten Seitenplanken wirken besonders unschön und sind durch mehr als 25 Jahre Sonnenlicht meist stark gebleicht und rau. Auf lange Sicht sollte sich immerhin die Abwesenheit vieler sündhaft teurer elektronischer Komponenten positiv bemerkbar machen.

Qualität

Der äußerst solide Eindruck korrespondiert mit den sehr guten Ergebnissen bei TÜV und ADAC. Dies sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass man in die Fahrzeuge gewöhnlich mehr investiert als geplant. Ein Pro-

TÜV

Rostquote: 0,4 %

- ++ Vorderachse
- ++ Hinterachse
- ++ Bremse hinten
- ++ Bremsleitungen
- ++ Bremsschläuche
- + Antriebswellen
- Lenkung

Datenblatt Mercedes S-Klasse		1990				
		260 SE	300 SE	420 SE	500 SE	560 SE
Bestand	–	1.800	4.500	1.900	2.900	1.900
Leergewicht	kg	1570	1570	1640	1670	1800
Motor	–	R6	R6	V8	V8	V8
Leistung	kW(PS) bei U/min	118(160)/5800	132(180)/5700	165(224)/5400	185(252)/5200	205(279)/5200
Drehmoment	Nm bei U/min	220/4600	255/4400	325/4000	390/3750	430/3750
Höchstgeschwindigkeit	km/h	200 (195)	205 (200)	(220)	(230)	(240)
Steigfähigkeit bei 100 km/h	%	4,5 (7,0)	6,0 (8,5)	(8,0)	(8,5)	(12,0)
Geschw. bei 1000 U/min	km/h	42,8 (34,2)	42,8 (34,2)	(48,0)	(52,9)	(45,6)
Verbrauch	Liter/100 km					
	bei 90 km/h	7,7 (9,1)	8,0 (9,4)	(9,1)	(9,4)	(11,1)
	bei 120 km/h	10,1 (11,5)	10,3 (11,8)	(11,3)	(11,7)	(13,6)
	Stadtverkehr	14,3 (13,8)	14,5 (14,2)	(15,4)	(16,2)	(17,6)
Haftpflicht/Teilkasko	Klasse	12 / 19	12 / 19	15 / 20	15 / 20	15 / 20
Maße	mm, Liter	5020 × 1820 × 1435, 505 • SEL 5160 • SEC 4935				

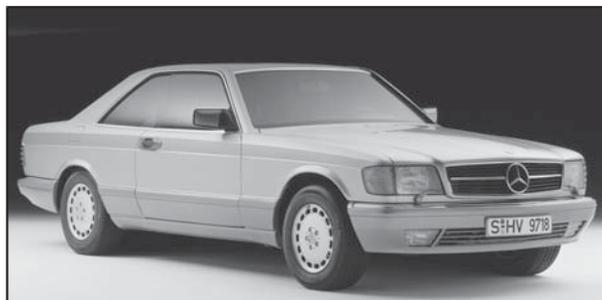
blem sind die hohen Laufleistungen. Traditionell fuhren diese Wagen in der ersten Zeit 25.000 km pro Jahr. Exemplare mit ehrlichen 200.000 km oder gar weniger auf dem Tacho sind daher heute sehr selten und kosten Aufpreis. Bei fehlenden Nachweisen sollte man direkt von 300.000 Kilometern und mehr ausgehen. Starke Klappergeräusche aus den Türen sind übrigens ein Zeichen von liebloser Wartung. Eine kundige Werkstatt hätte das mit wenigen Handgriffen behoben.

Antrieb

Die S-Klasse wurde fast immer mit Automatik ausgeliefert. Die Sechszylinder sind dann sehr kurz, die Achtzylinder jedoch extrem lang übersetzt. Als Folge weisen alle Versionen bis hinauf zum 500er auf der Autobahn den gleichen Verbrauch auf, nämlich etwa elf bis zwölf Liter bei gemüthlicher Fahrt. Die Frage, welche Motorbauart angemessener ist, hat der Markt daher auch wie folgt entschieden: Achtzylinder sind deutlich teurer. In der Tat überzeugt hier das souveräne Gefühl, den schweren

Wagen mit dem kleinen Zeh auf dem Gas in Bewegung zu setzen und besonders den Stadtverkehr mit lediglich leicht erhöhter Leerlaufdrehzahl zu absolvieren. Die Sechszylinder wirken dafür auf der Landstraße agiler, da sie den weichen Bereich der Automatik öfter verlassen. Egal ob sechs oder acht Zylinder: Das Anfahren geht auch mit 252 PS noch eher gemächlich vor sich, da es im Normalfall im zweiten Gang der Automatik erfolgt. Der 260 ist spürbar schwächer als der 300. Bei den Achtzylindern 420 und 500 sind die Unterschiede geringer. Der 420er macht sein geringeres Drehmoment zum Teil durch die kürzere Übersetzung wieder wett. Nebenbei ist er das stärkste Modell ohne Anfahrtauchreduzierung, geht also beim Losfahren hinten noch richtig in die Knie. Damit es keine Enttäuschung gibt: Die Achtzylinder sind nicht auf Motorsound, sondern auf absolute Ruhe ausgelegt. Allenfalls bis 1500 Touren lässt sich die Bauart akustisch erahnen. Auf der Autobahn überwiegen immer die sonstigen Fahrgeräusche.

Der 560 war als distanzierteres Spitzenmodell wie einst der 450 SEL 6,9 gedacht. Sein hohes Gewicht kommt auch durch die umfangreichere Serienausstattung zustande. Da die kleineren Achtzylinder meist mit entsprechenden Extras vollgepackt wurden, ist der Abstand real geringer. Der 560 bietet in allen Lebenslagen 30 % mehr Schub an der Hinterachse als der 500. Das meiste davon geht auf das Konto der kürzeren Übersetzung. Diesen Luxus erkaufte man sich aber leider auch mit dem höchsten Autobahn-Verbrauch aller Autos in diesem Buch. Zum Trost rüstet ihn die Fa. Wurm sogar auf D4 auf.



Daimler AG

Mercedes SEC

Opel Corsa B

Typ: -

Bauzeit: 1993 – 2000

Bestand: 500.000

Auch die zweite Generation des Opel Corsa ist mittlerweile preislich weitgehend in unsere Reichweite gelangt. Sie wirkt heute immer noch relativ modern, auch weil ihr Nachfolger Corsa C optisch nur behutsam verändert wurde. Man liegt im Übrigen nicht falsch, wenn einem die Linien etwas fernöstlich vorkommen, schließlich zeichnete für das Design hauptsächlich ein Japaner (Hideo Kodama) verantwortlich.

Die rundliche Form verbirgt geschickt, dass der Corsa beim Modellwechsel 1993 deutlich gewachsen war und nun die beliebten Golf I-Dimensionen erreicht hat. Das Raumangebot entspricht damit endlich dem der Konkur-



Opel Corsa

renz, wenn auch der Polo 6N die Messlatte später wieder etwas höher gelegt hat. Zwei Erwachsene und zwei Kinder müssen immerhin keine Einschränkungen hinnehmen, für eine ganze Weile kann man sich auch mit vier Erwachsenen arrangieren.

Den Corsa B gab es mit drei (75 %) oder mit fünf Türen (25 %). Letztere Version hat kein größeres Raumangebot für die Passagiere. Durch ihr steileres Heck kann sie jedoch, besonders mit umgeklappter Rückbank, etwas mehr Gepäck mitführen.

Platzmäßig erfüllt der Corsa seit dem Modellwechsel also die Erwartungen. Etwas enttäuschend fielen hingegen die Fortschritte im Bereich des Fahrkomforts aus. Auf der Langstrecke ist der Corsa weiterhin klar ermüdender als Polo oder Fiesta. Dazu trägt zum einen das straffe Fahrwerk bei, welches kleine Unebenheiten schlecht verdaut. Zum anderen stört der Geräuschpegel, den der kleine Opel nicht erst im hohen Alter entwickelt. Das war so nicht zu erwarten, schließlich wirkte der Corsa B bei der Präsentation im Innenraum deutlich wertiger und erwachsener als sein Vorgänger. Die Extras der »Großen« wie ABS, Servolenkung oder Klimaanlage waren nun lieferbar. Und nicht zuletzt wurde in den ers-

ten Tests auch eine starke Gewichtszunahme registriert. Sie geht dann wohl doch eher auf die verbesserte Sicherheit zurück als auf Maßnahmen zur Schalldämmung oder Entdröhnung.

Qualität

Ein zwiespältiges Bild bot die TÜV-Statistik. Auf der einen Seite kam die Technik dort sehr gut weg. Opel hatte fünf Komponenten, die sonst für regelmäßige Werkstattumsätze sorgen, auffallend solide gemacht. Echte Schwachpunkte zeigten sich hingegen keine.

Auf der anderen Seite steht der schlechte Rostschutz, der gegenüber dem Vorgänger kaum verbessert wurde. Insgesamt führte dies zu einer knapp überdurchschnittlichen Bewertung beim TÜV. Seit dem kleinen '97er Facelift (Modelle mit Seitenblinkern) wurde die Karosserie besser konserviert, mit einer Rostquote von knapp sechs Prozent scheint das Machbare erreicht zu sein.

Zur wenig haltbaren Karosserie passt der allgemeine Qualitätseindruck. Auch dieser Opel ist, wie sein Vorgänger, eine rechte Klapperkiste. Bei höheren Kilometerständen inszeniert er schon mal eine nervige Geräuschkulisse aus dröhnendem Blech und verschlissenen mechanischen Komponenten. Wenigstens gehörte er immer zu den zuverlässigen Autos – zumindest in jungen Jahren, in denen die ADAC-Pannenstatistik ja immer erstellt wird.

Antrieb

In den ersten Baujahren wurden die Motoren fast unverändert aus dem Corsa A übernommen. Wie zuvor zeichnen sie sich durch Sparsamkeit bei mäßiger Laufkultur aus.

Den 1,2-Liter mit 45 PS gab es nur noch mit der extrem langen Übersetzung. Damit erreicht er Traumwerte beim Verbrauch, ist aber im Fünften nur noch in der Waage-rechten zu gebrauchen. Insgesamt also eine etwas fragwürdige Jagd nach Vorzeigewerten.

TÜV

Rostquote: 13,4 %

- ++ Vorderachse
- ++ Hinterachse
- ++ Antriebswellen
- ++ Bremsleitungen
- ++ Bremschläuche

Datenblatt Opel Corsa B		1994				
		1,2	1,4	1,4 Si	1,4 16V	1,6 GSi
Bestand	–	147.000	122.000	1.200	12.000	660
Leergewicht	kg	855	865	865	905	960
Motor	–	R4	R4	R4	R4	R4
Leistung	kW(PS) bei U/min	33(45)/4600	44(60)/5200	60(82)/5800	66(90)/6000	78(106)/6000
Drehmoment	Nm bei U/min	88/2800	103/2800	114/3400	125/4000	150/4000
Höchstgeschwindigkeit	km/h	145	155 (145)	173	180 (172)	195
Steigfähigkeit bei 100 km/h	%	2,5	4,5 (4,5)	7,0	7,0 (5,5)	8,5
Geschw. bei 1000 U/min	km/h	38,9	34,8 (33,9)	29,2	30,8 (33,9)	31,7
Verbrauch	Liter/100 km					
	bei 90 km/h	4,4	5,2 (6,0)	5,4	5,2 (5,7)	5,3
	bei 120 km/h	6,2	6,9 (7,8)	7,2	7,2 (7,7)	7,2
	Stadtverkehr	7,2	8,6 (8,8)	9,1	8,5 (9,7)	9,0
Haftpflicht/Teilkasko	Klasse	14 / 11	14 / 12	16 / 13	16 / 13	16 / 21
Maße	mm, Liter	3730 × 1610 × 1420, 260 • 5-Türer 280				

Die Gewichtszunahme machte für mehr Kunden als beim Corsa A den Griff zur nächsthöheren Motorisierung attraktiv. Mit 60 PS ist man auf der Autobahn wieder im Reich der Lebenden, der Mehreinsatz an Benzin ist gerechtfertigt. Ein knapper weiterer Liter kommt jedoch hinzu, wenn man sich für die Automatik entscheidet. Sie entwickelt das gleiche Drehzahlniveau wie das Schaltgetriebe.

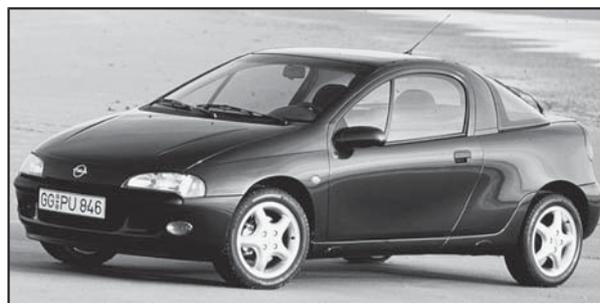
Eine weitere Stufe höher rangiert beim Corsa wie gehabt der leistungsgesteigerte 1,4-Liter. Der Bestand an dieser »kleinen Sportversion« ist erfreulich hoch. Im ersten Jahr wurde dabei noch die Si-Maschine mit 82 PS eingesetzt. Neu ist die nun kurze Übersetzung, die viel besser zum sportlichen Charakter passt und dem Corsa auf der Autobahn zu einem kraftvollen Antritt verhilft. Ab Herbst 1994 löste den Si dann der Sechzehnventiler mit 90 PS ab, bei sehr ähnlichen Darbietungen und leicht abgelenktem Verbrauch.

Seltener blieb hingegen der echte GSi. Im Corsa B treibt ihn ein moderner Sechzehnventiler mit 106 PS (anfangs 109 PS) an. Trotz des Mehrgewichts bleibt dank des höheren Drehmoments der sehr gute Durchzug des Vorgängers erhalten, hinzu kommt eine gesteigerte Höchstgeschwindigkeit. Ungewöhnlich: Ab Herbst '95 ließ Opel die Verspoilerung weg, im Jahre 1997 lief der GSi dann ganz aus.

Zu diesem Zeitpunkt kamen dafür am unteren Ende der Palette neue, noch sparsamere Motoren ins Programm. Den Einstieg bildet seitdem ein Einliter-Dreizylinder mit 55 PS, der einfache 1,4-Liter wich einem 1,2-Liter mit 65 PS.

Der Sportwagen Tigra

Die von Großserienfahrzeugen abgeleiteten Sportwagen basieren normalerweise auf der Golf-Klasse (Corrado, MX-3) oder der Mittelklasse (Calibra). Opel lancierte 1994 mit dem Tigra einen der wenigen Flitzer auf Kleinwagenbasis. Das Platzangebot ist dementsprechend auch



Opel Tigra

bescheiden. Hinten befinden sich zwei Notsitze, und auch vorne ist weniger Raum als im Corsa. Eingebaut wurden ausschließlich die beiden Sechzehnventiler mit 1,4 Litern (90 PS) und 1,6 Litern Hubraum (106 PS). Neben dem auffälligen Design bietet der Tigra durch die gute Aerodynamik auch einen handfesten Mehrwert: Er läuft schneller und ist auf der Autobahn etwa einen halben Liter sparsamer als der entsprechende Corsa. Vorhanden sind noch, nicht enthalten in der Tabelle, 12.000 1,4-Liter und über 3.700 Tigra 1,6.

Volkswagen Passat III

Typ: 35i

Bauzeit: 1988 – 1996

Bestand: 147.000

Nachdem der Vorgänger 32B nur noch in Restbeständen vorhanden ist und immer mehr zum Liebhaberstück wird, hat seine Rolle auf dem Markt nun der 35i übernommen. Sie lautet: häufigster Kombi der Mittelklasse im Billig-Segment. Die ersten Exemplare werden nun auch schon 26 Jahre alt, insgesamt ist die Reihe derzeit (2014/15) für uns genau im richtigen Alter.

Optisch macht der neue Passat betont wenig her, besonders der Nachfolger hat in dieser Beziehung mehr zu bieten. Die Schnauze des 35i ist platzsparend verkürzt und abgesenkt, bei der Limousine wird das Ganze betont unharmonisch mit einem wuchtigen Stufenheck kombi-



VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT

VW Passat Variant bis '93

niert. Für diese Art Groß-Vento konnte sich dann auch nur ein gutes Zehntel der Käufer begeistern. Der große Rest wählte den Kombi namens Variant, nicht mehr angeboten wurde die Version mit Schrägheck. Der Variant kann immerhin eine gefälligere Gestaltung vorweisen, auch er bleibt aber insgesamt nüchtern bis zur Selbstverleugnung. Grau war in den ersten Jahren eine sehr beliebte Farbe. Auch der besten Ausstattung spendierte VW nicht die kleinste Zierleiste, ebenso gehörten die schillernden Veloursitze des alten GL der Vergangenheit an. Bis zum Facelift Ende '93 durfte der Passat nicht einmal einen Kühlergrill tragen, sondern musste einen Teil der benötigten Luft durch das VW-Emblem ansaugen.

Die gedrungene Erscheinung des Passat dient natürlich einem Zweck: der Steigerung des Raumangebotes ohne wesentlichen Zuwachs an Gesamtlänge. Im 35i wurde daher der Motor quer eingebaut, dadurch konnte der Vorderwagen verkürzt und der Radstand vergrößert werden.

Das Resultat überzeugt über alle Maßen: Der Beinraum hinten ist riesig und es bedarf schon der verlängerten Oberklassewagen von BMW oder Mercedes, um hier

noch etwas draufzulegen. Und was in diesen Kreisen als besonders fein gilt, hielt nun sogar in der Mittelklasse Einzug: Anfangs war bei den Limousinen in GL- und GT-Ausstattung die »multivariable Rücksitzbank« eingebaut. Bei ihr lässt sich auf jeder Seite einzeln die Sitzfläche um acht Zentimeter nach vorne ziehen. Die Lehne bekommt dadurch eine flachere Neigung, ähnlich der Schlafstellung im Flugzeug. Die Möglichkeit zum Umklappen und Durchladen bestand dabei weiterhin. Leider hat VW dieses Feature schon nach wenigen Jahren zugunsten einer abschließbaren Sitzlehne verworfen.

Bequem sitzt man natürlich auch auf der normalen Rückbank. Und erst recht auf den Vordersitzen, die VW-typisch hoch ausgefallen sind. Weiterhin ist der Passat komfortabel abgestimmt und motorseitig recht leise.

Beim Fahrverhalten warten keine bösen Überraschungen. Allerdings kann es noch einige Modelle ohne Servolenkung geben, da sie in den ersten Jahren erst bei mehr als 90 PS serienmäßig war.

Das Facelift Ende '93 brachte dem Passat wieder einen normalen Kühlergrill ein. Erst auf den zweiten Blick erkennt man, dass nebenbei fast

kein Außenblech gleich geblieben war. Die Seiten wurden geglättet und die Beleuchtung vorne und hinten komplett geändert. Hauptziel war neben der Verschönerung eine Versteifung und damit eine Erhöhung der Crash-Sicherheit. Die Innenausstattung blieb vom Design her unangetastet, die Kunststoffe erhielten aber griffsympathischere Oberflächen.

Die Ausstattungsstufen des Passat lauteten auf CL (Basis), GL (etwas luxuriöser) und GT (sportlich). Zum letztgenannten Paket gehörte zum Glück keine Tieferlegung, sodass der GT auch für Normalfahrer interessant sein kann. Seine wichtigste Errungenschaft sind die Sportsitze mit besonders gutem Seitenhalt.

Qualität

Beginnen wir mit dem Rostschutz, der ist nämlich gut. Der Passat kann unbeschadet viele Jahre auf der Straße parken. Die ersten Jahrgänge kamen sogar auf eine hervorragende Quote von nur 0,4 %.

TÜV

Rostquote: 1,1 %

- Hinterachse
- Bremsleitungen

Datenblatt VW Passat III Variant		1990				
		1,6	1,8	1,8	2,0 16V	1,8 G60
Bestand	–	1.700	19.000	2.000	970	350
Leergewicht	kg	1135	1155	1180	1235	1345
Motor	–	R4	R4	R4	R4	R4
Leistung	kW(PS) bei U/min	53(72)/5200	66(90)/5250	79(107)/5400	100(136)/5800	118(160)/5600
Drehmoment	Nm bei U/min	125/2750	142/3000	154/3800	180/4400	225/3600
Höchstgeschwindigkeit	km/h	161	172	184 (182)	199 (197)	210
Steigfähigkeit bei 100 km/h	%	4,5	5,5	5,5 (5,5)	6,5 (6,5)	7,5
Geschw. bei 1000 U/min	km/h	34,8	34,8	37,3 (36,5)	37,3 (36,5)	36,0
Verbrauch	Liter/100 km					
	bei 90 km/h	6,0	6,4	5,9 (6,7)	6,7 (7,3)	7,1
	bei 120 km/h	8,0	8,3	7,7 (8,4)	8,5 (9,0)	9,7
	Stadtverkehr	10,2	11,2	10,7 (11,0)	12,5 (12,5)	13,5
Haftpflicht/Teilkasko	Klasse	15 / 13	15 / 13	16 / 14	15 / 17	15 / 21
Maße	mm, Liter	4570 × 1705 × 1450, 465/1500 • Limousine 4575, 495				

Insgesamt wurde die TÜV-Prüfung mit einer durchschnittlichen Anzahl von Mängeln absolviert. Besondere Stärken gab es dabei außer der Karosserie keine, häufig beanstandet wurden hingegen die Hinterachse und die Bremsleitungen.

In Sachen Zuverlässigkeit landete der Passat anfangs im Mittelfeld. Spätere Jahrgänge ließen etwas nach, der ADAC führte ihn dann auf den unteren Plätzen.

Damit wären wir beim leidigen Thema der sonstigen Qualität angelangt. Der Passat wirkt zwar etwas solider als der Golf III, aber auch hier können penible Vorbesitzer ganze Ordner mit Reparaturrechnungen aus dem Regal ziehen. Große Sachen findet man seltener darunter, es dominieren viele ärgerliche Kleinigkeiten im zwei- und dreistelligen Preisbereich. Es bleibt für uns die Hoffnung, dass sich das normalisiert, wenn im Alter alles getauscht worden ist.

Eine wesentliche Verbesserung der Qualität war mit dem Facelift '93 leider nicht verbunden. Sicher, die Karosserie sollte nun fester sein und zeigt das Bemühen um exakte Spaltmaße. Aber in Sachen Klappern und Defekten lässt sich kein Fortschritt ausmachen.

Erste Motorengeneration

Beim Passat ist die Limousine arg in der Minderheit, daher sind die technischen Daten hier ausnahmsweise für den Kombi angegeben. Die Limousine verbraucht bei Tempo 120 etwa 0,3 Liter weniger, falls man die Werte mit denen der Konkurrenz oder des Vorgängers vergleichen will.

Gegenüber dem alten Modell hat der Passat real mindestens drei Zentner an Gewicht zugelegt. Insgesamt fehlt den schwächeren Versionen damit die alte Spritzigkeit im unteren Geschwindigkeitsbereich. Auf der Autobahn hingegen sorgt die gute Aerodynamik und der Wegfall der Spargänge für einen gewissen Ausgleich, der Wagen wirkt hier relativ leichtfüßig.

Mit 72 PS erhält man schon ein für alle Zwecke ausreichendes Leistungsangebot. Der 1,8-Liter mit 90 PS vereinfacht das schnelle Reisen auf bergigen Autobahnen. Der Verbrauch dieser beiden Normalbenziner bleibt auch akzeptabel.

Die nächststärkere Alternative stellt der 1,8-Liter mit 107 PS dar, welcher unschwer als die GTI-Maschine aus dem Golf II zu erkennen ist. Sie ist höher verdichtet und bietet über weite Bereiche mehr Kraft als der normale 1,8-Liter. Dieser Bonus wird zwar durch die längere Übersetzung wieder geschluckt, durch diese Kombination entstand aber der Sparsamste der ersten Passat III. Richtig schnell wird es erst mit dem Zweiliter und dessen 136 PS. Sein Nachteil ist der etwas hohe Verbrauch im Stadtverkehr, er kämpft anscheinend noch mit den für die Vierventiler der ersten Generation typischen hohen Reibungsverlusten. Ein Sportfahrwerk war mit dem Einbau dieses Motors nicht verbunden.

Das Topmodell war der Passat G60 mit dem Spiralladermotor aus dem Corrado. Der leider serienmäßige Allradantrieb verhindert trotz 160 PS wirklich gute Fahrleistungen und sorgt obendrein für überhöhte Verbrauchswerte.

Datenblatt VW Passat III Variant		1994				
		1,8 N	1,8	2,0	2,0 16V	2,8 VR6
Bestand	–	7.600	59.000	31.000	930	3.700
Leergewicht	kg	1240	1245	1260	1345	1400
Motor	–	R4	R4	R4	R4	VR6
Leistung	kW(PS) bei U/min	55(75)/5000	66(90)/5500	85(115)/5400	110(150)/6000	128(174)/5800
Drehmoment	Nm bei U/min	140/2500	145/2500	166/3200	180/4800	235/4200
Höchstgeschwindigkeit	km/h	164	173 (170)	190 (187)	207	218 (212)
Steigfähigkeit bei 100 km/h	%	5,5	6,0 (6,0)	6,5 (6,5)	6,5	7,5 (7,0)
Geschw. bei 1000 U/min	km/h	33,1	33,1 (32,9)	35,0 (35,0)	34,8	37,7 (39,7)
Verbrauch	Liter/100 km					
	bei 90 km/h	6,2	6,0 (6,8)	6,3 (6,8)	6,5	7,6 (8,2)
	bei 120 km/h	8,0	7,7 (8,5)	8,0 (8,6)	8,2	9,3 (9,9)
	Stadtverkehr	10,8	10,4 (11,1)	11,0 (11,9)	11,4	12,9 (14,4)
Haftpflicht/Teilkasko	Klasse	15 / 13	15 / 13	16 / 14	15 / 17	15 / 21
Maße	mm, Liter	4595 × 1720 × 1445, 465/1500 • Limousine 4605, 495				

Zweite Motorengeneration

Generell sind diese Fahrzeuge kürzer übersetzt und damit lebhafter. Durch motorische Verbesserungen stellte sich trotzdem eine Verbrauchsreduktion ein. Die in den Tabellen erkennbare Gewichtszunahme fiel real deutlich geringer aus. Die neueren Angaben lagen Tests zufolge einfach näher an der Realität.

Die überarbeiteten Motoren hielten nach und nach schon ab 1990 Einzug in den Passat, also noch weit vor dem Facelift. Sie lassen sich anhand von Leistung und Hubraum von der ersten Generation unterscheiden, außer bei der häufigsten Version: Der neue 1,8-Liter hat weiterhin 90 PS und kam ab 8/91 (mit dem Debüt des Golf III) zum Einsatz. Im Zweifelsfall hilft bei der Identifizierung die Nenndrehzahl in den Papieren. Es lohnt sich auf jeden Fall, nach der neueren Version Ausschau zu halten, die nicht nur im Golf III, sondern auch im Passat voll überzeugt. Die Mischung aus Kraft, Sparsamkeit und Laufruhe ergibt einfach ein rundes Paket.

Der genaue Bestand der beiden Generationen ist dabei unbekannt, da sie beim KBA nicht getrennt ausgewiesen werden. Als Behelf wurde hier der Gesamtbestand grob nach der Häufigkeit in den Autobörsen (1:3) aufgeteilt. Unterhalb der 90 PS-Version diente als Einstiegsmodell der 1,8-Liter im Normalbenzin-Trim mit 75 PS. Weniger Leistung bei mehr Verbrauch konnte aber nicht viele Käufer überzeugen. Als Vorteil sollte die niedrig verdichtete Ausführung theoretisch eine noch etwas bessere Laufkultur als der stärkere Superbenziner aufweisen.

Ähnlich gut wie mit 90 PS fährt man mit 115 PS aus zwei Litern Hubraum. Im direkten Vergleich läuft diese

Maschine etwas rauer und dafür etwas kräftiger. Richtig davonziehen kann der Zweiliter dem kleinen Bruder erst oberhalb von 160 km/h. Tests haben ein starkes Brummen ab 5500 U/min festgestellt. In die Verlegenheit solcher Drehzahlen kommt man jedoch fast nie, erst recht nicht im fünften Gang.

Die sportliche Variante des Zweiliters mit 150 PS erschließt einem dann den Bereich jenseits von 200 km/h. Im normalen Fahrbetrieb ergibt sich aber kein Vorsprung gegenüber der einfachen Maschine mit 115 PS, hier kann der 16V gerade einmal sein Mehrgewicht kompensieren.

Dieses Angebot fanden dann auch nur ganz wenige Kunden verlockend, zumal der Mehrpreis wieder einmal allzu selbstbewusst kalkuliert worden war. Mit zum Paket gehörte ein etwas härteres Fahrwerk mit Gasdruckdämpfern an der Hinterachse.

Bei einem richtig teuren Passat wollten die Käufer wohl wenigstens einen handfesten Gegenwert in Form von sechs Zylindern sehen. Der VR6 verkaufte sich jedenfalls deutlich besser.

Wenn man sich diese Maschine heute nach dem Motto »viel Spaß für wenig Geld« gönnt, gibt es keine Einwände. Ansonsten macht aber der schwere Passat die Mittelmäßigkeit des VR6 erst so richtig deutlich. Bis in den mittleren Drehzahlbereich hinein bleibt die Durchzugskraft im Vergleich zum Hubraum schwach. Und obendrein verbraucht er für eine Neuentwicklung einfach zu viel Benzin.

Bessere Erfahrungen mit einem Sechszylinder im Audi 80/100 widersprechen dem Gesagten nicht: Der 2,8-

Liter, dort mit ebenfalls 174 PS, ist einfach ein anderer Motor, er weist einen normalen V-Winkel von 90° auf. Besser geht im Passat auch der auf 2,9 Liter vergrößerte VR6 nicht, da dieser nur für die Syncro-Modelle mit Allradantrieb vorgesehen war.

Ansonsten kam für die letzten Baumonte, analog zum Golf III, noch der neue, hochdrehende 1,6-Liter mit 100 PS hinzu.

Limousine oder Variant

Im Bestand liegt das Verhältnis heute bei 85:15 zugunsten des Variant. Wie selbstverständlich erscheint da für viele Käufer der Griff zur Kombi-Version, auch wenn der große Laderaum eigentlich fast nie benötigt wird.

Beim Passat-Kauf gegen den Strom zu schwimmen kann sich aber auszahlen: Die Limousine wird traditionell günstiger gehandelt als der Variant und ist obendrein

dank der gesetzteren Vorbesitzerschaft oft noch in einem besserem Zustand.

Auch mit Stufenheck bietet der Passat einen hohen Nutzwert. Die Rückbank lässt sich auch hier umklappen, aber schon das normale Kofferraumvolumen sollte in den meisten Fällen ausreichen. Als wichtigster Pluspunkt auf langen Strecken entfällt gegenüber dem Variant die leidige Geräuschkulisse aus dem Laderaum.

Zuletzt sei noch ein Vorteil des enormen Knieraumes hinten erwähnt, der sich unabhängig von der Karosserieform bemerkbar macht: Die Vordersitze lassen sich in diesem Passat auch bei umgeklappter Rückbank bis ganz nach hinten schieben, es bleibt sogar noch ein kleines Stück frei. Beim Vorgänger hingegen (und bei vielen anderen Kombis) müssen große Fahrer in diesem Falle etwas nach vorne rücken und die Beine anwinkeln, und sitzen daher weniger bequem.



VW Passat Limousine ab '93

FÜNFTER TEIL

Der kleine Ingenieur

5.1 Leistung und Drehmoment

Grundlagen

Zunächst einmal wollen wir uns an die physikalischen Grundsätze erinnern:

- ◆ Leistung ist Arbeit pro Zeit,
- ◆ Arbeit ist Kraft \times Weg,
- ◆ Drehmoment ist Kraft \times Hebelarm.

Anmerkung 1: Im allgemeinen Sprachgebrauch werden die Begriffe Arbeit und Leistung nicht derart streng unterschieden. Oft erfolgt sogar eine geradezu gegenteilige Verwendung, z. B. wenn man spöttisch sagt, jemand arbeite viel und leiste wenig. In dieser Darstellung wäre die Leistung das Resultat der Bemühungen, welche in Form von Arbeit erbracht wurden. In der Physik ist es hingegen genau umgekehrt, die Leistung ist der Momentanwert und die Arbeit das Integral, also das Resultat.

Anmerkung 2: Arbeit und Drehmoment haben die gleiche Einheit Newtonmeter (Nm), sind aber völlig unterschiedliche Dinge. Bei der Arbeit wirkt die Kraft in Richtung der Länge (Weg), beim Drehmoment steht sie senkrecht zur Länge (Hebelarm).

Kraft und Masse

Unter einem Kilogramm kann sich jeder etwas vorstellen, unter der Kraft von einem Newton N zunächst weniger. Die Verbindung zwischen beiden schafft die Erdbeschleunigung g , für die im Allgemeinen ein fester Zahlenwert von $9,80665 \text{ m/s}^2$ angesetzt wird. Das bedeutet, dass auf ein Kilogramm Masse eine Gewichtskraft von $9,80665 \text{ N}$ einwirkt. Damit entspricht umgekehrt ein Newton der Gewichtskraft eines etwa 102 Gramm schweren Gegenstandes.

Arbeit

Hebt man nun dieses Gewicht von 102 Gramm einen Meter hoch, dann hat man – Kraft mal Weg – die Arbeit von einem Nm verrichtet.

Leistung

Schafft man diese Arbeit in einer Sekunde, so leistet man genau ein Watt W. Ein Watt entspricht also einem Nm/s.

Bei Leistungsangaben in Watt oder Kilowatt denkt man zunächst unwillkürlich an elektrische Gerätschaften. Unter interessierten Automobilisten dient hingegen viel häufiger noch die alteingeführte Maßeinheit der Pferdestärke (PS) als Gesprächsgrundlage. Um ein PS zu errei-

chen, muss man ein Gewicht von 75 kg in einer Sekunde einen Meter hoch heben. Der Legende nach geht diese Definition auf die Tätigkeit eines Brunnenpferdes zurück, das tagaus, tagein einen entsprechend schweren Eimer bewegte. Wenn Sie zufällig 75 kg wiegen und ein 6 Meter hohes Treppenhaus in 6 Sekunden hochspringen, so leisten Sie in dieser Zeit ebenfalls ein PS. Während der Mensch jedoch nach einigen Stockwerken rot bis blau anläuft, erbringt unser Pferdchen diese Leistung dauerhaft. Im Sprint wird es demnach auch auf mehrere PS kommen.

Drehmoment

Die Kraft von einem Newton, die über einen ein Meter langen Hebel auf eine Welle ausgeübt wird, ergibt ein Drehmoment von einem Nm. Beispiel Fahrrad: Stellt sich ein Mann (80 kg) auf das waagrecht stehende Pedal (Hebel 17 cm), dann liegt ein Drehmoment M von immerhin

$$M = 0,17 \text{ m} \cdot 80 \text{ kg} \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 = 133 \text{ Nm}$$

an der Welle an.

Leistung an drehenden Wellen

Anhand einer geraden Bewegung (Gewicht hochheben) konnten wir die Arbeit schön anschaulich erklären. Bei drehenden Apparaten ist es aber eigentlich auch nicht viel schwieriger. Wir stellen uns dann einfach einen Punkt an einem Hebelarm von einem Meter Länge vor. Bei einem Drehmoment von einem Nm wirkt dort die Kraft von einem N. Und bei einer Umdrehung bewegt sich dieser Punkt um 2π Meter, also etwa um 6,28 m. Damit wird eine Arbeit von 6,28 Nm verrichtet.

Für die Leistung muss diese Arbeit noch in den Bezug zur Zeit gebracht werden. Dies geschieht über die Drehzahl, im automobilen Bereich meist in Umdrehungen pro Minute angegeben. Insgesamt kommt man damit auf die beiden folgenden Umrechnungen:

$$P \text{ (in kW)} = \frac{M \cdot n \cdot 2 \pi}{60 \cdot 1000} = \frac{M \cdot n}{9549,3}$$

$$P \text{ (in PS)} = \frac{M \cdot n \cdot 2 \pi}{60 \cdot 75 \cdot g} = \frac{M \cdot n}{7023,5}$$

mit

P	Leistung
M	Drehmoment in Nm
n	Drehzahl in U/min
π (Pi)	Kreiszahl = 3,14159...

An drehenden Wellen gilt also für die Leistung:

- ◆ Leistung = Drehmoment \times Drehzahl.

Hinzu kommen je nach verwendeter Einheit die entsprechenden Umrechnungsfaktoren. Die 60 in beiden Nennern verwandelt dabei die Umdrehungen pro Minute in Umdrehungen pro Sekunde. Damit alleine hätte man mit der oberen Formel die Leistung in Watt bestimmt. Durch den Teiler 1000 werden daraus die handlicheren Kilowatt kW.

In der unteren PS-Formel stehen im Nenner noch die 75 kg aus der Definition des PS, und die Erdbeschleunigung g , welche die Kilogramm in Newton überführt.

Rechenbeispiel: Ein Motor hat bei einer Drehzahl von 4000 U/min ein Drehmoment von 155 Nm anliegen. Dies entspricht einer Leistung von

$$155 \cdot 4000 / 9549,3 = 64,9 \text{ kW}$$

oder

$$155 \cdot 4000 / 7023,5 = 88,3 \text{ PS.}$$

Anders herum geht es natürlich auch: Ein Motor, der bei 5400 U/min 115 PS leisten soll, benötigt dort ein Drehmoment von

$$115 \cdot 7023,5 / 5400 = 149,6 \text{ Nm.}$$

Idealer und realer Motor

In den technischen Daten gibt der Hersteller für jede Motorisierung meist das maximale Drehmoment und die höchste Leistung mit den dazugehörigen Drehzahlen an. Damit hat man jedoch nur zwei punktuelle Informationen über den Motor vorliegen. Das Gesamtbild liefern erst die sogenannten Volllastkurven, bei denen die Höchstwerte von Drehmoment und Leistung über den gesamten Drehzahlbereich aufgetragen sind.

Würden Breitenverhältnis und Achsenteilung der Grafik sinnvoll gewählt, dann sollten sich beide Kurven dabei nicht ähnlich sehen, sondern vielmehr einen charakteristischen Unterschied im Verlauf zeigen. Dieser ergibt sich aus dem im vorherigen Abschnitt eingeführten Zusammenhang (Leistung = Drehmoment \times Drehzahl) und lässt sich am besten nachvollziehen, indem man von einem fiktiven, idealen Motor ausgeht. Damit soll hier gemeint sein, dass dieser Motor unabhängig von der Drehzahl immer gleich gut gefüllt wird. Gemäß dem Viertaktverfahren kann er daher alle zwei Umdrehungen diejenige Menge an Brennstoff-Luftgemisch verarbeiten, die seinem Hubraum entspricht. Wenn dies noch dazu immer mit dem gleichen Wirkungsgrad geschieht, dann bleibt das Drehmoment über den gesamten Drehzahlbereich konstant. In unse-

rem Beispiel sind es ständig 134 Nm, die entsprechende Drehmoment-»Kurve« ist in diesem Idealfall also eine Waagerechte.

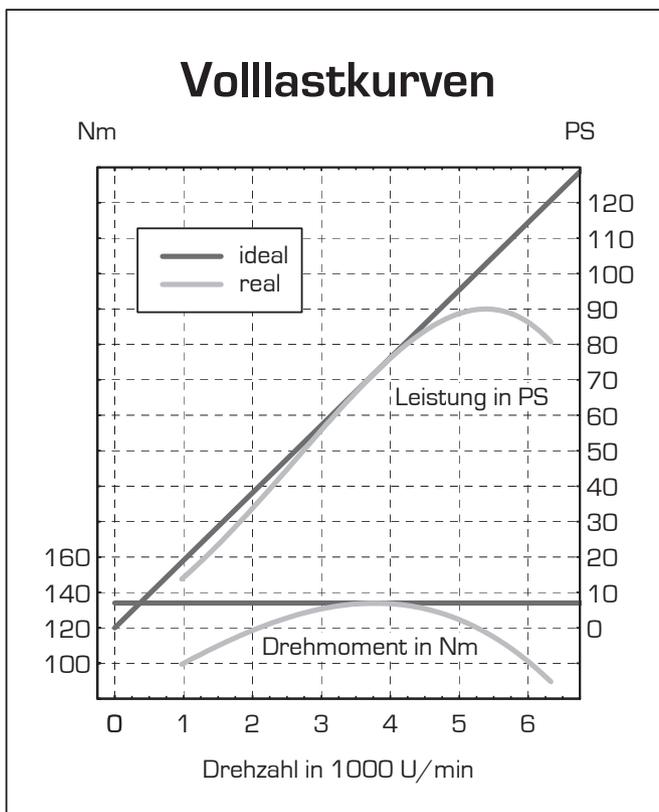
Die Leistung als Produkt aus Drehmoment und Drehzahl verläuft dementsprechend nicht waagrecht, sondern steigt mit der Drehzahl immer weiter an, und zwar in Form einer Geraden. Die maximale Leistung liegt damit bei der maximalen Drehzahl an. Wenn wir die Maschine im Diagramm bei 6000 U/min abregeln würden, dann ergäbe sich dort die Höchstleistung von etwa 115 PS.

Der reale Motor weicht hiervon in zwei wichtigen Punkten ab:

1) Unterhalb einer Minstdrehzahl funktioniert er nicht. Er kann nicht einfach aus dem Stand loslaufen wie ein Elektromotor oder eine Dampfmaschine. Die Folge: Man braucht eine Kupplung zum Anfahren.

2) Der reale Motor fühlt sich nicht bei allen Drehzahlen gleich wohl. Er wird nur an einer Stelle optimal mit Brennstoff-Luftgemisch gefüllt. Dort erreicht er sein maximales Drehmoment, in unserem Beispiel sind es 134 Nm bei 3800 U/min.

Bei dieser Drehzahl »zieht« der Wagen am besten. Oberhalb und unterhalb davon fällt die Kraft ab. Irgendwo bei höheren Drehzahlen fällt dann das Drehmoment steiler ab, als die Drehzahl zunimmt (ganz unwissenschaftlich formuliert). An dieser Stelle liegt die maximale Leis-



tung an, der Motor im Diagramm kommt auf 90 PS bei 5400 U/min. Die maximale Leistung ist also eine eher abstrakte Größe und weder beim Fahren spürbar noch aus der Drehmomentkurve direkt ersichtlich. Der hier gezeigte Verlauf der Kurven passt im Übrigen zu einem typischen 1,6-Liter der 90er Jahre, der weder besonders hochtourig noch besonders drehmomentstark ausgelegt wurde.

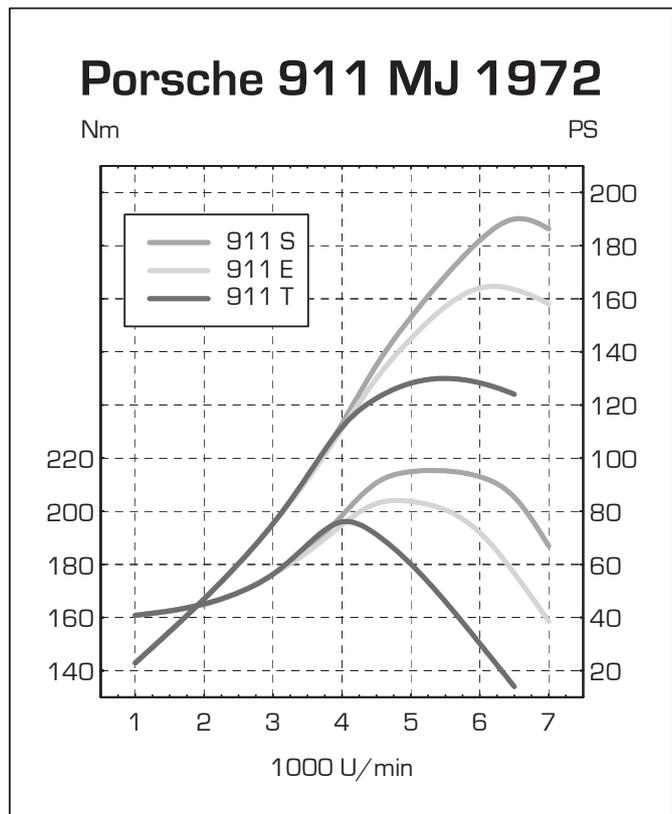
Stellt man einmal seinen eigenen Motor auf den Leistungsprüfstand, so wird man feststellen: So schön rund und glatt wie in den Prospekten oder in den Beispielen hier im Buch werden die Kurven in der Praxis nicht. Sie haben vielmehr eine Vielzahl von Dellen und kleinen Ausreißern, das ist normal. Gemessen wird dabei gewöhnlich nur das Drehmoment, während die Leistung daraus berechnet wird. Eben mit den Formeln aus dem vorherigen Abschnitt, also als das Produkt aus Drehmoment und Drehzahl.

Mehr Leistung

Ein Motor wird von den Herstellern bei gleichem Hubraum oftmals in verschiedenen Leistungsstufen angeboten. Von den einzelnen Versionen kennt man dann meist nur die nackten PS-Werte und weniger die Umstände, wie diese denn überhaupt zustande kommen. Klar ist: Die höchste Leistung wird bei hohen Drehzahlen erreicht. Wenn man die Leistung steigern will, muss man folglich das Drehmoment im oberen Drehzahlbereich erhöhen. Als klassisches Beispiel dafür, wie dies in der Praxis aussehen kann, sind im Diagramm die Volllastkurven des alten Porsche 911 ab Modelljahr 1972 abgebildet. (Digitalisiert aus: Paul Frère, »Die Porsche 911 Story«.) Seine 2,4 Liter-Maschine war in den folgenden Ausführungen lieferbar:

	911 T	911 E	911 S
PS	130	165	190
bei U/min	5600	6200	6500
Nm	196	206	216
bei U/min	4000	4500	5200

Beim Autoquartett war natürlich immer der 911 S der Gewinner. Er beschleunigte am schnellsten und erreichte die höchste Spitze von damals sagenhaften 230 km/h. Die kindliche Vorstellung, mit ihm den schwächeren Versionen einfach so davon zu fahren, ist jedoch etwas naiv. Denn anders als vielleicht gedacht, entwickelt er nun einmal nicht ständig 45 % mehr Kraft als der 911 T. Werfen wir hierzu einen Blick auf die Volllastkurven: Schön zu sehen ist, dass sich alle drei Maschinen bis zu etwa 4000 U/min kaum in der Kraftentfaltung unterscheiden. Erst darüber heben sich die schärferen Versio-



nen vom 911 T ab. Im Rennsport wird fast nur mit diesen hohen Drehzahlen gefahren, dort kommen die zusätzlichen PS dann auch voll zur Geltung. Im Alltagsverkehr hingegen wird man von der Mehrleistung selten etwas merken. Man kann sogar froh sein, wenn die hochtourigen Maschinen im unteren Bereich nicht schwächer sind als die Basis.

Das Beispiel der Porsche-Motoren ist mit ihrem Gleichstand bis 4000 U/min natürlich etwas extrem und daher besonders gut zur Veranschaulichung geeignet. Außerdem liegt das Jahr 1972 ja schon einige Zeit zurück. Vom Prinzip her bleibt das Gesagte aber immer gültig. Sehr ähnliche Verhältnisse ergeben sich beispielsweise, wenn man den Golf GTI mit dem stärkeren GTI 16V vergleicht. Auch hier herrscht unten herum bestenfalls Gleichstand, erst im oberen Drehzahlbereich kann sich der 16V deutlich absetzen. Auch seine beträchtliche Mehrleistung ist unter normalen Fahrbedingungen nur selten spürbar, auch wenn sich die Kurven hier schon einige 100 U/min früher trennen als noch bei den alten 911ern. Im unteren Drehzahlbereich hängt das Drehmoment vor allem von der Größe des Motors, also vom Hubraum ab. Nicht umsonst lautet eine alte Weisheit:

»Hubraum ist durch nichts zu ersetzen.«

Der technische Fortschritt macht es immerhin möglich, dass moderne Motoren mit hoher Leistung auch schon bei mittleren Drehzahlen fühlbar stämmiger antreten als

ihre Vorgänger. Die Kunden und auch die gestiegenen Fahrzeuggewichte verlangen danach. Audi verbaute beispielsweise ab 1997 einen V-Sechszylinder mit ebenfalls 2,4 Litern Hubraum und 165 PS. Nominell entspricht diese Maschine also dem alten 911 E. Den Unterschied macht aber das Drehmoment, welches beim Audi satte 230 Nm bei 3200 U/min beträgt. Es liegt damit nicht nur höher als das aller drei Porsche-Maschinen, sondern steht obendrein bei einer viel niedrigeren Drehzahl zur Verfügung.

Der Reihen-Sechszylinder

Diese Motoren waren besonders in Deutschland ein verbreitetes Merkmal der »gehobenen« Fahrzeuge. Die grundsätzlichen Vorzüge sind dann auch die sehr gute Laufruhe bis in höchste Drehzahlen und der spezielle Klang, der mit einfachen Vierzylindern nichts mehr gemein hat. Im Berichtszeitraum dieses Buches waren in der Großserie noch Opel, Mercedes und BMW mit entsprechenden Angeboten vertreten. Besonders BMW hat den Reihensechser regelrecht zu seinem Markenzeichen gemacht und bis heute immer weiter verfeinert.

Die erste Begegnung mit einem älteren Reihen-Sechszylinder verläuft aber oft enttäuschend. Meistens steigt man ja von einem kleineren Vierzylinder um und hat angesichts der nun viel höheren PS-Zahl entsprechende Erwartungen an die Fahrdynamik. Schon auf den ersten Metern wird dann klar, dass hier Leistung und Fahrgefühl weit auseinander klaffen.

Weder täuscht dieser Eindruck noch hat man ein Fahrzeug mit irgendeinem Defekt erwischt. Die Bauform des Reihen-Sechszylinder bringt einfach von Natur aus eine Charakteristik mit sich, die der scharfgemachter Motoren sehr ähnlich ist. Im unteren und mittleren Drehzahlbereich herrscht also Flaute, erst oben herum setzt dann plötzlich eine Art zweiter Wind ein.

In Anlehnung an reale Vorbilder sind im Diagramm zwei Motoren mit zwei Litern Hubraum einander gegenübergestellt. Der Vierzylinder liefert 170 Nm bei 3500 U/min und 115 PS bei 5700 U/min. Der Sechszylinder ist bei den Prospektwerten zunächst überlegen: Er leistet immerhin 130 PS bei 6000 U/min, und sogar das Drehmoment fällt mit 173 Nm etwas größer aus. Ein erstes Indiz für seine Schwäche ist aber die hohe Drehzahl von 4400 U/min, bei der es anfällt.

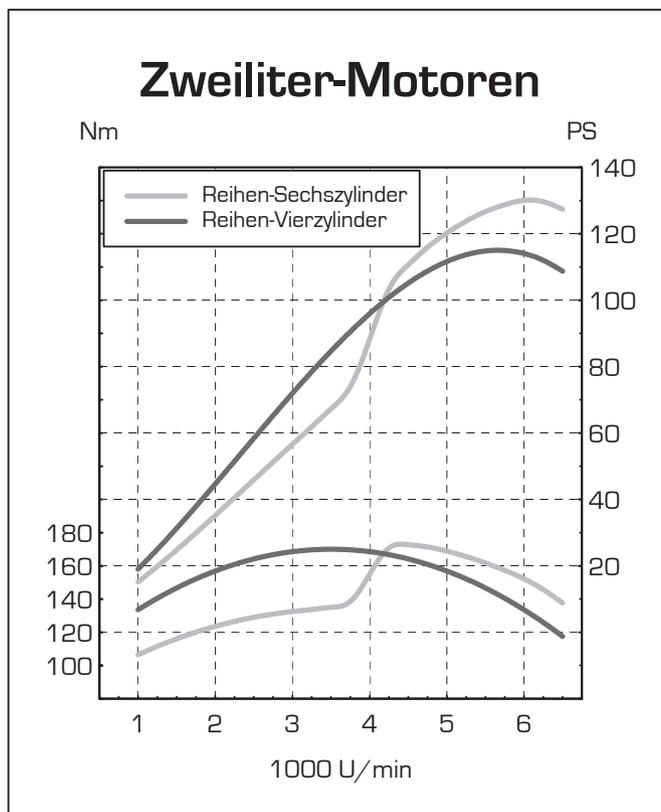
In das gleiche Auto eingebaut, erreicht man mit dem Sechszylinder eine höhere Endgeschwindigkeit und einen schnelleren Sprint von 0 auf 100 km/h. In diesen praxisfernen Prospektangaben brilliert er also, ebenso hätte er seine Vorteile auf der Rennstrecke. Im häufig genutzten unteren und mittleren Drehzahlbereich ist der Vierzylinder jedoch eine

Klasse besser. Der Sechser fühlt sich dort eher wie eine Maschine mit 1,6 bis 1,7 Litern Hubraum an. Die Grenze zum oberen, starken Bereich ist dann meistens auch mit einem Wechsel des Klangbildes verbunden und oft genauso abrupt spürbar, wie sie im Diagramm zu sehen ist.

Mit den im Laufe der 80er Jahre immer länger werdenden Übersetzungen harmonisierte diese Charakteristik überhaupt nicht, die Maschinen wurden so fast nur noch im schwachen Bereich gefahren. Abhilfe tat also not, und sie kam auch um das Jahr 1990 herum in Form von Schaltsaugrohren und/oder variablen Ventilsteuerzeiten. Mit diesen zusätzlichen Einrichtungen lässt sich das Tal auffüllen und vor allem der Gipfel nach vorne, also hin zu niedrigeren Drehzahlen verlegen.

Völlig aus der Welt war das Problem damit anfangs aber noch nicht. In unserem Buch sind weiterhin die meisten V6, die diese Problematik ja nicht kennen, auch ohne irgendwelche kräftigenden Maßnahmen unten herum stärker. Bei den Reihensechsern waren noch einige weitere Evolutionsstufen notwendig, um hier gleichzuziehen. Vom subjektiven Fahrgefühl her würde der Autor erst den BMW-Maschinen mit Doppel-VANOS seit 1998 die volle Gleichwertigkeit zugestehen. Sie fallen nur noch unterhalb von 2000 U/min in ein Loch, aber das machen ja fast alle modernen Motoren.

Bei der Konkurrenz hatten die Reihensechser-Benziner diese volle Blüte gar nicht mehr erlebt, denn zu diesem



Zeitpunkt verabschiedete sich mit dem Daimler auch der letzte der übrigen deutschen Hersteller von dieser anspruchsvollen Bauart. Opel war schon 1994 auf die V-Form umgeschwenkt.

Turbos

Als letztes Beispiel wollen wir uns die typische Charakteristik eines aufgeladenen Benziners ansehen. Die Kurven gehören dabei zum Volvo 850 Turbo, einem Fünfzylinder mit 2,3 Litern Hubraum. Ohne Aufladung hätte ein derartiger Motor ein maximales Drehmoment von etwa 210 Nm bei mittleren Drehzahlen und eine Höchstleistung von etwa 150 PS.

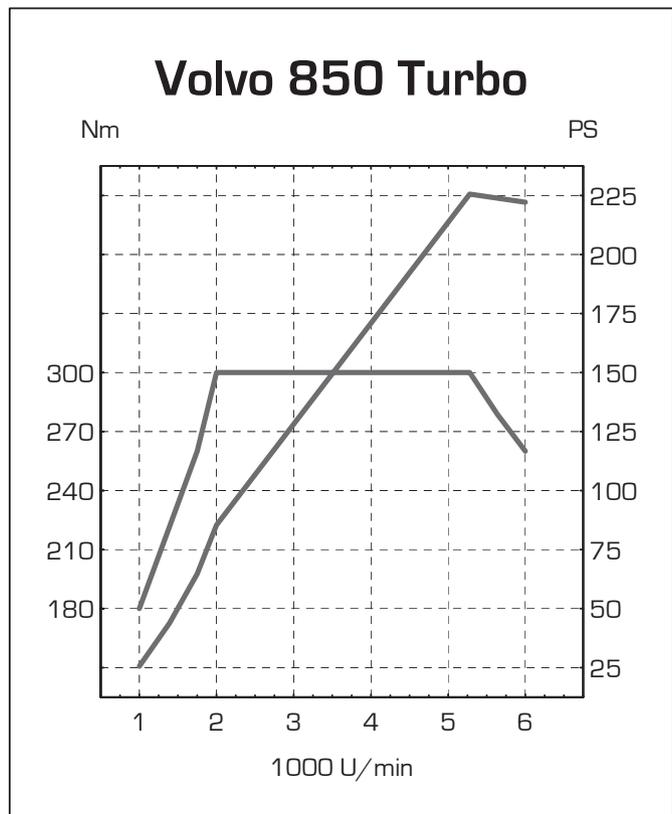
An den Volllastkurven des aufgeladenen Motors sind drei Dinge bemerkenswert:

1. Die absolute Höhe,
2. der »synthetische«, eckige Verlauf,
3. das steile Abfallen im unteren Bereich.

Die relativ kleine Maschine entwickelt immerhin 225 PS, bei einem Drehmoment von enormen 300 Nm. Damit entspricht sie einem 40 bis 50 % größeren Saugmotor. Gefühlt ist dieser Unterschied sogar noch größer, da das maximale Drehmoment beim Turbo schon bei sehr niedrigen 2000 U/min anfällt und über den gesamten Bereich bis 5280 U/min konstant bleibt. Die elektronische Ladedruckregelung macht dies möglich. Als vergleichbarer größerer Saugmotor kann der alte 3,5-Liter von BMW dienen. Dieser bietet zwar ein Drehmoment von 305 Nm, als typischer Sechszylinder aber erst oberhalb von 4000 U/min. Im mittleren Bereich liegt er weit unter den 300 Nm des Volvos.

Ein Schönheitsfehler des Turbomotors ist seine Schwäche bei ganz niedrigen Drehzahlen. Die Kraft des Volvo-Motors beispielsweise fällt unterhalb von 2000 U/min sehr steil ab, andere Turbos der 90er Jahre verhalten sich ganz ähnlich. Wenn man am Berg in diesen Bereich gerät, muss man eben etwas Geduld aufbringen oder ein bis zwei Gänge zurückschalten. Im Vergleich zu den aufgeladenen Motoren der ersten Generation aus den 70ern ist dieses Verhalten jedoch nur noch eine kleine Unannehmlichkeit. Damals setzte die Laderwirkung noch viel später ein, beispielsweise erst bei 3000 U/min oder gar bei 3500 U/min, sodass sich im praktischen Betrieb ein äußerst unharmonisches, zweigeteiltes Fahrgefühl einstellte.

Neben der Schwäche im untersten Drehzahlbereich gibt es noch einen Mangel, der nicht aus den Volllastkurven hervorgeht: das Turboloch. Hierunter versteht man das zeitverzögerte Ansprechen des Laders. Beim plötzlichen Gasgeben kann es gut eine Sekunde oder länger dauern, bis der volle Ladedruck aufgebaut ist und damit auch



das volle Drehmoment zur Verfügung steht. Besonders beim Beschleunigen aus niedrigen Drehzahlen und Lasten tritt dieser Effekt auf, also dann, wenn der Lader vorher nur mit wenig Abgas beaufschlagt wurde und daher selbst erst einmal auf Drehzahl kommen muss.

Bei der Aufnahme der Drehmomentkurve hingegen hat man mit dem Turboloch keine Probleme. Denn dabei wird der gesamte Drehzahlbereich schrittweise abgefahren und zusätzlich an jeder Stelle einige Sekunden verweilt, bis sich der volle Wert eingestellt hat.

Die Rennfahrer tricksen gegen das Turboloch, indem sie mit der Fußspitze bremsen und gleichzeitig mit der Ferse auf dem Gas bleiben, um den Motor auf Drehzahl und damit den Lader in Schwung zu halten. Im normalen Straßenverkehr ist das natürlich nicht zu empfehlen. Auch bei den Turbos gab es in den letzten 20 Jahren noch Fortschritte. Wenn der Hersteller bei aktuellen Modellen richtig Geld in die Hand nimmt und in Registeraufladung oder in die Kombination aus Turbolader und Kompressor investiert, dann entfällt das Turboloch fast ganz. Auch lässt sich so das maximale Drehmoment zu Drehzahlen unterhalb von 1400 U/min verschieben, sodass in der Fahrbarkeit gegenüber einem größeren Saugmotor keine Einschränkungen mehr zu spüren sind.

5.2 Leistungsbedarf

Der Bewegung eines Automobils wirken drei Widerstände in Form von Kräften entgegen. Zu überwinden sind:

$$F_W = F_R + F_L + F_S$$

mit

F_W gesamte Widerstandskraft

F_R Rollwiderstand

Er ist mit hinreichender Genauigkeit proportional zum Gewicht des Fahrzeugs. Seinen Löwenanteil macht dabei die eigentliche Rollreibung der Reifen aus. Der Rollwiderstand wird gewöhnlich konstant gesetzt, obwohl er mit der Geschwindigkeit spürbar ansteigt und hierdurch ein recht großer Fehler entsteht. Im Kraftfahrtechnischen Taschenbuch KTB von Bosch (23. Auflage, 1999) finden sich einige Abhängigkeiten in Diagrammform. Bei einem mittleren SR-Reifen steigt er beispielsweise zwischen 0 und 150 km/h von 1,25 % auf 1,65 % an, und zwar in etwa parabelförmig. Für die weiteren Berechnungen werden wir den Rollwiderstand dementsprechend nicht konstant lassen, sondern die folgende, daran angepasste Zahlenwertgleichung verwenden:

$$f_R [\%] = 1,25 + \frac{V^2}{56250}$$

mit

f_R Rollwiderstandsbeiwert

V Geschwindigkeit, hier in km/h .

In diesem Zahlenwert ist ein kleiner Anteil für nicht ganz parallel stehende Räder, für die Radlager, für leicht schleifende Bremsen etc. enthalten. Seine Größenordnung kann auf knapp 0,2 %-Punkte abgeschätzt werden. Die reine, »labormäßige« Rollreibung der Reifen, wie sie in vielen Tabellenwerken zu finden ist, fällt entsprechend geringer aus. Insgesamt lautet die Beziehung für den gesamten Rollwiderstand:

$$F_R = m \cdot g \cdot f_R$$

mit

F_R Rollwiderstandskraft in N

m Fahrzeugmasse in kg

g Erdbeschleunigung = 9,80665 m/s²

f_R Rollwiderstandsbeiwert

F_L Luftwiderstand

Er wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, und zwar nach diesem Zusammenhang:

$$F_L = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot v^2$$

mit

F_L Luftwiderstandskraft in N

c_w Luftwiderstandsbeiwert

A Fahrzeugstirnfläche in m²

ρ_L Luftdichte in kg/m³

v Geschwindigkeit in m/s.

Der c_w -Wert ist für die meisten Typen bekannt und lässt sich rasch ergoogeln. Er wurde oft auch zu Werbezwecken vom Hersteller veröffentlicht, nachdem mit dem »neuen« Audi 100 im Jahre 1982 seine Bedeutung in den Vordergrund rückte. Nicht immer waren die Angaben allerdings völlig realistisch. Oft galten sie nur für die Magermodelle einer ersten Serie, welche sich z. B. durch schmale Reifen und glatte Plastikradkappen auszeichneten. Dazu gehörte dann auch der kleinste Motor mit dem geringsten Kühlluftbedarf, auf Beifahrerspiegel und Antenne wurde auch gerne verzichtet. Kurzum: Besonders bei älteren Angaben empfiehlt sich ein großzügiges Aufrunden (z. B. von 0,30 auf 0,32).

Viel seltener als den c_w -Wert findet man Angaben zur Stirnfläche A . Im KTB wird hilfsweise empfohlen, sie aus

$$\text{Stirnfläche} = 0,9 \times \text{Spurweite} \times \text{Höhe}$$

zu berechnen. Leider ist die Spurweite noch viel seltener zu Hand als die Stirnfläche. Als Eigenentwicklung wird daher die folgende Relation eingeführt:

$$\text{Stirnfläche} = (\text{Breite} \times \text{Höhe}) / 1,2 .$$

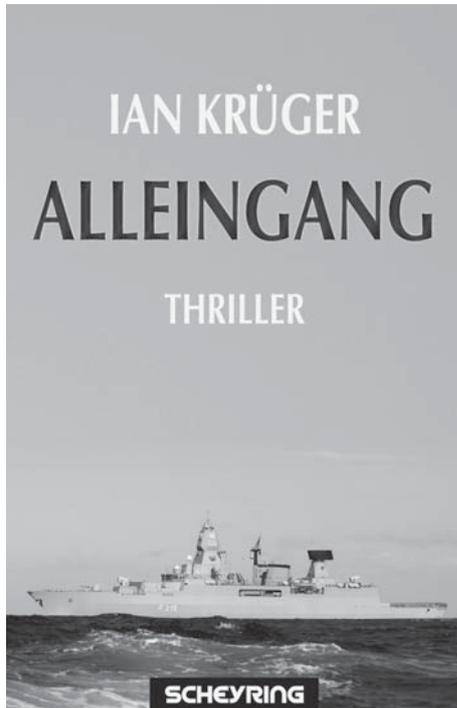
Sie passt vom Kleinwagen bis hin zum VW Bus gut zu den veröffentlichten Werksangaben der Fahrzeuge aus unserer Epoche (frühe 90er).

Die Luftdichte ρ_L (ρ ist der griechische Buchstabe rho) hängt vom Luftdruck, von der Temperatur und von der Luftfeuchte ab. Damit später die Fahrleistungsberechnungen stimmig sind, müssen Motorleistung und Luftdichte unter gleichen Bedingungen ermittelt worden sein. Die Motorleistung wird wiederum für ECE-Bedingungen ausgewiesen, also für 25 °C und einen Luftdruck von trockenen 990 mbar. Ohne das Thema »feuchte Luft« zu vertiefen: Nehmen wir als feuchten Gesamtdruck den Normdruck von 1013,25 mbar an, so ergeben sich mit den üblichen Idealgasformeln 1,174 kg/m³ für

Ian Krüger

Alleingang

Thriller



E-Book

Erschienen im November 2014

ca. 440 Normseiten (VG Wort)

ISBN: 978-3-944977-29-4

€ 3,99 [D, A]

Gebunden

Erschienen im November 2014

400 Seiten | 13,5 × 21 cm

ISBN: 978-3-944977-24-9

€ 13,99 [D]

SCHEYRING

Sinai, Ägypten: Ein unglaublicher Fund auf 50 Meter Wassertiefe. BND und CIA ermitteln auf Hochtouren. Ein perfide geplanter Terroranschlag gegen den Westen scheint unabwendbar. Der Bundeskanzler steht vor einer folgenschweren Entscheidung ...

Der erste Jan-Steiger-Roman. Spannend, brisant und hochaktuell.

