

Die Tuning-Bibel 2.0



Philipp Jäger

Inhalt

1. Vorwort
2. Turbolader
3. Kompressoren
4. Leistungssteigerungen
5. Softwareoptimierungen
6. Kraftstoffe
7. Performance
8. Fahrdynamik
9. Optik
10. Sound
11. Die Sonnenseite der Szene
12. Die Schattenseite der Szene
13. Nachwort
14. Alles Wissenswerte auf einen Blick
15. Wissenswertes

Vorwort

Autos. Was kann man über Autos erzählen? So unendlich viel. Und doch bin ich mir sicher, dass ich nicht jedermanns Nerv oder Geschmack treffen werde. Dieses Buch soll euch das Basiswissen, rund um Tuning, Motoren, Performance und alles was das Herz zum Thema Autos und Automobiltechnik begehrt, vermitteln. Damit niemand zu kurz kommt, erwarten euch aber auch seltene Fakten und jede Menge Fachwissen. Es wird knallharte Vergleiche geben, die euch ab und an auch in Tabellenform begegnen werden. Darüber hinaus soll dieses Buch auch eine Alternative zu den großen YouTubern sein. Vor allem viele junge Menschen beziehen heutzutage ihr komplettes Autowissen aus dem Internet. Oftmals ist daran nicht viel auszusetzen, denn auf jeden Fall ist es eine angenehme Variante. YouTube bietet den Tuningfirmen eine großartige Möglichkeit sich selbst zu vermarkten und darüber hinaus, den Usern eine satte Menge an Wissen zu vermitteln. Leider werden dort aber immer wieder einige Dinge leichtfertig zu vollendeten Tatsachen gebracht, was oftmals nicht der Realität entspricht. So wird leider auch viel Halbwissen verbreitet.

Der Autor. Lasst mich das Vorwort kurz nutzen, um etwas von mir selbst zu erzählen. Ich bin ehemaliger gelernter KFZ-Mechatroniker und ehemaliger gelernter Verfahrensmechaniker (Kunststofftechniker), aktiver Automobilmakler und Tuner und mittlerweile so etwas wie eine allgemein anerkannte Koryphäe auf dem Gebiet der Automobiltechnik und des Tuning. Ich arbeite des öfteren in

beratender Funktion mit Tuningfirmen, aber auch Privatpersonen zusammen. Mit meinem Team habe ich schon alle möglichen Tests durchgeführt, um die Performance von Autos zu vergleichen. Oftmals beschäftigen wir uns privat, wie auch beruflich mit hochmotorisierten Fahrzeugen und Sportwagen aller Art. Alle Vergleiche, die euch in diesem Buch begegnen, sind in der Realität von uns ausgiebig getestet worden. Natürlich immer auf sicherem und abgesperrtem Gelände.

Jedes Mal explodiert mein Kopf, wenn mich jemand etwas zu Gebrauchtwagenkäufen, Tuning, Performance, Reparaturen oder Automobiltechnik fragt. Ich versuche dann die bestmögliche Antwort zu geben, aber mit wenigen Sätzen ist es oftmals nicht getan. Deshalb habe ich mich entschlossen all meine Gedanken zu diesen Themen, die mir so oft durch den Kopf schießen, niederzuschreiben. Man kann sich das wie einen Schwarm Bienen vorstellen, der auf Befehl der Königin blitzschnell aus den Waben herausfliegt. Jede Biene stellt dabei einen meiner Gedankengänge dar. Und all diese versuche ich nun dem Leser bereitzustellen. Ich möchte euch jedoch gleich zu Anfang im Sinne unserer heutigen Zeit und der aktuellen politischen Lage warnen. Ich bin kein grüner tempolimitbejahender Ökoaktivist. Ich liebe die Natur (bis auf einige wenige Kreaturen) und bewandere sie auch gerne, wenn ich mal Zeit dazu finde. Aber es geht doch nichts über eine kleine Beschleunigungsorgie auf einer deutschen Autobahn oder einen Tag auf dem Nürburgring. Autos sind meine größte Leidenschaft und meine Kernkompetenz. Ich liebe die WRC (**W**orld **R**allye **C**hampionship), die Formel 1, die GT2, die GT3 usw.

Das Gleiche gilt auch für kleinere Events wie Rallye-Cross-Veranstaltungen und Kartbahnen. Auch dort fühle ich mich pudelwohl. Diese Aktivitäten sind die einzigen, bei denen ich

den Kopf mal so richtig frei bekomme. Solltet ihr also für kleine Elektroautos sein, bei denen man fast den Eindruck bekommt, die Designer wollten einen mit der Optik absichtlich ärgern, dann legt das Buch besser beiseite, denn in den nachfolgenden Kapiteln geht es um Motoren, Tuning und vor allem die Performance von einigen sportlichen Autos aller Marken und Hersteller, bei denen sich teilweise haarsträubende Wahrheiten auftun. Es wird kritische Vergleiche geben, um Hypes und Schönrederei zu entlarven. Aber auch mindestens genau so viele positive Dinge sind natürlich mit von der Partie.



Alles Wissenswerte auf einen Blick. Am Ende des Buches findet ihr zudem noch mal alles Wissenswerte aus allen Kapiteln kurz zusammengefasst. So lassen sich Informationen schneller finden und besser nachschlagen.

Motorenkürzel. In den nachfolgenden Kapiteln werden euch Autos aller Hersteller und Marken begegnen. Sie alle sind mit Daten zu ihren Motorisierungen versehen, damit jederzeit klar ist, um welches Fahrzeug und welchen Motor

es sich handelt. So habe ich auch grundsätzlich die PSLeistung angegeben. Damit sich dies allerdings nicht unnötig in die Länge zieht, habe ich die gängigen und allgemeinen Abkürzungen genommen. Diese sind auch in der Regel unabhängig von den Herstellern und gelten allgemein für jeden Motor. Nehmen wir zum Verständnis den Porsche 991.2 GT2 RS (3.8 B6TT, 700 PS). Anhand der Kürzel kann man nun erkennen, dass es sich um einen **B**oxermotor mit **6** Zylindern und 2 **T**urboladern handelt. Auf den letzten Seiten des Buches findet ihr zu den Kürzeln und Bezeichnungen noch mal eine ausführliche Legende mit Beschreibung.

Funfact. "Was genau ist eigentlich Tuning?" fragte Markus Lanz in seiner gleichnamigen Talk-Show den berühmten und beliebten Ruhrpotttuner "JP Kraemer". "Definitiv das Aufwerten von Minderwertigkeitsproblemen.", antwortete JP auf diese Frage.

Turbolader

Hubraum ist durch nichts zu ersetzen! So heißt es oft bei Autofans. Aber auch bei weniger autobegeisterten Menschen ist dieser Spruch mittlerweile jedem bekannt. Doch so ganz stimmt es wohl nicht. Das sehen zumindest viele Fans von Turbomotoren als auch die Automobilhersteller so. Denn durch die Effizienzsteigerung des Turboladers und die Möglichkeit der deutlich höheren Leistungsausbeute, hat er unlängst den natürlich beatmeten Saugmotor vom Fahrzeugmarkt verdrängt. Allenfalls in amerikanischen Muscle-Cars und europäischen Hypercars, wie zum Beispiel dem Lamborghini Aventador (6.5 V12, 700 PS - 770 PS) oder dem Porsche 918 (4.6 V8EE, 887 PS), kommen Saugmotoren noch aufgrund ihres dort außergewöhnlich hohen Entwicklungsstandes und ihres exotischen Charakters bei vielzylindrigen Motoren (V8, V10, V12) noch zum Einsatz.

Saugmotor. Widmen wir uns zunächst kurz dem guten alten Sauger. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er weder turbo- noch kompressor aufgeladen ist. Außerdem hat er einen völlig eigenen, absolut unverwechselbaren Charakter. Saugmotoren produzieren einen kernigeren Klang und haben ein schärferes Ansprechverhalten. Für viele eingefleischte Auto fans sind sie das einzig wahre Aggregat. Vor allem Anhänger von amerikanischen Muscle-Cars sind oft der Ansicht, dass man auf Turbolader gänzlich verzichten sollte.

Realbeispiel. Ich gebe zu, auch ich war einige Zeit lang dieser Meinung. Nachdem ich lange Zeit viel Ärger mit in die Jahre gekommenen turbound biturboaufgeladenen Fahrzeugen hatte und irgendwann nur noch enttäuscht und angefressen war, nahm ich mich der Meinung an, dass Saugmotoren alltagstauglicher und zuverlässiger sind. Motoren mit Turboladern ordnete ich eher der Kategorie Spaß- und Sommerfahrzeuge zu. Gewissermaßen war da auch etwas dran. Denn Turbolader sind äußerst sensible Bauteile, die bei falscher Behandlung stark verschleifen können. Außerdem bringen sie extrem viel Technik und Sensorik mit sich, die man bei einem Saugmotor hingegen nicht benötigt.

Sauger vs. Turbo. Heutzutage kommt man um Turbolader kaum noch herum. Und mittlerweile wollen viele das auch gar nicht mehr, denn es gibt doch nichts Schöneres als von dem "Punch" eines großen Turboladers in den Sitz gedrückt zu werden. Saugmotoren haben den Vorteil, dass, ähnlich wie bei Elektromotoren, ihre je nach Drehzahl anliegende Kraft, sofort zur Verfügung steht. Es muss kein sogenanntes Turboloch überwunden werden. Außerdem können sie sportlicher, agiler und drehfreudiger sein, als aufgeladene Motoren. Doch das ist natürlich auch ein Stück weit davon abhängig, wie bissig sie ab Werk gebaut und eingestellt oder vielleicht später getunt sind. Nimmt man jedoch mal gleiche Voraussetzungen zweier Motoren an, also Dinge wie Hubraum, Bauart, Zylinderanzahl, Leistung und Drehmoment, so ist ein turboaufgeladener Motor dem Sauger gegenüber immer im Vorteil. Dies gilt für die Beschleunigung, die Leistungsausbeute, das Drehmoment und den Kraftstoffverbrauch im Teillastbereich.

Downsizing. Der Turbomotor ist nicht nur effizienter, sondern bringt auch eine deutlich bessere Performance auf die Straße. Deshalb leiden moderne Motoren auch unter

dem sogenannten "Downsizing". Dieser Begriff beinhaltet, dass die Motoren immer weniger Hubraum haben, gleichzeitig aber mit Hilfe von Turboaufladung immer mehr Leistung, Drehmoment und Performance entwickeln. Sie werden also "hochgezüchtet". Parallel werden sie durch die Einsparung von Hubraum und magereres Laufen (kraftstoffärmeres Benzinluftgemisch) in Teillastbereichen immer sparsamer. Viele Menschen, auch solche, die nicht mal unbedingt Autofans sind, prangern dies interessanterweise an. Denn all diese neuen positiven Eigenschaften gehen zu Lasten der Haltbarkeit und des Charakters. Während die Technik unweigerlich voranschreitet, verlieren dabei die Aggregate leider auch zunehmend an Charme. Darüber hinaus entstehen so auch noch konzentriertere und giftigere Abgase. Bei Benzinern als auch bei Dieselmotoren. Viele Automobilhersteller passen ihre Produkte natürlich an und verstärken entsprechend die Motoren, benutzen hochwertigere und modernere Materialien oder rüsten sie beispielsweise mit Filtern und neuen Sensoriken aus. Doch trotzdem haben viele moderne hubraumschwache Turbomotoren immer wieder Probleme mit ihren viel zu klein dimensionierten Steuerketten oder den Ladedrucksystemen. Dieses Problem ist vor allem bei VW und Co. bekannt.

Und auch die Zahlen der kompletten Motorschäden häufen sich. Das Downsizing nimmt inzwischen mithilfe von Turboladern Formen an, die sich vor nicht ein mal zwei Jahrzehnten noch niemand vorstellen konnte. Während vor wenigen Jahren noch ein hubraumstarker V8 mit viel Drehzahl und Sportlichkeit für 400 PS benötigt wurde, sprengt mittlerweile der Daimler-Konzern in Sachen Downsizing alle Rahmen und Vorstellungen. Denn ausgerechnet Mercedes-Benz, die Marke die so für ihre pompös großen Achtzylinder bekannt war und gefeiert wurde, macht nun schon seit einigen Jahren mit einem

bereits in der vierten Generation entwickeltem 2.0 Liter Reihenvierzylinder mit sage und schreibe 421 PS, Schlagzeilen. Dieses Aggregat kommt im A45 AMG S zum Einsatz. Wo Mercedes-Benz turboaufgeladene Vierzylinder verwendet, kommen bei Audi immerhin noch 2.5 Liter Fünfzylinder in vergleichbaren Autos zum Einsatz. BMW bevorzugt dagegen sogar noch einen Zylinder mehr und versorgt die Liebhaber der Marke mit ihren Modellen M140i (340 PS) und M2 (370 PS und 410 PS) mit 3.0 Reihensechszylindermotoren. Diese sind natürlich auch turboaufgeladen, aber haben dafür zwei Zylinder und einen ganzen Liter Hubraum mehr.

Sportwagen / Coupés

Audi	BMW	Mercedes-Benz
TT RS 8S	M2 F22	CLA45 AMG S 177
2.5 R5T	3.0 R6TT	2.0 R4T
400 PS	370 PS 410 PS	421 PS



In der Mittelklasse sieht es hingegen ganz anders aus. BMW bleibt bei den Sechszylindern. Audi stockt ebenfalls um einen Zylinder auf und der Erfinder des Automobils, Mercedes-Benz, schreckt dort sogar vor Achtzylindermotoren noch nicht zurück. Erfreulicherweise bleibt sich Mercedes hier wenigstens treu.

Mittelklasse

Audi	BMW	Mercedes-Benz
RS4 B9 RS5 F5	M3 F80 M4 F82	C63 AMG 205
2.9 V6TT	3.0 R6TT	4.0 V8TT
450 PS	431 PS, 450 PS 460 PS, 500 PS	476 PS 510 PS

Obere Mittelklasse

Audi	BMW	Mercedes-Benz
RS6 C8, RS7 C7	M5 F90 M6 G32	E63 AMG 213
4.0 V8TT	4.4 V8TT	4.0 V8TT
560 PS 600 PS 605 PS	560 PS, 575 PS 600 PS, 625 PS	571 PS 612 PS

Oberklasse

Audi	BMW	Mercedes-Benz
S8 D4	M760Li G11	S65 L AMG 222
V8TT	6.6 V12	6.0 V12TT
520 PS 605 PS	585 PS 610 PS	630 PS

In der oberen Mittelklasse unserer edlen Premiumhersteller sieht es dagegen wie folgt aus: Mittlerweile verbauen hier alle drei Premiumhersteller biturboaufgeladene Achtzylindermotoren, die bei weitem auch nicht mehr den Charakter ihrer Vorgänger haben. Dafür leisten sie aber eine wahnsinnige Performance. Auch hier ist BMW tatsächlich wieder am Hubraumstärksten.

Neuausrichtungen. Auch wenn Mercedes-Benz wie gewohnt in der Mittelklasse noch immer die dicksten Motoren hat, sieht man doch deutlich, dass eher BMW der Automobilhersteller ist, welcher noch am meisten Wert auf Hubraum legt. Dies ist klar an den oberen und unteren Klassen zu erkennen. Gerade bei diesen beiden Herstellern ist in den letzten Jahren auch eine deutliche Neuausrichtung der Produkte am Markt zu verspüren gewesen. BMW, ehemals eher im sportlichen Premiumbereich bekannt, ist nun einen ganzen Schritt mehr in Richtung Komfort und Luxus gegangen. Genau dort war ursprünglich Mercedes-Benz mit seinen Produkten angesiedelt. Aber die "Benser" machen den "Bimmern" mittlerweile deutliche Konkurrenz im sportlichen Bereich. Mercedes-Benz ist viel extremer in die sportlichere Richtung gewandelt.

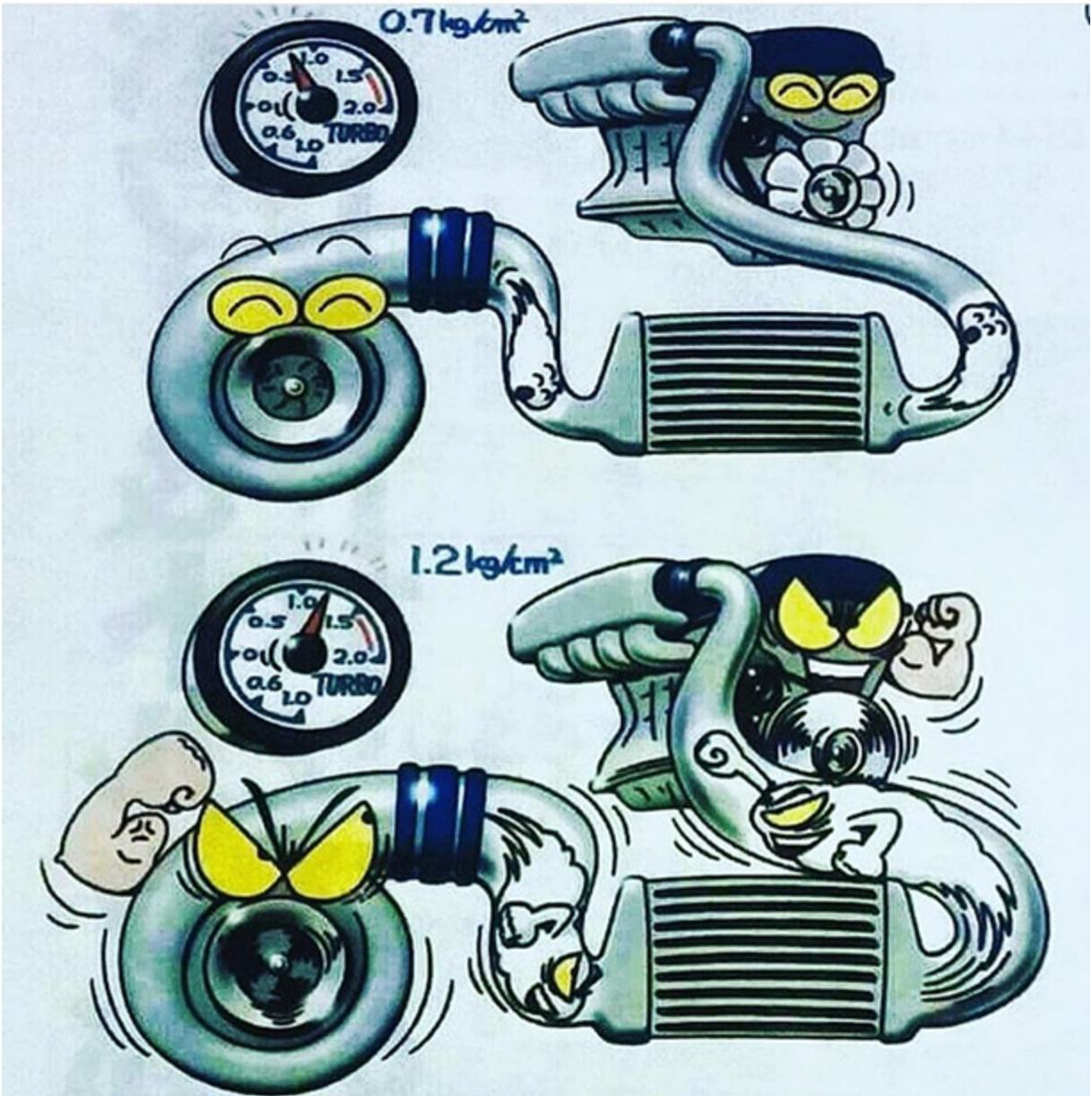
Saugdiesel. Wie man sieht, gehört der Saugmotor in der modernen Autowelt leider bereits seit einigen Jahren der Vergangenheit an. Während sich im vergangenen Jahrzehnt der benzinbetriebene Sauger noch nicht von der Bildfläche

vertreiben lassen hat, gibt es den Saugdiesel hingegen schon seit über 20 Jahren fast gar nicht mehr. Der letzte halbwegs Be kannte seiner Art lief 2010 vom Band und war zu diesem Zeitpunkt schon über alle Maße veraltet und im Prinzip schon fast unbrauchbar. So unterentwickelt war er leider nun mal ohne den dazugehörigen Turbolader. Beim Dieselmotor ist ein Turbolader geradezu obligatorisch.

Downsizing. Es gibt viele Arten einen Motor aufzuladen. Aber die heutzutage mit Abstand am meisten verwendete ist eindeutig der Abgasturbolader. Der Turbomotor hat mittlerweile längst den Markt übernommen und dies hat seine Gründe. Denn gewissermaßen ersetzt ein Turbolader nun mal doch Hubraum. Wo früher für 150 PS ein 2.0-Liter-Vierzylinder-Sauger benötigt wurde, reicht heute auch spielend ein turboaufgeladener Dreizylinder. Dieser hat dann sogar noch größere Leistungsreserven und auch einen deutlich niedrigeren Kraftstoffverbrauch. Auch seine Performance ist dabei erheblich besser, was sich im Durchzug spürbar bemerkbar macht.

Technische Funktion. Das Schönste an Turbomotoren ist, neben dem pfeifenden Geräusch des Laders, die Performance, die ein gut abgestimmter Turbobenziner auf die Straße bringen kann. Unter gleichen Verhältnissen ist diese sogar noch besser als bei einem Elektromotor und auch besser als bei einem modernen Turbodieselmotor. Auch wenn dieser noch so hochgezüchtet und noch so drehmomentstark ist. Doch wie funktioniert das eigentlich? Was verbirgt sich hinter dieser unseriösen, aber coolen Bezeichnung "Turbo"? Was ist ein Turbolader und wie funktioniert er? Jeremy Clarkson, der Kopf des berühmten Moderatorentrios der erfolgreichsten und bekanntesten Auto-TV-Show der Welt "Top Gear" (mittlerweile „The Grand Tour“ bei Amazon Prime), sagte mal: "Exhaust gasses go into the turbocharger and spin it. Witchcraft happens and

you go faster!" Das war mal wieder ein großartiges Beispiel für den britischen Humor. Fans der Serie wissen was gemeint ist. Für alle Anderen kann man auf jeden Fall wärmstens empfehlen, Top Gear und The Grand Tour ein Mal anzuschauen. Auf Deutsch übersetzt heißt der Satz so viel wie: "Abgase gehen in den Turbolader und drehen ihn. Hexerei passiert und man wird schneller." Dies ist natürlich aus wissenschaftlicher Sicht eine komplett unbefriedigende Erklärung, da sie nichts erläutert. Um den britischen Humor zum Ausdruck zu bringen, ist die Aussage jedoch ganz passabel.



Ein Turbolader besteht aus zwei Turbinen, die mit einer Welle verbunden sind. Die eine Turbine wird vom Abgasdruck des Motors angetrieben und beschleunigt. Sie dreht die Welle und damit auch die zweite Turbine am anderen Ende der Welle. Durch die zweite Turbine wird Luft angesaugt und im Motor unter Druck verdichtet. Hierbei spricht man vom Ladedruck. Vergleich man dies jetzt mit einem gleichgroßen Motor, der allerdings nicht turboaufgeladen ist, so kann man Folgendes feststellen: Es

befindet sich eine viel größere Luftmenge im gleichen Hubraum als bei einem Saugmotor und somit folglich auch mehr Sauerstoff. Mit der Zugabe von einer angepassten, aber logischerweise höheren Kraftstoffmenge, entsteht so deutlich mehr Leistung und Drehmoment. Durch diese Art und Weise des zusätzlichen motorinternen Energiekonzeptes entsteht auch letztlich eine bessere Performance und ein höherer Wirkungsgrad als beim klassischen Saugmotor. Obwohl Turbomotoren meist deutlich weniger drehfreudig sind, beschleunigen sie im Verhältnis doch um einiges besser. Das Phänomen bezüglich der Drehfreudigkeit lässt sich übrigens für jedermann ganz einfach im Leerlauf mit einzelnen Gasstößen überprüfen. Man wird feststellen, dass der Turbomotor im Leerlauf deutlich schwerfälliger reagiert.

Bezeichnungen. Turbolader werden von den Automobilherstellern gerne mit einem T gekennzeichnet oder aber auch mit weiteren Kürzeln, die heutzutage wahrscheinlich den Meisten längst bekannt sein dürften. "TSI" (Turbocharged Stratified Injection = Benzindirekteinspritzung mit Turboaufladung) ist die Bezeichnung von VW, Seat und Škoda. "TFSI" (Turbocharged Fuel Stratified Injection) wird von Audi verwendet. Allerdings handelt es sich hierbei um die exakt gleiche Technik und die gleichen Motoren. Der Grund, warum bei Audi noch ein "F" mit in der Bezeichnung steht, ist schlichtweg Marketing. Audi ist im Vergleich zu VW, Seat und Škoda eine Premiummarke und soll sich von den Anderen abgrenzen. Nichtsdestotrotz verbirgt sich unter den Motorhauben die gleiche Technik. Meist kommen die Motoren sogar von Audi selbst und werden lediglich in den anderen Konzernmitgliedern ebenfalls verbaut. Viele andere Hersteller fügen hinter der Hubraumzahl lediglich noch ein "T" oder den Schriftzug "Turbo" hinzu. Die zuvor genannten sowie einige weitere Automarken benutzen die Bezeichnung TDI (**T**urbo **D**iesel **I**njection, deutsch: Turboaufladung mit

Dieseldirekteinspritzung) für ihre Dieselmotoren. Bei Opel verwendet man "CDTI" und bei Mercedes-Benz "CDI". "GTDi" (**G**asoline **T**urbocharged **D**irekt **i**njektion) ist wiederum die Bezeichnung von Volvo für ihre turboaufgeladenen Benzindirekteinspritzer, welche baugleich mit den "EcoBoost-Motoren" von Ford sind. Renault verwendet die Bezeichnung "TCe", während der PSA-Konzern als zweitgrößter Automobilhersteller Europas für seine Marken Peugeot und Citroën "THP" als Bezeichnung für die turboaufgeladenen Benzinmotoren und "HDI" (**H**igh **P**ressure **D**irekt **I**njection, deutsch: Hochdruckdirekteinspritzung) für ihre hochgelobten Turbodieselmotoren benutzt. BMW kennzeichnet seine Benzinmotoren grundsätzlich mit einem "i" (**I**njection), egal ob turboaufgeladen oder nicht und seine Dieselmotoren mit einem "d". Letztere sind grundsätzlich und schon immer mit mindestens einem Abgasturbolader ausgestattet.

Singleturbo. Der Favorit eines Tunerherzes ist der klassische und alleine arbeitende "Singleturbo". Wie man vom Namen schon ableiten kann, handelt es sich hierbei lediglich um Motoraufladung durch einen alleinigen Turbolader. Je nach Größe des Laders hat dieser erst ein großes "Turboloch" (Trägheitsmoment) zu überwinden und legt anschließend mit voller Wucht los. Das bedeutet, dass die Abgase, die den Turbolader antreiben, vor allem bei niedriger Drehzahl erst das Trägheitsmoment überwinden müssen, bevor die Turbine auf entsprechende Geschwindigkeit kommen kann und Luft im Motor verdichtet wird. Dabei reagiert der Motor verzögert und dies ist zeitlich deutlich spürbar. Ist dies erst mal geschafft, setzt die Beschleunigung voll ein. Oder umgangssprachlich ausgedrückt, dauert es einen Moment bis er richtig kommt. Je kleiner der Turbolader ist, desto niedriger ist das Trägheitsmoment. Je größer er ist, desto größer wird also auch das Turboloch. Dieser klassische "Turbo-Punch", der

anschließend nach Überwindung des Turbolochs einsetzt, ist mit das Schönste was es bei Autos gibt. Vor allem bei Turbofans ist er deshalb natürlich äußerst beliebt. Er wird von Dieselfahrern gerne auch fälschlicherweise auf das Dieseldrehmoment zurückgeführt. Das Turboloch schafft ein äußerst sympathisches Feeling. Die Automobilhersteller versuchen jedoch das Turboloch durch Twin-Scroll-Turbolader und Biturboaufladung auszumerzen. Dadurch soll der Motor leichtfüßiger und effizienter werden. Ein wahrer Turbofan weiß jedoch das Turboloch eindeutig zu schätzen. Denn ohne diesen Effekt fühlt sich der anschließende Punch nur halb so brachial und aufregend an. Es gibt viele besondere, beliebte und berühmte turboaufgeladene Motoren, die einem dieses unnachahmliche Feeling verschaffen können.

VTG. Eine besondere und oft verwendete Variante des Abgasturbolader ist die sogenannte "VTG" (Variable Turbinengeometrie). Hierbei können die Schaufelräder der Turbine über ein Gestänge verstellt werden. Das Ganze passiert entweder mechanisch per Unterdruck oder aber elektronisch per Stellmotor. Der Fahrer hat ausschließlich Einfluss mit der Gaspedalstellung auf diese Funktion. Das heißt, sie ist nicht manuell einstellbar. Die variable Turbinengeometrie hat den Zweck, dass das Ansprechverhalten des Turboladers und der Ladedruck stufenlos geregelt werden können. Diese beiden Werte sind abhängig von einander und harmonieren hierbei nicht. Das heißt, je mehr man von dem einen Wert haben will, desto stärker muss der andere Wert einbüßen. Außerdem wird durch die verstellbaren Leitschaufeln auch das Turboloch deutlich verringert, da der Lader auch bei schwacher Gaspedalbetätigung auf verhältnismäßig höheren Drehzahlen gehalten werden kann.



(Turbolader mit verstellbaren Schaufeln und Abgaskrümmen einer vierzylindrigen Motorbank)

Twin-Scroll. Eine ebenfalls immer öfter zum Einsatz kommende Variante ist der Twin-Scroll-Turbolader. Besonders häufig bei BMW und Subaru verbaut, kommt er aber auch vereinzelt bei Ford, Alfa Romeo, Opel und anderen Autoherstellern vor. Bei dieser Variante des Turboladers ist der Abgaskrümmen, welcher dem Turbolader den benötigten Antriebsdruck zuführt, in zwei oder mehrere Kanäle gesplittet. Dies dient einem besseren Ansprechverhalten des Turboladers und somit auch des gesamten Motors. Der Twin-Scroll-Turbolader bei BMW unter dem Marktnamen "TwinPower Turbo" (Markenname) darf nicht mit dem "Twin-Turbo" (technische Bezeichnung)

verwechselt werden, bei welchem zwei gleichgeschaltete Turbolader zum Einsatz kommen.

Biturbo. Die Form der Twin-Turbo-Aufladung wird wiederum auch oft mit dem bekannteren "Biturbo" gleichgesetzt, was ebenfalls nicht korrekt ist. Während Twin-Turbolader parallel laufen und gleich sind, kommt beim Biturbo ein sequentieller Einsatz zustande. Das bedeutet, dass im unteren Drehzahl- und Teillastbereich ein kleinerer Turbolader läuft, welcher aufgrund des niedrigeren Trägheitsmomentes ein besseres Ansprechverhalten besitzt. Wird mehr Leistung benötigt, wird ein zweiter, größerer Turbolader hinzugeschaltet. Auch die Geometrie der Turbinen unterscheidet sich hierbei meistens. Mittlerweile vermischen sich allerdings die Bezeichnungen Biturbo und Twin-Turbo aufgrund der von den Automobilherstellern unterschiedlichen und leicht zu verwechselnden Namen und unterschiedlichen Systemen, die einander nicht immer korrekt zugeordnet werden.

Triturbo und Quadrturbo. Vor allem BMW ist in Sachen Turboaufladung ein äußerst interessanter Hersteller. In der Generation F10 des 5er BMW kam ein bis dato einzigartiger Dieselmotor auf den Markt. Ein 3.0 Reihensechszylinder. Soweit weder etwas Neues, geschweige denn etwas Besonderes. Was ihn aber von allem bisher Dagewesenem unterschied, war seine dreifache Turboaufladung. Damit generierte er 381 PS und 740 Nm und beschleunigte den M550d in 4,7 Sekunden auf 100 km/h. An sich noch nicht unbedingt ein Performancewunder, aber für einen 3.0 Liter Diesel auf jeden Fall schon recht schnell. In der nachfolgenden Generation des 5er (G30) setzte BMW dann noch mal einen drauf. Und zwar im wahrsten Sinne des Wortes, denn noch ein weiterer Turbolader ist hinzugekommen. Vierfache Turboaufladung gab es zuvor nur bei Bugatti. Jedoch für Motoren mit vier Zylinderbänken, 8.0

Liter Hubraum und mindestens 1.000 PS. Der BMW-Dieselmotor jedoch leistet 400 PS. Ob sich ein ganzer Turbolader für die 19 PS Mehrleistung im Vergleich zum Vorgängermodell lohnt, ist allerdings fragwürdig. An sich handelte es sich hierbei nichtsdestotrotz um modernste und äußerst beeindruckende Technik. Und vier Turbolader unter der Haube zu haben, kann gewiss nicht jeder von sich behaupten.

Elektrischer Turbolader. Erstmals von Audi auf den Schirm gerufen, aber eigentlich modernste Technologie aus der Formel 1, fasst eine neue Form der Turboaufladung inzwischen Fuß in den Fahrzeugen der Premiummarken. Der elektrische Turbolader wird nicht mehr vom Abgasdruck angetrieben, sondern von einem kleinen Elektromotor. Selbst für hohe Drehzahlen und viel Ladedruck im Serienfahrzeugbereich reichen hier Elektromotoren mit kW-Zahlen im einstelligen Leistungsbereich aus. Ein Turboloch entfällt damit endgültig. Der Turbolader und damit auch der Motor haben hierdurch ein deutlich besseres Ansprechverhalten und keine Verzögerungsmomente mehr. Auch das Drehmoment kann so bei niedrigen Drehzahlen erhöht werden. Aus technischer Sicht ist ein elektrischer Turbolader effizient und performancestark. Aber auch hierbei geht durch die technische Neuerung wieder ein weiteres Stückchen Charakter und Charme verloren. Mercedes-Benz integriert als erste Marke in allen Modellen der Baureihe 206 (C-Klasse W206 ab 2021) den elektronischen Turbolader. Da bei der Baureihe 206 jede Motorisierung, wie auch mittlerweile bei allen anderen Modellen und Motorisierungen der deutschen Automobilhersteller, einen Turbolader hat, sind hierbei nur noch elektronische Turbolader vorzufinden. Das gilt auch für die Flaggschiffe der AMG-Baureihe. Selbst der ursprünglich so hubraumstarke C63 AMG, welcher der Inbegriff für V8-Power und Hubraum unter den deutschen Autobauern war,

steht jetzt nur noch als Hybrid mit Vierzylinder-Turbo und Elektromotor da. In den Augen vieler Kenner und Autobefähigten ist dies totale Blasphemie und ein absolutes No-Go! Auch hier büßt der Charakter wieder ein. Denn in einem sind sich alle einig: Ein V8-Sauger, auch ein V8-Biturbo, wie er zuletzt im C63 AMG eingesetzt wurde, ist um Längen charakteristischer als ein Vierzylinder-Turbo oder gar ein Hybrid.

Verschleiß. Wo immer mehr und mehr Turbotechnik zu finden ist, da kann auch mehr kaputt gehen. Vor allem betrifft das die empfindlichen Turbolader an sich. Aber auch die ganze Elektronik und Sensorik, die heutzutage in Verbindung mit dieser Technik eingesetzt werden. Turbolader an sich sind recht sensible Bauteile, bei denen man wissen muss, wie man sie zu fahren hat, um Verschleiß möglichst zu vermeiden. Bei manchen mehrfach aufgeladenen Fahrzeugen existiert auch das Problem, dass man bei einer Reparatur nicht nur einen Turbolader ersetzen kann. Aufgrund der aufeinander angepassten Einstellungen und Geometrien der Turbolader muss bei manchen Modellen gleich der zweite Lader mitersetzt werden. Es gibt auch immer wieder Schrauber und Autofreaks die behaupten ein Turbolader wäre ein grundsätzliches Verschleißteil. Zum Beispiel wie eine Kupplung oder Bremsscheiben. Dem ist allerdings definitiv nicht so. Wenn ein Turbolader unter Verschleiß leidet, so hat dies immer technische Gründe, die vermieden werden können. Vorausgesetzt der Lader ist aus hochwertigem Material gefertigt und richtig konstruiert, wie es die Norm sein sollte. Man muss lediglich wissen, wie man einen Turbomotor richtig zu behandeln hat, damit der Verschleiß eines Laders nahezu Null ist. Dafür gibt es vor allem drei wichtige Regeln.

1. **Kaltstart.** Nach dem Start des Motors nicht direkt Gas geben, sondern eine kurze Wartezeit einlegen bevor

man losfährt. Die Rede ist hier natürlich nicht von einer halben Stunde, sondern lediglich von wenigen Sekunden. In denen kann sich das Motoröl überall verteilen und entsprechend auch den Turbolader erreichen. Dies ist sehr wichtig, damit dieser geschmiert wird, bevor er anfängt mitzuarbeiten. Denn im Leerlauf kommen die meisten Turbolader in der Regel gar nicht zum Einsatz. Mit Öl werden sie aber dennoch versorgt. Deshalb ist es wichtig, dass der Motor kurz läuft, bevor der Turbolader zum Einsatz kommt.

- 2. Warmfahren.** Bis der Motor nicht halbwegs warm ist, sollte man Drehzahlen oberhalb der 3.000 Umdrehungen vermeiden. Das gilt auch für die Vollgasstellung, da Motor als auch Turbolader dabei unter größter Belastung stehen. Wenn die mechanischen Teile und das Motoröl eine entsprechende Temperatur erreicht haben, vertragen sie die Volllast nicht nur deutlich besser, sondern es ist auch gleichzeitig eine optimale Schmierung gewährleistet. Sportliche Fahrzeuge haben oft eine Öltemperaturanzeige. Nicht unbedingt eine Analoge mit Zeiger, sondern zum Beispiel auch im Bordcomputer oder im FIS (Fahrerinformationssystem) zwischen Tacho und Drehzahlanzeige. Die Öltemperatur ist entscheidend. Nicht die Kühlwassertemperatur. Hat man allerdings keine Anzeige für die Öltemperatur, dann kann man sich alternativ nach der Kühlwassertemperatur richten. Bei 90°C ist die ideale Temperatur erreicht. Meistens hat das Öl dann ca. 70°C erreicht. Ab da ist es auch größtenteils für die volle Belastung einsatzbereit. Allerdings ist das eher eine Faustformel. Vor allem im Winter können durch die niedrige Außentemperatur bedingt, erhebliche Abweichungen zwischen Öl- und Kühlwassertemperatur entstehen. Möchte man auf Nummer sicher gehen, lässt

man sich einfach noch ein paar Minuten mehr Zeit. Für jemanden der sein Auto liebt, sollte dies kein Problem darstellen.

3. **Kaltfahren.** Wenn der Motor richtig "geprügelt" wurde und man öfter Vollgas gegeben oder zuletzt eine Beschleunigungsorgie durchgeführt hat, dann sollte man ihn erst "kaltfahren". Das heißt, dass man circa auf den letzten zwei bis drei Kilometern keine übermäßige Beanspruchung mehr von seinem Gefährt verlangt, sondern ganz normal und besonnen fährt. Dabei wird das Öl wieder ein bisschen heruntergekühlt und der Turbolader erreicht keine hohen Drehzahlen mehr.
4. **Nachlaufen lassen.** Ist man am Ziel angekommen, kann man den Motor kurz ein wenig nachlaufen lassen. Eine halbe Minute dürfte in der Regel voll und ganz ausreichen. Dies empfiehlt sich eigentlich auch nach jeder normalen Fahrt. Der Sinn besteht darin, dass der vielleicht noch nachdrehende Turbolader weiterhin vom Motor geschmiert werden kann. Turbolader können sehr hohe Drehzahlen erreichen und möglicherweise noch im Bewegungszustand, also am Auslaufen sein, wenn der Motor bereits abgestellt wird. Der Reibungswiderstand der Turbinen ist äußerst gering, weshalb Turbolader noch recht lange nachdrehen, bevor sie zum Stillstand kommen. Stellt man bei Erreichen des Ziels einfach den Motor ab und der Turbolader dreht noch aus, weil seine vorherige Drehzahl möglicherweise recht hoch war, wird er nicht mehr geschmiert. Hier tritt in der Regel auch der höchste Verschleiß bei den meisten Turbos auf, da viele Menschen diese kleine, aber goldene Regel nicht beachten. Turbolader können bis zu 300.000 Umdrehungen pro Minute erreichen. Das ist wahnsinnig viel. Zum Vergleich: Ein normaler Benzinmotor macht durchschnittlich maximal 6.000 Umdrehungen pro Minute. Ein normaler Diesel macht 4.000 U/min.

Moderne Benziner, die ausschließlich in Sportwagen zum Einsatz kommen, drehen auch schon mal bis 9.000 Umdrehungen. Die Motoren in der Formel 1 erreichten Mitte der 2000er Jahre sogar Motordrehzahlen von bis zu 19.000 U/min. Mittlerweile ist ihre Drehzahl auf 15.000 Umdrehungen begrenzt. Ein Turbolader macht im Gegensatz dazu utopisch hohe Drehzahlen. Da ist es auch verständlich, dass die Turbine nicht von jetzt auf gleich wieder zum Stillstand kommt, sondern erst mal ausdrehen muss. Dies kann eine ganze Weile dauern, da sie sich mit sehr wenig Widerstand dreht und entsprechend nur schwach gebremst wird. Während dieser Zeit muss der Turbolader noch geschmiert werden. Wenn der Motor einfach abgestellt wird, ist dies nicht mehr der Fall. Daher ist bei zuvor hoher Beanspruchung eine abschließende kurze Nachlaufzeit und / oder ein Kaltfahren immer angebracht.

Ikonen. Die berühmtesten Motoren mit Turboaufladung sind vermutlich die Fünfzylinder von Audi. Diese wurden erstmals in der ehemaligen Ral Iye-Ikone Audi Quattro (200 PS - 306 PS) Anfang der 80er Jahre eingesetzt. Das eigentliche Rallye-Fahrzeug, dem das Serienmodell nachempfunden war, leistete damals sogar schon 530 PS. Später in den 90ern generierte dann ein weiterentwickelter Fünfzylinder im Audi RS2 (2.2 R5T) bis zu 315 PS. Nachfolger des RS2 wurde der Audi RS4 B5, welcher einen modifizierten 2.7-V6-Biturbo bekam. Auch dieser ist unter turboaufgeladenen Aggregaten extrem berühmt. Er wurde zuvor aus dem Audi S4 B5 entnommen, wo er zunächst 265 PS und 400 Nm leistete. Nach dem Aufpeppeln entwickelte er eine stolze Leistung von 380 PS. Der Motor hatte, vor allem für damalige Verhältnisse, eine großartige Performance. Auch heute macht er noch neueren RS4-Modellen und anderen Konkurrenten in dieser Klasse die Beschleunigungswerte streitig. Als dieses Fahrzeug aktuell war, hatte keiner seiner

Gegenspieler am Markt eine Chance gegen ihn. Seine typischen Dauerkonkurrenten, der C63 AMG von Mercedes-Benz und der BMW M3 konnten ihm seiner Zeit nicht das Wasser reichen. Heutzutage sind der Audi Quattro als auch der Audi RS4 B5 unter Kennern hoch angesehen. All diese altertümlichen Turbomotoren von Audi werden auch in der Szene äußerst angepriesen und sind heute beliebter als je zuvor. Wenn man von besonderen und berühmten Turboaggregaten spricht, darf man natürlich auch die Toyota Supra JZA (vierte Generation) mit dem berühmten 2JZ-GTE-Motor (3.0 R6TT, 330 PS) nicht vergessen. Das Gleiche gilt auch für das ebenfalls aus Japan stammende Gegenstück, den Nissan Skyline GT-R R34 (2.6 R6TT, 280 PS). Diese beiden Fahrzeuge erlangten nach den ersten zwei Fast-and-Furious-Filmen weltweite Berühmtheit. Heute sind sie begehrte Sammlerobjekte und erzielen bei Verkäufen seit einigen Jahren immer wieder neue Höchstpreise.

Nissan Skyline GT-R R34. Zum Zeitpunkt des Erscheinens dieses Fahrzeuges, bestand zwischen den japanischen Fahrzeugherstellern eine Einigung. Es handelte sich dabei um eine freiwillige Selbstbeschränkung auf 280 PS. Ähnliche Einigungen gibt es auch schon seit einiger Zeit bei den deutschen Automobilherstellern. Bloß geht es dabei um die Endgeschwindigkeit und nicht um die Leistung. Dies ist der Grund, warum die meisten Autos aus Deutschland bei 250 km/h elektronisch abgeregelt sind. Die nächstsportlichere Motorisierung unterhalb des Skyline GT-R war der GT-T (2.5 R6T, 280 PS). Dieser Motor war dem des GT-R sehr ähnlich, allerdings war er bei weitem nicht so aufgepeppelt. Doch auch er leistete bereits 280 PS. Aufgrund der freiwilligen Selbstbeschränkung gab Nissan den viel schnelleren GT-R aber ebenfalls mit 280 PS an. In Wahrheit jedoch, lagen Leistungsmessungen bei diesem Fahrzeug weit jenseits der 300 PS. Die Fahrleistungen des GT-R spiegeln dies auch wieder.

Die stärksten Motoren. Aktuell werden in Sachen Downsizing und Turboaufladung immer wieder neue Maßstäbe von der Automobilindustrie gesetzt. Ein hochgezüchteter Turbomotor jagt den Nächsten. Auf der folgenden Seite ist eine Tabelle mit den aktuell leistungsstärksten Motoren nach Zylinderanzahl geordnet. Da sich die leistungsstärksten Ein- und Zweizylindermotoren in Motorrädern wiederfinden, wurde auf diese verzichtet. Es gibt zwar beispielsweise im Fiat 500 oder im Alfa Romeo Mito tatsächlich auch schon Zweizylinder-V-Motoren mit gerade mal 900 Kubikzentimeter Hubraum (0.9 Liter), aber diese fallen hier nicht in die Wertung. Denn die leistungsstärksten Ein- und Zweizylindermotoren sind definitiv noch in Motorrädern verbaut und nicht in Personenkraftwagen. Auf Hybridfahrzeuge wurde ebenfalls bewusst verzichtet, da es sich bei ihnen nicht um einen reinen Verbrennungsmotorantrieb handelt. Ein Hybridfahrzeug besteht immer aus mindestens zwei oder mehreren Aggregaten.

Stärkste Serienmotoren nach Zylinderanzahl