



Kommunikation Modellreihen, Innovation und Technologie

Tobias Söllner

Telefon: +49 841 89-36188

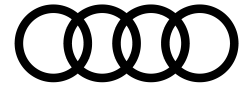
E-Mail: tobias.soellner@audi.de

www.audi-mediacyenter.com

Mai/Juni 2017

TechDay Combustion Engine Technology

1. Effizienz und Fahrspaß: innovative V-Motoren bei Audi	2
1.1 Synergieeffekte im Konzern: die V-Motoren-Strategie	2
1.2 Umfangreich verbessert: der neue 3.0 TDI	5
1.3 Der aktuell stärkste Serien-Diesel von Audi: V8 4.0 TDI	6
1.4 Vielseitiges Kraftpaket: der neue Audi 3.0 TFSI	7
1.5 Hochleistungsmotor: der neue 2.9 TFSI	10
1.6 Dynamisch und emotional: der neue Audi SQ5 3.0 TFSI	11
2. Audi g-tron-Modelle mit Audi e-Gas: die Energiewende im Tank	17
2.1 Sportlich, effizient und höchst wirtschaftlich: die Audi g-tron-Modelle	17
2.2 Kompromisslos sicher: die CNG-Behälter	19
2.3 Nahezu klimaneutral fahren: Audi e-gas	20
2.4 Potenzial: Ausbau des CNG-Netzes und neue Herstellungsverfahren	21
3. Prüfzyklen und Abgasvorschriften	22
3.1 Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)	22
3.2 WLTP	23
3.3 RDE und PEMS-Messung	25
3.4 Neue Abgasnorm Euro 6c	26
4. Vielseitig und effizient: die Mild-Hybrid-Technologie	26
4.1 MHEV: die Funktionsweise	27
4.2 Breit aufgestellt: das 48-Volt-Bordnetz	28
4.3 Elektrisch rollen, kraftvoll boosten: Audi Q8 sport concept	29



1. Effizienz und Fahrspaß: innovative V-Motoren bei Audi

V-Motoren gibt es unter den Vier Ringen seit 29 Jahren – 1988 debütierte der 3,6-Liter-Achtzylinder im Audi V8. Zwei Jahre später folgte ein 2,8-Liter-V6 im Audi 100. In den 90er Jahren ging es dann Schlag auf Schlag: 1997 erschien mit dem 2.5 TDI der weltweit erste V6-TDI, 1998 folgte ihm der V8-TDI mit 3,3 Liter Hubraum. Und im Jahr 2000 setzte der V6-Biturbo mit 2,7 Liter Hubraum ein ganz spezielles Highlight: Die 279 kW (380 PS) und 440 Nm Drehmoment, mit denen er den Audi RS 4 Avant antrieb, legten die Messlatte in der Mittelklasse auf ein völlig neues Niveau.

Heute setzt Audi V6- und V8-Motoren in allen Modellen ein, die auf dem Modularen Längsbaukasten basieren, also in den Baureihen Audi A4, A5, A6, A8, Q5 und Q7. Die V6-Aggregate – Diesel wie Ottomotoren – schöpfen aus 3,0 Liter Hubraum, bei den V8-Motoren sind es 4,0 Liter. Die Leistungsspanne reicht von 160 kW (218 PS) bis 445 kW (605 PS). Eine Sonderstellung nimmt der neue 2,9 Liter V6-Motor im Audi RS 5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,7; CO₂-Emission kombiniert in g/km: 197) ein. Wegen der gesteigerten Leistung und der damit höheren Belastung des Aggregats, wurde der Hubraum hier um 0,1 Liter reduziert.

1.1 Synergieeffekte im Konzern: die V-Motoren-Strategie

Audi und Porsche arbeiten bei der Entwicklung der Aggregate eng zusammen. Beide Premiummarken bringen die starken und effizienten V6- und V8-Ottomotoren in ihren Modellen zum Einsatz. „Audi und Porsche sind im oberen Premium-Marktsegment gemeinsam unterwegs, sprechen jedoch unterschiedliche Kundengruppen an“, sagt Nikolai Ardey, Leiter Entwicklung Antriebe bei Audi. „Da ist die Strategie, dass sich beide Marken bestimmte Technologien und Entwicklungsaufgaben teilen, nur logisch und folgerichtig.“

Für die aufgeladenen V-Ottomotoren steht ein breit angelegter Technik-Baukasten bereit. Er enthält unter anderem viele identische und eng miteinander verwandte Lösungen. Das ist unter anderem das Kurbelgehäuse, das aus Aluminium gegossen ist. Dadurch ist es sehr leicht. Die Zylinderbänke stehen bei den Sechs- wie den Achtzylindern im Winkel von 90 Grad zueinander. Für die V8-Motoren ist dies der klassische Bankwinkel, bei den V6-Aggregaten kompensiert eine Ausgleichswelle im Innen-V die auftretenden Massenmomente.



Der 90-Grad-Winkel bietet für Kunden große Vorteile. Er bringt einen niedrigen Schwerpunkt mit sich, wovon die Fahrdynamik profitiert. Beim Packaging im Auto, bei der motornahen Platzierung der Katalysatoren und bei der Einbaulage der Nebenaggregate führt das einheitliche Layout zu vielen Gemeinsamkeiten.

Die Entwicklung der neuen Generation der V-Ottomotoren erfolgt in einem gemeinsamen Projekthaus. Die Basis lieferte der V8 4.0 TFSI, der in Neckarsulm konzipiert worden und 2012 auf den Markt gekommen ist (EA 824). Für die Entwicklung der neuen V6-Ottomotoren mit dem internen Code EA 839 zeichnet Audi verantwortlich, beim neuen V8-Motor mit dem internen Code EA 825 übernimmt dies Porsche. In seiner derzeitigen Top-Ausbaustufe treibt er den Panamera Turbo an. Audi wird ihn in der neuen Generation seines Flaggschiffs A8 einsetzen.

Das Konzept des neuen V8 4.0 TFSI stammt deswegen prinzipiell vom Vorgängermotor von Audi. Die beiden Twinscroll-Turbolader liegen im Innen-V. Das Prinzip ist wie folgt: Die Abgasstränge der beiden Zylinderbänke verlaufen im Krümmer und im Ladergehäuse voneinander getrennt und treffen erst vor dem Turbinenrad zusammen. Diese Technologie verbessert die Strömungseigenschaften, sodass die Turbine spontaner anspricht. Das trägt maßgeblich zum frühen und kraftvollen Drehmomentaufbau bei. Im Teillastbetrieb legen Konturhülsen auf den Nockenwellen vier Zylinder still. Diese Technologie basiert auf dem Audi valvelift system (AVS). Neu ist die extrem verschleißfeste Eisen-Beschichtung der Laufbahnen, die durch atmosphärisches Plasmaspritzen entsteht. Ein Novum ist auch der Ölkreislauf, bei dem sich die Querschnitte der Galerien für Block und Zylinderköpfe unterscheiden. So wird das Öl schnell auf Betriebstemperatur gebracht und dieser Effekt trägt zur Verbrauchsreduzierung bei.

Ein neues Feature bei den V6-TFSI-Motoren, dem 3.0 TFSI und seiner Hochleistungsvariante 2.9 TFSI, das Audi federführend entwickelt und Porsche ebenfalls einsetzt, ist die zentrale Lage der Injektoren in den Brennräumen. Sie ist auch in den neuen 4.0 TFSI zu finden. Bei Porsche laufen die Motoren bereits im Panamera. Bei Audi treibt der 3.0 TFSI mehrere S-Modelle an. Im RS 5 Coupé (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,7; CO₂-Emission kombiniert in l/100 km: 197) setzt erstmals der neue 2.9 TFSI ein.

Die zentrale Injektorlage ist eine wichtige Komponente des hocheffizienten B-Zyklus-Brennverfahrens, das beide Sechszylindermotoren nutzen. Auch hier handelt es sich um eine Audi-Entwicklung, bei dem das AVS die Grundlage bildet. Das B-Zyklus-Verfahren ermöglicht mit seiner künstlich verkürzten Kompression einen motorischen Prozess mit einer deutlich höheren Grundverdichtung. In Kombination mit einer normalen, aber im Verhältnis zur Kompression längeren Expansionsphase können so Wirkungsgradvorteile erzielt und die Effizienz des Motors gesteigert werden.



Das Audi valvelift system ermöglicht im Teillastbereich eine sehr kurze Einlassöffnungs-dauer bei gleichzeitig frühem Schließen der Einlassventile. So wird die Ansaugphase verkürzt. Bei höheren Lasten schaltet das System auf eine Nockenwellenkontur mit einer längeren Öffnungsdauer und einem größeren Ventilhub der Einlassventile um. Dann läuft der Motor mit normalem Verdichtungsverhältnis und maximalem Durchsatz.

Auch bei den V6-Motoren liegen die Lader – einer beim 3.0 TFSI, zwei beim 2.9 TFSI – im Innen-V. Diese Anordnung ermöglicht eine kompakte Bauweise und minimale Strömungsverluste, dadurch sprechen die Motoren spontan und direkt an. Eine weitere Spezialität der V6-TFSI-Aggregate ist der im Zylinderkopf integrierte Abgaskrümmers als Baustein des Thermomanagements. Dadurch wird er vom Kühlmittel umspült. Das unterstützt die rasche Erwärmung des Motors. Wenn der Motor warm ist, senkt das System die Abgastemperatur. Das reduziert vor allem bei sportlicher Fahrweise den Verbrauch. Die Common-Rail-Einspritzanlage baut, ebenso wie beim 4.0 TFSI, bis zu 250 bar Druck auf. Unter diesem hohen Druck wird der Kraftstoff sehr fein zerstäubt und verbessert so den Verbrennungsprozess.

Die neuen V6- und V8-Ottomotoren eignen sich auch für die Hybridisierung – auf Hoch- und Niedervoltbasis. Schon beim Verkaufsstart des nächsten Audi A8 haben sämtliche Motorisierungen ein Mild-Hybrid-System an Bord, das mit einem neuen 48-Volt-Hauptbordnetz zusammenarbeitet.

Das ungarische Werk Győr, die größte Motorenfabrik der Welt, produziert die V6-TFSI-Aggregate auf einer Produktionslinie. Die V8-TFSI-Aggregate werden bei Porsche im Werk Zuffenhausen montiert. Im Jahr 2016 waren es mehr als 212.500 Sechs- und mehr als 19.500 Achtzylindermotoren. Das modulare Konzept ermöglicht zahlreiche Gleichteile – genannt seien nur das Ölpumpenmodul, der Kettentrieb zu den Nockenwellen, der Deckel des Kettenkastens oder der hintere Dichtflansch. Das führt zu Kostenreduzierungen und Vorteilen bei Fertigungslinien.

Bei den Dieselmotoren – dem 3.0 TDI und dem neuen 4.0 TDI – hat Audi die alleinige Entwicklungshoheit. Porsche setzt die Selbstzünder in verschiedenen Evolutionsstufen mit leichten Anpassungen ein.



1.2 Umfangreich verbessert: der neue 3.0 TDI

Den neuen 3.0 TDI-Motor haben die Audi-Ingenieure in vielen Bereichen intensiv weiterentwickelt. In den neuen Audi A5- und Q5-Modellen leistet der V6-Diesel 210 kW (286 PS) sowie 620 Nm Drehmoment (Die Motorisierung wird noch nicht zum Kauf angeboten. Sie besitzt noch keine Gesamtbetriebserlaubnis und unterliegt daher nicht der Richtlinie 1999/94/EG.), letztere von 1.500 bis 3.000 Umdrehungen pro Minute.

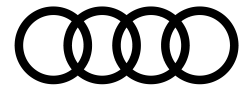
Der Sechszylinder schöpft aus 2.967 cm³ Hubraum (Bohrung x Hub 83,0 x 91,4 Millimeter). Wie bei allen V-Motoren von Audi stehen seine beiden Bänke in 90-Grad-Winkel zueinander. Im Zylinderkurbelgehäuse (ZKG), das aus hochfestem Vermikulargraphitguss besteht, rotiert eine Ausgleichswelle für geringere Motorvibrationen und verbesserte Akustik. In weiten Bereichen des Kennfelds erreicht der Zünddruck die 200 bar-Marke.

Das strikte Leichtbaukonzept von Audi, das neben dem ZKG auch die Kurbelwelle und die Zylinderköpfe umfasst, zahlt ebenso auf das Effizienz-Konto ein wie die mittels spezieller Laufbahnbeschichtung verringerte Reibung an Kolbenringen und -bolzen sowie die leistungsgeregelte Ölpumpe. Das Thermomanagement trennt die Kreisläufe des ZKG und der Zylinderköpfe voneinander und versorgt sie nach dem Kaltstart so gezielt mit Kühlmittel, dass das Motoröl rasch auf Betriebstemperatur kommt. Die Zylinderköpfe haben für eine bedarfsgerechte Kühlung zweiteilige Wassermäntel. Der Ölkühler wird je nach Bedarf in den Kühlmittelstrom der Zylinderköpfe eingebunden.

Die Common-Rail-Anlage baut bis zu 2.000 bar Einspritzdruck auf. Die Piezo-Injektoren mit ihren Achtloch-Düsen können pro Arbeitstakt bis zu neun Mal einspritzen. Um den Luftdurchsatz und die Gemischaufbereitung zu optimieren, sind die Einlasskanäle – je einer ist auf Drall, der andere auf Füllung ausgelegt – und die Auslasskanäle gegenüber dem Vorgängermotor modifiziert. Beide Kanäle weisen geringere Strömungswiderstände auf. Der Motor erreicht dadurch ein spontaneres Ansprechverhalten und eine noch homogenere Kraftentwicklung.

Der Abgasturbolader des 3.0 TDI arbeitet mit 2,3 bar hohem relativem Ladedruck. Die variable Turbinengeometrie (VTG) ist auf verlustarme Strömung ausgelegt. Die Niederdruck-Abgasrückführung (AGR) entnimmt das Abgas erst nach dem Partikelfilter und schickt es durch einen Kühler. Vor allem bei mittlerer und hoher Last ermöglicht sie den Antrieb des Laders mit dem vollen Abgasmassenstrom.

Die beiden Komponenten der Abgasreinigung liegen sehr nah am Motor. Der erste Baustein ist ein großer NOC-Oxidationskatalysator (NO_x-Oxidation Catalyst). Er speichert die Stickoxide, bis er gefüllt ist.



Die Reinigung erfolgt per Gemischanreicherung im Motor. Um den damit verbundenen Kraftstoff-Mehrverbrauch zu minimieren, ist der NOC vor allem bei niedrigen Abgastemperaturen aktiv. Ist die Betriebstemperatur erreicht, erledigt der Dieselpartikelfilter mit SCR-Beschichtung, der zweite Baustein, bei Fahrten auf Überland- und Autobahnetappen, also im mittleren Drehzahlbereich, die NO_x-Umwandlung.

Der weiterentwickelte 3.0 TDI ist auf die Mild-Hybridisierung vorbereitet, wie Audi sie 2017 erstmals im Audi A8 in die Serie einführt. Das 48-Volt-Bordnetz, das hier einen Riemen-Starter-Generator (RSG) speist, kann auch die Energie für einen elektrisch angetriebenen Verdichter (EAV) liefern. Er unterstützt den Turbolader beim Anfahren und Beschleunigen aus niedrigen Drehzahlen mit den Vorteilen von hoher Spontaneität und Elastizität für den Kunden.

1.3 Der aktuell stärkste Serien-Diesel von Audi: V8 4.0 TDI

320 kW (435 PS) Leistung, 900 Nm Drehmoment von 1.000 bis 3.250 Touren (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 9,3 – 7,2*; CO₂-Emission kombiniert in g/km: 215 – 189*) – der 4.0 TDI ist der stärkste V8-Dieselmotor von Audi. Der V8 weist dasselbe Hub-/Bohrungs-Verhältnis von 83,0 x 91,4 Millimeter wie der V6 auf, sein Hubraum misst 3.956 cm³. Er beschleunigt den Audi SQ7 in 4,8 Sekunden von 0 auf 100 km/h, die Spitzengeschwindigkeit von 250 km/h ist elektronisch begrenzt. Im NEFZ-Zyklus jedoch begnügt er sich mit 7,6 – 7,2 Liter Diesel pro 100 Kilometer* (198 – 189 Gramm CO₂ pro Kilometer*).

Der 4.0 TDI ist als Biturbo mit Registeraufladung konzipiert, jeder Abgasturbolader speist beide Zylinderbänke mit Frischluft. Typisch für die V-Motoren von Audi liegen die Lader im Innen-V – die kurzen Gaslaufwege unterstützen das spontane Ansprechverhalten. Sie besitzen eine variable Turbinengeometrie und bauen bis zu 2,4 bar Druck (relativ) auf. Zu ihrer Steuerung dient das Audi valvelift system (AVS): Elektromagnetische Aktuatoren verschieben Hülsen auf den Nockenwellen, dadurch schalten sie je eines der beiden Auslassventile pro Zylinder zu beziehungsweise ab.

Die Abgase, strömen in einem zweiflutigen Krümmersystem durch getrennte Kanäle – jedes Ventil versorgt einen der beiden Turbolader. Bei niedriger und mittlerer Last und Drehzahl hält das AVS eines der Auslassventile geschlossen, so dass der volle Abgasstrom auf den so genannten Aktiv-Lader gelangt. Wenn die Drehzahl in den Bereich zwischen 2.200 und 2.700 Umdrehungen steigt, öffnet das AVS das jeweils zweite Ventil und schaltet damit den zweiten Lader zu. Durch die Zusammenarbeit beider Turbolader erzielt der 4.0 TDI seine maximale Leistung.



Weitere AVS-Einheiten sitzen an den Einlassnockenwellen, hier dienen sie zur optimalen Brennraumfüllung in allen Betriebssituationen: Bei niedrigen Drehzahlen stabilisieren sie die Verbrennung, bei hohen Touren optimieren sie die Zylinderfüllung. Die Common-Rail-Anlage baut bis zu 2.500 bar Einspritzdruck auf. Damit ermöglicht sie die hohe spezifische Leistung des 4.0 TDI-Motors, hält jedoch im Teillastbereich die Emissionen durch die feine Zerstäubung des Kraftstoffs niedrig. Der Zünddruck erreicht bis zu 200 bar.

Ein vollvariables Thermomanagement und gezielte Maßnahmen im Kurbel- und Nockenwellentrieb halten die Reibung des Achtzylinders niedrig. Wie beim V6-Dieselmotor sorgt die Zusammenarbeit des motornahen NO_x-Speicherkatalysators mit einem SCR-Kat, der in den Dieselpartikelfilter integriert ist, für eine wirkungsvolle und effiziente Abgasreinigung. Ein Soundaktuator in der Abgasanlage verstärkt den sonoren V8-Motorklang.

Im Audi SQ7 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 7,6 – 7.2*; CO₂-Emission kombiniert in g/km: 199 – 189*) arbeitet der 4.0 TDI mit einem elektrisch angetriebenen Verdichter (EAV) zusammen, der seine bis zu 7 kW Leistung aus einem 48-Volt-Teilbordnetz bezieht. Er unterstützt die beiden Turbolader beim Anfahren und bei niedrigen Drehzahlen. Der EAV sitzt in einem Bypass hinter dem Ladeluftkühler. Statt des Turbinenrads integriert er eine kompakte E-Maschine, die das Verdichterrad in weniger als 250 Millisekunden auf 70.000 Umdrehungen pro Minute beschleunigt. Damit profitiert der sehr sportlich ausgelegte SQ7 TDI von einem noch spontaneren Ansprechverhalten und dynamischerer Anfahrperformance aus dem Stillstand heraus.

1.4 Vielseitiges Kraftpaket: der neue 3.0 TFSI

Mit dem neuen 3.0 TFSI schreibt Audi die Erfolgsgeschichte seiner Ottomotoren fort. Der Turbo-aufgeladene V6 vereint starke Performance – hohe Leistung, sattes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen, spontanes Ansprechen und sonoren Klang – mit einem neuen Grad an Effizienz. Sein Debüt hat das in Neckarsulm entwickelte Aggregat in den neuen S-Modellen gegeben. Es wird sukzessive jedoch auch in größeren Fahrzeugklassen bis zum Audi A8 einziehen. Bei der Entwicklung haben die Audi-Ingenieure den 3.0 TFSI auch auf die Hybridisierung im Hoch- und Niedervoltbereich ausgelegt. So sind diese Motoren bereits für den Einsatz eines Riemenstartergenerators oder eines elektrisch angetriebenen Verdichters vorbereitet



Der neue Sechszylinder hat mit dem Kompressor-aufgeladenen Vorgängermotor zwar noch die Bohrung (84,5 Millimeter) und den Hub (89,0 Millimeter) gemeinsam, der Zylinderabstand jedoch ist um 3 auf 93 Millimeter gewachsen. Aus seinen 2.995 cm³ Hubraum schöpft der V6-Turbo 260 kW (354 PS) (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 7,3*; CO₂-Emission kombiniert in g/km: 195 – 166*). Schon bei 1.370 Umdrehungen pro Minute erreicht er das volle Drehmoment von 500 Nm, das bis 4.500 Umdrehungen pro Minute konstant bleibt. Im Audi S4, im S5 Coupé und im S5 Sportback verbraucht er nach NEFZ-Norm auf 100 Kilometer nur 7,3 Liter, ein CO₂-Äquivalent von 166 Gramm pro Kilometer.

Der entscheidende Erfolgsfaktor bei der Effizienz der TFSI-Motoren ist das neue B-Zyklus-Brennverfahren von Audi (siehe Kapitel 1.1 Synergieeffekte im Konzern: die V-Motoren-Strategie). Es ist eine Weiterentwicklung des so genannten Miller-Zyklus. Im Ansaugtrakt schließen die Einlassventile schon deutlich, bevor der Kolben seinen unteren Totpunkt erreicht. Durch diese ungewöhnlich kurze Öffnungsdauer bleibt die Frischgasmenge vergleichsweise klein. Auf diese Weise wird künstlich ein kleineres Hubvolumen erzeugt.

Wenn der Kolben nach dem unteren Totpunkt wieder hochfährt, beginnt die Kompressionsphase später als in einem konventionellen Motor. Das erlaubt ein hohes geometrisches Verdichtungsverhältnis von 11,2:1 – die Verbrennung findet in einem relativ kleinen Brennraum statt. Im Vergleich zur Kompressionsphase ist die Expansionsphase verlängert, durch die längere Expansion des Gases steigt der Wirkungsgrad.

Audi ergänzt den Miller-Zyklus durch innovative Technologien: Der Turbolader presst die Luft mit bis zu 1,5 bar Überdruck in die Zylinder. Die Common-Rail-Anlage spritzt den Kraftstoff mit 250 bar in die Brennräume ein, der hohe Einspritzdruck sorgt für ein homogenes Spraybild und in der Folge zu einer gleichmäßigen Ausbreitung der Flammfront. Weil der Injektor in der Mitte des Brennraums sitzt, konnten die Entwickler im Bereich der Einlassventile eine Geometrie realisieren, die im Zusammenspiel mit den Einlasskanälen die einströmende Luft gezielt verwirbeln lässt – und dabei die Wände des Brennraums kühlt. Das verhindert die so genannte klopfende Verbrennung. Dadurch kann Audi seine TFSI-Motoren hoch verdichten. Und davon profitieren die Qualität der Verbrennung, der thermodynamische Wirkungsgrad und damit die Effizienz.



Die vier Nockenwellen des 3.0 TFSI lassen sich um je 50 Grad Kurbelwinkel verstellen. Bei höherer Last schließt das zweistufig schaltende Audi valvelift system (AVS) die Einlassventile später. Die Öffnungsdauer verlängert sich von 130 auf 180 Grad Kurbenwellendrehwinkel, zugleich wächst der Hub der Einlassventile von 6,0 auf 10,0 Millimeter. Die Zylinderfüllung nimmt erheblich zu – der 3.0 TFSI dreht kraftvoll hoch und liefert satte Leistung.

Der Abgasturbolader des neuen 3.0 TFSI arbeitet nach dem Twinscroll-Prinzip: Die Abgasstränge der beiden Zylinderbänke verlaufen im Krümmer und im Ladergehäuse voneinander getrennt und treffen erst unmittelbar vor dem Turbinenrad zusammen. Diese Technologie vermeidet störende Wechselwirkungen zwischen den Gassäulen und trägt so maßgeblich zum frühen und kraftvollen Drehmomentaufbau bei. Der Turbolader ist innenliegend im 90 Grad-V der Zylinderbänke platziert – bei den Zylinderköpfen liegt die Abgasseite also innen und die Ansaugseite außen. Dieses Layout ermöglicht eine kompakte Bauweise und kurze Gaslaufwege mit minimalen Strömungsverlusten. Der 3.0 TFSI reagiert spontan und direkt auf die Bewegungen des Gaspedals.

Dank gründlicher Überarbeitung wiegt der starke V6-Aluminiummotor gerade mal 172 Kilogramm. Das Zylinderkurbelgehäuse (ZKG), das im aufwändigen Sandgussverfahren aus einer Aluminium-Silizium-Legierung entsteht, integriert Laufbuchsen aus Stahl von 1,5 Millimetern Stärke. Die Wände des ZKG sind in der so genannten Deepskirt-Bauweise tief heruntergezogen, auch diese Lösung spart Gewicht. Im Zusammenspiel mit den neu entwickelten Ringen für die Aluminiumkolben sinkt die Reibung. Bei der Montage des V6 im ungarischen Werk Győr ist das so genannte Brillenhonen im Einsatz, das bei der Montage der Zylinderköpfe Verspannungen verhindert.

Zur hohen Effizienz trägt auch das Thermomanagement bei. Das Kurbelgehäuse und der Zylinderkopf verfügen über getrennte Kühlkreisläufe. Der V6-Motor besitzt ein so genanntes Split-Cooling, bei dem der ZKG-Kreislauf vom restlichen Motorkühlkreislauf getrennt werden kann. Beim Kaltstart schaltet die Wasserpumpe den kompletten Kühlmittelstrom durch den Motor ab. Wird die Betriebstemperatur des Zylinderkopfes erreicht, schaltet die Wasserpumpe den Wasserkreislauf durch den kompletten Motor ein – bis auf den separaten ZKG-Kreislauf. Dieser wird erst dann eigebunden, wenn das Kühlmittel im ZKG seine Grenztemperatur erreicht hat. Der Abgaskrümmer ist in den Zylinderkopf integriert und wird vom Kühlmittel umspült. Das unterstützt die rasche Erwärmung des Motors. Wenn das Aggregat warm ist, senkt diese Technologie die Abgastemperatur. Vor allem bei sportlicher Fahrweise geht dadurch der Verbrauch deutlich zurück. Der Dreiwege-Katalysator sitzt sehr nah am Motor und erreicht seine Betriebstemperatur deshalb sehr früh.



Das Gleiche gilt für den Otto-Partikelfilter (OPF), den Audi Mitte des Jahres zunächst im A5 Coupé 2.0 TFSI (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,5 – 5.1*; CO₂-Emission kombiniert in g/km: 148 – 117*) einführt und sukzessive in weiteren Modellreihen zum Einsatz bringt.

Weitere Highend-Technologien tragen zur hohen Effizienz des neuen 3.0 TFSI bei. Die vollvariabel geregelte Ölpumpe baut immer nur so viel Druck auf wie nötig. Beim Kettentrieb senkt ein neues Konzept die benötigte Antriebsleistung: Die Kurbelwelle treibt über Zahnräder die Ausgleichswelle an, die tief im V der Zylinderbänke sitzt. Von hier aus laufen Ketten zu den vier Nockenwellenrädern. Sie sind trioal (leicht dreieckig) geformt, um Kraftspitzen auszugleichen und einen harmonischen Motorenlauf zu gewährleisten. Die Ausgleichswelle rotiert auf reibungsarmen Wälzlagern.

1.5 Hochleistungsmotor: der neue 2.9 TFSI

Mit dem neuen 2.9 TFSI knüpft Audi an ein legendäres Performance-Aggregat an – den 2,7-Liter-V6, der im ersten RS 4 Avant (2000 bis 2001) 280 kW (380 PS) leistete. Der neue Sechszylinder übertrifft ihn deutlich: Er liefert 331 kW (450 PS) und setzt von 1.900 bis 5.000 Umdrehungen pro Minute 600 Nm Drehmoment (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 9,6 – 8,7*; CO₂-Emission in g/km: 224 – 197*) frei. Damit katapultiert er den neuen Audi RS 5 in die Sportwagenliga: Von 0 auf 100 km/h geht es in 3,9 Sekunden, die Höchstgeschwindigkeit beträgt optional 280 km/h. Im NEFZ-Zyklus verbraucht der 2.9 TFSI auf 100 Kilometer 8,7 Liter Kraftstoff (entspricht einer Emission von 197 Gramm CO₂ pro Kilometer).

Der neue Hochleistungs-Sechszylinder von Audi ist unmittelbar vom 3.0 TFSI abgeleitet. Wegen der höheren Kräfte in seinem Inneren wurde der Hub um 3 auf 86 Millimeter verkürzt. Um die Belastbarkeit weiter zu steigern, sind die Kurbelwellen-Hauptlager um 2 Millimeter Durchmesser vergrößert. Die wichtigsten Technikkomponenten sind bei beiden Motoren identisch: das Aluminium-Kurbelgehäuse mit den Stahl-Laufbuchsen, das neue TFSI-Brennverfahren mit der zentralen Injektorlage sowie das Thermomanagement mit den Abgaskrümmern in den Zylinderköpfen.

Auch beim 2.9 TFSI liegt die Abgasseite im Innen-V. Allerdings verdichten bei ihm, wie einst beim RS 4-Motor, statt des Mono Twinscroll-Laders zwei Turbolader die Ansaugluft. Jeder von ihnen ist für eine Zylinderbank zuständig und baut bis zu 1,5 bar Ladedruck auf. In der Ansauganlage des V6-Biturbo lassen Edelstahl-Bauteile die Luft fast ungehindert einströmen, in der Abgasanlage modulieren schaltbare Klappen den Sound je nach Last und nach Wunsch des Fahrers.



Damit erinnert der RS 5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,7; CO₂-Emission kombiniert in g/km: 197) mit seinem fauchenden Klang an den Motorsound des RS 4 (B5).

1.6 Dynamisch und emotional: der neue Audi SQ5 3.0 TFSI

Als sportlichstes Modell der Q5-Baureihe kombiniert der neue Audi SQ5 3.0 TFSI (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) starke Performance mit weiter gesteigerter Effizienz und verkörpert mehr denn je das emotionale Konzept des alltagstauglichen SUV.

Der Motor

Aus seinem V6 TFSI-Motor mit 2.995 cm³ Hubraum schöpft der Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) eine Leistung von 260 kW (354 PS). Bereits bei 1.370 Umdrehungen pro Minute liefert der Turbo-aufgeladene Aluminium-Motor 500 Nm Drehmoment, bis 4.500 Touren bleibt dieses hohe Drehmoment konstant. Der Sprint von 0 auf 100 km/h ist in 5,4 Sekunden erledigt, die Höchstgeschwindigkeit ist elektronisch auf 250 km/h begrenzt. Nach NEFZ-Zyklus verbraucht der neue Audi SQ5 3.0 TFSI 8,3 Liter Kraftstoff pro 100 Kilometer – ein CO₂-Äquivalent von 189 Gramm pro Kilometer.

Neues Brennverfahren: höherer Wirkungsgrad

Ein neues Brennverfahren von Audi macht den 3.0 TFSI besonders effizient. Es basiert auf dem sogenannten B-Zyklus-Verfahren in Verbindung mit zentral in den Brennräumen angeordneten Hochdruckeinspritzventilen. Das Verfahren ermöglicht mit seiner künstlich verkürzten Kompression einen motorischen Prozess mit einer deutlich höheren Grundverdichtung. In Kombination mit einer normalen, aber im Verhältnis zur Kompression längeren Expansionsphase können so Wirkungsgradvorteile erzielt und die Effizienz des Motors gesteigert werden.

Das Audi valvelift system ermöglicht im Teillastbereich eine sehr kurze Einlassöffnungsdauer bei gleichzeitig frühem Schließen der Einlassventile. So wird die Ansaugphase verkürzt. Bei höheren Lasten schaltet das System auf eine Nockenwellenkontur mit einer längeren Öffnungsdauer und einem größeren Ventilhub der Einlassventile um. Dann läuft der Motor mit normalem Verdichtungsverhältnis und maximalem Durchsatz.



Der Turbolader: getrennte Abgassäulen

Der Abgasturbolader, der den mechanischen Kompressor des Vorgängermotors ablöst, arbeitet nach dem Twinscroll-Prinzip: Die Abgasstränge der beiden Zylinderbänke verlaufen im Krümmer und im Ladergehäuse voneinander getrennt und treffen erst vor dem Turbinenrad zusammen. Diese Technologie verbessert die Strömungseigenschaften, sodass die Turbine spontaner anspricht. Das trägt maßgeblich zum frühen und kraftvollen Drehmomentaufbau bei. Der Turbolader ist im 90-Grad-V der Zylinderbänke platziert. Diese Anordnung ermöglicht eine kompakte Bauweise und minimale Strömungsverluste – in der Konsequenz reagiert der 3.0 TFSI spontan und direkt.

Ein weiterer Effizienzbaustein: das innovative Thermomanagement

Das Kurbelgehäuse und der Zylinderkopf verfügen über getrennte Kühlkreisläufe. Nach dem Kaltstart regelt die schaltbare Wasserpumpe den Fluss des Kühlmittels durch den Motor so, dass das Öl rasch auf Betriebstemperatur kommt. Der Abgaskrümmer ist in den Zylinderkopf integriert und wird vom Kühlmittel umspült. Dadurch unterstützt er die rasche Erwärmung des Motors. Wenn der Motor warm ist, senkt das System die Abgastemperatur. Das reduziert vor allem bei sportlicher Fahrweise den Verbrauch.

Die Fahrdynamik

Eine schnell und komfortabel schaltende Achtstufen-tiptronic übernimmt im neuen Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) die Kraftübertragung. Die unteren Gänge sind sportlich kurz, die oberen drehzahl- und verbrauchssenkend lang übersetzt. Für noch effizienteres Fahren wechselt das Getriebe bei aktivierter Funktion im Audi drive select zwischen 55 und 160 km/h automatisch in den Freilauf, sobald der Fahrer den Fuß vom Gaspedal nimmt.

Zum sportlichen Fahrverhalten trägt der permanente Allradantrieb quattro bei. Er verteilt die Motorkräfte im normalen Fahrbetrieb leicht hecklastig. Wenn nötig, gelangt das Gros der Kräfte auf die Achse mit der besseren Traktion. Die radselektive Momentensteuerung ist auf Untergründen aller Art aktiv. Bei dynamischer Kurvenfahrt bremsst die Softwarefunktion die kurveninneren Räder ab. So dreht sich das Auto ganz leicht in die Kurve ein – dadurch bleibt das Eigenlenkverhalten länger neutral, das Fahrverhalten ist stabil, präzise und agil.



Das optionale Sportdifferenzial optimiert das Handling noch weiter – es verteilt die Momente über zwei Überlagerungsstufen aktiv zwischen den Hinterrädern. Beim Herausbeschleunigen aus engen Radien teilt es dem kurvenäußeren Hinterrad mehr Drehmoment zu. Dies steigert die Agilität des Audi SQ5 weiter. So drückt das Sportfahrwerk das Auto förmlich in die Kurve hinein und vermeidet Untersteuern bereits im Ansatz. Sein Management ist in die Regularbeit von Audi drive select integriert und läuft über ein zentrales Steuergerät, die Elektronische Fahrwerksplattform.

Den Grundstein für die sportlichen Fahreigenschaften des neuen Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) legt ein Fahrwerk mit Fünflenkerachse vorne und hinten. Die aufwändige Konstruktion lässt eine höhere Stabilität im Grenzbereich zu und verbindet gesteigerte Agilität mit deutlich verbessertem Komfort. Die serienmäßige Dämpferregelung bietet dabei eine besonders weite Spreizung zwischen Komfort und Dynamik. Die sogenannten adaptiven CDC-Dämpfer (continuous damping control) sind zusammen mit Motor, Lenkung, tiptronic und dem optionalen Sportdifferenzial in das Fahrdynamiksystem Audi drive select eingebunden. Dies ermöglicht dem Fahrer, die Charakteristik von Antrieb und Fahrwerk in mehreren Modi zu regeln. Als Option steht die S-spezifische Luftfederung adaptive air suspension zur Verfügung. Mit ihr kann der Fahrer neben der Dämpfung auch das Höhenniveau an die jeweilige Fahrsituation anpassen.

Einen wichtigen Beitrag zur Fahrdynamik des SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) leistet auch die neue elektromechanische Servolenkung mit ihrer S-spezifischen Lenkungsabstimmung. Optional gibt es die Dynamiklenkung, die ihre Übersetzung je nach Geschwindigkeit und Lenkwinkel variiert.

Serienmäßig sind 20-Zoll-Aluminium-Gussräder mit Reifen der Größe 255/45 montiert, optional sind 21-Zoll-Räder erhältlich. Zur zusätzlichen Differenzierung hat Audi Sport fünf exklusive 21-Zöller im Angebot. Vorn sind schwarz lackierte (Option: rot) Sechskolben-Festsattel-Bremsen mit S-Schriftzug und einem Scheibendurchmesser von 350 Millimetern verbaut.



Die Fahrerassistenzsysteme

Der Audi SQ5 übernimmt auch bei den Fahrerassistenzsystemen das breite Hightech-Portfolio des Audi Q5. Der prädiktive Effizienzassistent unterstützt den Fahrer durch gezielte Fahrhinweise beim Kraftstoffsparen. Die adaptive cruise control (ACC) inklusive Stauassistent kann im zähfließenden Verkehr die Lenkarbeit teilweise übernehmen. Der Audi active lane assist erleichtert das Halten der Spur. Die Abstandsanzeige warnt bei Unterschreitung des Sicherheitsabstandes.

Der Querverkehrsassistent hinten, die Ausstiegswarnung, der Ausweichassistent und der Abbiegeassistent sind weitere Neuerungen für die Sicherheit im Alltagsverkehr. Das Gleiche gilt für die pre sense-Systeme: Audi pre sense city zählt zum Serienumfang. Das System warnt vor Fußgängern und Fahrzeugen und leitet innerhalb der Systemgrenzen eine automatische Notbremsung ein. Der Parkassistent, die kamerabasierte Verkehrszeichenerkennung und der Bergabfahrassistent komplettieren das Angebot.

Das Infotainment und Audi connect

An der Spitze des Infotainment-Angebots im SQ5 steht die MMI Navigation plus mit MMI all-in-touch und einem 8,3-Zoll-Bildschirm, die in Verbindung mit der tiptronic erhältlich ist. Das System erkennt die Handschrifteingabe sowie bekannte Touch-Gesten aus der Consumer-Elektronik wie beispielsweise Zoomen und gibt haptisches Feedback auf Eingaben. Ein Bestandteil ist Audi connect, das den SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) via LTE mit dem Internet verbindet. Audi connect ermöglicht mit einer fest installierten SIM-Karte – der Audi connect SIM inklusive Datenflatrate – komfortables Roaming in Europa für viele Connected Infotainment-Dienste. Für den WLAN Hotspot können Datenpakete ebenfalls inklusive EU-Roaming nach Bedarf gebucht werden.

Darüber hinaus bietet der SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) in dem Paket „Audi connect Notruf & Service inklusive Fahrzeugsteuerung“ Car2X-Dienste an. Mit dieser Ausstattung bekommt der Kunde Hilfe im Falle eines Unfalls oder einer Panne durch die Servicedienste Notruf und Online Pannruf.

Außerdem lässt sich der neue SQ5 über die MMI connect App mit Hilfe der Fahrzeugsteuerungsdienste ganz einfach per Smartphone öffnen oder schließen. Der Kunde kann außerdem den Status des Autos einsehen und weitere Dienste wie beispielsweise Parkposition und Informationen zu den nächsten Service-Terminen oder Warnmeldungen nutzen.



Die MMI-Bedienlogik bietet unter anderem eine intelligente Freitextsuche. Die natürliche Sprachsteuerung verarbeitet auch Eingaben aus der Alltagssprache. Ergänzend dient im Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) das Multifunktions-Lederlenkrad als dritte Bedienebene. Optional liefert Audi ein Head-up-Display – es projiziert relevante Informationen, auch von den Fahrerassistenzsystemen, als rasch erfassbare Symbole und Ziffern auf die Windschutzscheibe.

Ein Highlight des Anzeige- und Bedienkonzepts ist die Option Audi virtual cockpit. Es stellt auf seinem 12,3-Zoll-Bildschirm alle wichtigen Informationen digital in gestochen scharfen Grafiken dar. Zu den möglichen Ansichten gehört ein S-spezifischer Sportmodus, bei dem der Drehzahlmesser im Mittelpunkt steht.

Die Audi phone box, eine weitere Sonderausstattung, verbindet das Smartphone per Nahfeld-Kopplung mit der Bordantenne und lädt es zugleich induktiv nach dem Qi-Standard. Für HiFi-Fans steht das Bang & Olufsen Sound System mit neuem 3D-Klang zur Wahl. Das Audi smartphone interface holt Apple CarPlay und Android Auto an Bord.

Die Karosserie und das Exterieurdesign

In der Länge misst der neue Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) 4.671 Millimeter, in der Breite sind es 1.893 Millimeter, in der Höhe 1.635 Millimeter. Der Radstand streckt sich auf 2.824 Millimeter. Das Leergewicht (ohne Fahrer) des SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) beträgt 1.870 Kilogramm. Aluminium und Stähle von höchster Zugfestigkeit bilden einen intelligenten Werkstoffmix in der Karosserie.

Schon im Stand unterstreichen viele Details den dynamischen Anspruch des neuen Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*). Sportlich-markante Stoßfänger an der Front wie auch am Heck werden durch stärker konturierte S-spezifische Lufteinlässe und den Diffusor mit Wabengitter ergänzt. Das ebenfalls S-spezifische Kühlergitter zeigt Aluminium-Doppellamellen und abgesetzte Zierelemente in Twilightgrau matt. Der S-Schriftzug mit roter Raute setzt an mehreren Stellen Akzente.



Sämtliche Lichtfunktionen sind serienmäßig in LED-Technologie ausgeführt, die dynamischen Blinker sorgen für einen hohen Wiedererkennungswert. Seitlich glänzen die Außenspiegel in Aluminiumoptik, eine Türaufsatzleiste in Wagenfarbe unterstreicht den sportlichen Charakter. Der Heckstoßfänger beherbergt eine Diffusorspange in Aluminium. Exklusiv für den neuen Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) steht die Außenfarbe Pantherschwarz zur Wahl.

Der Innenraum

Der in dunklen Tönen gehaltene Innenraum empfängt Fahrer und Mitfahrer serienmäßig mit beleuchteten Einstiegsleisten, die exklusive S-Schriftzüge tragen. Kontrastnähte an Lederlenkrad und Sportsitzen schaffen ein dynamisch-elegantes Ambiente. Die S-Sportsitze in Alcantara/Leder lassen sich durch Leder Feinnappa mit Rautensteppung und eine pneumatische Massagefunktion noch weiter aufwerten. Dekoreinlagen aus gebürstetem Aluminium sind serienmäßig, auf Wunsch sind verschiedene Holzapplikationen und eine exklusive Carbon-Leiste erhältlich. Für schnelle Eingriffe in die Schaltvorgänge der tiptronic dienen Schaltwippen, die in Aluminiumoptik ausgeführt sind. Die Fahrpedale und die Fußstütze haben Edelstahlauflagen. Die Rücksitzbank plus des Audi SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) ist in drei Segmente geteilt, auf Wunsch lässt sie sich längs verschieben und in der Neigung einstellen. Der Gepäckraum hat im Grundmaß 550 Liter Volumen, mit umgeklappter Fondlehne wächst er auf 1.550 Liter.

Die Ausstattung

Die umfangreiche Serienausstattung des neuen SQ5 (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 8,3*; CO₂-Emission in g/km: 195 – 189*) umfasst in Deutschland unter anderem 20-Zoll-Aluminium-Guss-Räder im 5-Doppelspeichen-Stern-Design, LED-Scheinwerfer und eine S-spezifische Dämpferregelung. Auch der permanente Allradantrieb quattro, die Achtstufen-tiptronic, Sportsitze in Alcantara/Leder sowie ein dreispeichiges Multifunktions-Lederlenkrad gehören zum Lieferumfang. Der Audi SQ5 3.0 TFSI kommt in Deutschland ab Mitte des Jahres 2017 zu einem Grundpreis von 64.900 Euro in den Handel. Produziert wird er im neu errichteten Werk in Mexiko.



2. Audi g-tron-Modelle mit Audi e-gas: die Energiewende im Tank

Neben den klassischen TFSI- und TDI-Motoren setzt Audi vermehrt auf alternative Antriebe. Ein Fokus liegt dabei auf den g-tron-Modellen, die mit Erdgas (CNG = compressed natural gas) fahren und mit dem synthetisch hergestellten Audi e-gas nahezu CO₂-neutrale Mobilität ermöglichen.

2.1 Sportlich, effizient und höchst wirtschaftlich: die Audi g-tron-Modelle

Audi baut die Palette seiner g-tron-Modelle Zug um Zug aus: Zum A3 Sportback g-tron (CNG-Verbrauch in kg/100 km: 3,6 - 3,3*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 5,5 - 5,1*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 98 - 89*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 128 - 117*): kommen ab Frühsommer 2017 der A4 Avant g-tron (CNG-Verbrauch kg/100 km: 4,4 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,5 - 5,5*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 117 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 147 - 126*) und der A5 Sportback g-tron (CNG-Verbrauch in kg/100 km: 4,3 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,4 - 5,6*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 115 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 144 - 126*). Nutzen die Modelle das klimaschonende Audi e-gas als Kraftstoff, bindet es insgesamt genau die Menge an CO₂, die das Auto emittiert.

Angetrieben wird der **Audi A5 Sportback g-tron** (CNG-Verbrauch in kg/100 km: 4,3 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,4 - 5,6*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 115 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 144 - 126*). von einem 2.0-TFSI-Motor mit dem von Audi weiterentwickelten, hocheffizienten Brennverfahren („B-Zyklus“). Die speziell für den Gasbetrieb angepassten Kolben und Ventile ermöglichen dabei eine optimale Verdichtung. Das so auf den CNG-Betrieb erweiterte Turboaggregat leistet 125 kW (170 PS). Bei 1.650 Umdrehungen pro Minute steht sein maximales Drehmoment von 270 Newtonmetern bereit. Ein elektronischer Regler verringert den hohen Druck des vom Tank einströmenden Erdgases (CNG = compressed natural gas) von bis zu 200 bar auf 5 bis 10 bar Arbeitsdruck im Motor. Diese Druckregelung erfolgt dynamisch und präzise, entsprechend der vom Fahrer angeforderten Kraft. So steht in der Gasleitung und in den Einblasventilen stets der richtige Druck bereit – niedrig für effizientes Fahren im unteren Drehzahlbereich, höher für mehr Leistung und Drehmoment.



In Summe haben die Audi-Ingenieure durch diese Maßnahmen eine im Bereich der CNG-Motoren beispiellose Effizienz erreicht. Im NEFZ-Zyklus verbraucht der Audi A5 Sportback g-tron mit S tronic pro 100 Kilometer nur 3,8 Kilogramm CNG. Das entspricht Kraftstoffkosten von etwa 4,00 Euro (Stand: Mai 2017). Die CO₂-Emission beträgt 102 Gramm pro Kilometer. Im Benzinbetrieb verbraucht das Modell 5,6 Liter pro 100 Kilometer und 126 Gramm CO₂ pro Kilometer. Die Werte für den Handschalter betragen 4,0 Kilogramm CNG pro 100 Kilometer (108 Gramm CO₂ pro Kilometer) im Gasbetrieb und 5,9 Liter pro 100 Kilometer (135 Gramm CO₂ pro Kilometer) im Benzinbetrieb. Mit der optionalen Siebengang S tronic beschleunigt der Fünftürer in 8,4 Sekunden von 0 auf 100 km/h und weiter bis 224 km/h Höchstgeschwindigkeit, mit dem Sechsgang-Schaltgetriebe sind es 8,5 Sekunden und 226 km/h.

Auf das gleiche Antriebskonzept baut auch der **Audi A4 Avant g-tron** (CNG-Verbrauch kg/100 km: 4,4 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,5 - 5,5*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 117 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 147 - 126*). Sein 2.0-TFSI-Motor beschleunigt das S tronic-Modell in ebenfalls 8,4 Sekunden von 0 auf 100 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit ist bei 221 km/h erreicht. Als Handschalter gelingt der Sprint auf Landstraßentempo in 8,5 Sekunden und endet bei maximal 223 km/h. Die Verbrauchs- und Emissionswerte sind ebenfalls nahezu identisch mit dem A5 Sportback g-tron: Ausgestattet mit der optionalen S tronic verbraucht er auf 100 Kilometer 3,8 Kilogramm CNG (102 Gramm CO₂ pro Kilometer), der Handschalter 4,0 Kilogramm CNG (109 Gramm CO₂ pro Kilometer). Im Benzinbetrieb sind es 5,5 Liter pro 100 Kilometer (126 Gramm CO₂ pro Kilometer) bei der Automatikversion und 6,0 Liter pro 100 Kilometer (136 Gramm CO₂ pro Kilometer) beim manuellen Getriebe.

Im Vergleich zu Benzin entsteht bei der Verbrennung von Erdgas wegen des geringsten Kohlenstoffanteils aller Kohlenwasserstoffe rund 25 Prozent weniger CO₂. Zudem bleiben die Partikelemissionen sehr gering. Beim Betrieb mit dem nachhaltig produzierten Audi e-gas, das chemisch mit hochwertigem Erdgas praktisch identisch ist und dadurch in beliebiger Menge ins Erdgasnetz eingespeist werden kann, ist die g-tron-Flotte in der Well-to-Wheel-Betrachtung (von der Kraftstoff-Quelle zum Rad) nahezu klimaneutral unterwegs. Gegenüber einem vergleichbaren Benzinmodell verringert sich die CO₂-Bilanz um 80 Prozent**.

* Angaben in Abhängigkeit vom verwendeten Reifen-/Rädersatz und/oder der Getriebe-/Antriebsvariante

** Im reinen Gasbetrieb (CNG) mit einer Well-to-Wheel-Betrachtung (Umweltbilanz, die Kraftstoffproduktion und Fahrbetrieb des Autos einbezieht) im Vergleich zu einem entsprechenden Modell der gleichen Leistungsklasse mit konventionellem Benzinmotor



Im NEFZ-Zyklus fährt das bivalent ausgelegte g-tron-Modell mit seinem Tankvolumen von 19 Kilogramm Gas (bei 15 Grad Celsius) bis zu 500 Kilometer weit. Sinkt der Druck im Tank bei etwa 0,6 Kilogramm Restmenge auf unter 10 bar, wechselt das Motormanagement selbsttätig in den Benzinbetrieb. In diesem Modus können der A4 Avant g-tron (CNG-Verbrauch kg/100 km: 4,4 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,5 - 5,5*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 117 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 147 - 126*) und der A5 Sportback g-tron (CNG-Verbrauch in kg/100 km: 4,3 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,4 - 5,6*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 115 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 144 - 126*) weitere 450 Kilometer zurücklegen. Nach dem Tanken – zur Analyse der Gasqualität – und bei großer Kälte startet der Motor zunächst mit Benzin. Danach wechselt er so rasch wie möglich in den Gasbetrieb. Alle Umschaltungen dauern nur wenige Zehntelsekunden und laufen nahezu unmerklich ab.

2.2 Kompromisslos sicher: die CNG-Behälter

Audi montiert die vier zylindrischen CNG-Behälter als kompaktes Modul in den Hinterwagen des A4 Avant g-tron (CNG-Verbrauch kg/100 km: 4,4 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,5 - 5,5*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 117 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 147 - 126*) und A5 Sportback g-tron (CNG-Verbrauch in kg/100 km: 4,3 - 3,8*; Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 6,4 - 5,6*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (CNG): 115 - 102*; CO₂-Emission kombiniert in g/km (Benzin): 144 - 126*). Sie sind optimal an die Raumverhältnisse angepasst und jeweils spezifisch dimensioniert. Schalen aus Stahlblech mit Spannbändern tragen die Behälter und schützen sie vor Beschädigungen, zum Beispiel an Bordsteinkanten. Das gesamte CNG-Tankmodul, das auch den 25-Liter-Benzintank integriert, wird bei der Produktion der g-tron-Modelle in die Karosserie eingepasst. Die Reserveradmulde entfällt. Zusätzlich wandert die Batterie vom Gepäck- in den Motorraum. Der Ladeboden liegt auf Höhe der Ladekante und bietet somit einen vollwertigen Kofferraum. Die Einfüllstutzen für Gas und Benzin befinden sich unter einer gemeinsamen Tankklappe. Zwei Anzeigen informieren den Fahrer über die Füllstände der Tanks. Das Fahrerinformationssystem zeigt den Verbrauch im jeweils aktuellen Betriebsmodus an.



Die CNG-Behälter, die das Gas mit 200 bar Betriebsdruck bei 15 Grad Celsius speichern, folgen der Leichtbauphilosophie von Audi – dank ihres innovativen Layouts wiegen sie 56 Prozent weniger als vergleichbare Stahlflaschen. Eine Matrix aus gasdichtem Polyamid bildet die innere Lage. Die zweite Schicht besteht aus einer Mischwicklung von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) und glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) – sie sorgt für höchste Festigkeit. Die dritte Schicht ist ausschließlich aus GFK gefertigt und dient vor allem zur optischen Prüfung – an beschädigten Stellen verfärbt sie sich milchig-weiß. Bei der Herstellung wird jeder Behälter mit 300 bar geprüft, bevor er ins Auto kommt. Der reale Bestdruck liegt nochmals weit höher und übertrifft die gesetzlichen Anforderungen deutlich.

2.3 Nahezu klimaneutral fahren: Audi e-gas

Nahezu klimaneutral Autofahren – mit Audi e-gas ist das schon heute möglich. Der Kraftstoff entsteht mithilfe von Ökostrom aus Wasser und Kohlendioxid oder auch aus Reststoffen, wie zum Beispiel Stroh und Grünschnitt. Er ist unabhängig von Erdöl, setzt am Auspuff nur so viel CO₂ frei, wie er bei seiner Herstellung gebunden hat, und konkurriert nicht mit der Nahrungsmittelproduktion.

Kunden, die bis zum 31. Mai 2018 ein g-tron Modell bestellen, bietet Audi diesen Kraftstoff für drei Jahre lang serienmäßig an. Damit senkt die Marke die CO₂-Emissionen der g-tron-Flotte im Gasbetrieb um 80 Prozent**. Der Kunde tankt sein g-tron-Modell an jeder beliebigen CNG-Tankstelle und bezahlt dafür den regulären Preis. Audi sichert die grüne Eigenschaft und damit die entsprechende CO₂-Reduktion, indem das Unternehmen die berechnete Menge in Form von Audi e-gas wieder ins Erdgasnetz einspeist. Dies geschieht automatisch auf Basis von Erhebungen und Servicedaten der Autos. Der TÜV Süd überwacht und zertifiziert das Verfahren. Die g-tron-Kunden erhalten ein Dokument, das die Versorgung ihres Autos mit Audi e-gas bestätigt und über die Zertifizierung informiert.

Audi gewinnt das e-gas unter anderem in seiner eigenen Power-to-Gas-Anlage im niedersächsischen Werlte (Emsland). Sie wurde 2013 in Betrieb genommen und erzeugt pro Jahr bis zu 1.000 Tonnen e-gas. Dabei bindet sie bis zu 2.800 Tonnen CO₂. Mit dieser Menge können rund 1.500 Audi g-tron-Modelle je 15.000 Kilometer im Jahr annähernd CO₂-neutral fahren.

* Angaben in Abhängigkeit vom verwendeten Reifen-/Rädersatz und/oder der Getriebe-/Antriebsvariante

** Im reinen Gasbetrieb (CNG) mit einer Well-to-Wheel-Betrachtung (Umweltbilanz, die Kraftstoffproduktion und Fahrbetrieb des Autos einbezieht) im Vergleich zu einem entsprechenden Modell der gleichen Leistungsklasse mit konventionellem Benzinmotor



Die Audi e-gas-Anlage stellt den erneuerbaren Kraftstoff in zwei großen Schritten her – der Elektrolyse und der Methanisierung. Im ersten Schritt nutzt die Anlage regenerativen Strom, um Wasser in Sauer- und Wasserstoff zu spalten. Letzterer kann mittelfristig auch als Treibstoff für Brennstoffzellenautos dienen.

Da derzeit noch eine flächendeckende Wasserstoff-Infrastruktur fehlt, liegt der Fokus heute auf dem zweiten Verfahrensschritt: Durch die Reaktion des Wasserstoffs mit CO₂, das aus dem Abgasstrom einer benachbarten Abfallbiogasanlage kommt, entsteht synthetisches Methan, das Audi e-gas.

Es ist chemisch mit fossilem Erdgas fast identisch. So wird es ins europäische Gasnetz eingespeist und ersetzt bilanziell die Menge Erdgas, die das g-tron-Modell im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) verbraucht.

2.4 Potenzial: Ausbau des CNG-Netzes und neue Herstellungsverfahren

Die Audi e-gas-Anlage in Werlte zeigt, wie gut das Konzept „Power to Gas“ – die Umwandlung von Strom in Treibstoff – funktioniert. Power-to-Gas-Anlagen machen die Überschüsse an erneuerbarer Energie speicherbar und leisten damit einen wertvollen Beitrag zur Energiewende. Zugleich trägt die Audi e-gas-Anlage dazu bei, das Stromnetz bei hoher Einspeisung von erneuerbaren Energien zu stabilisieren. Damit ist die Audi-Technologie Teil und Treiber der Energiewende.

Angesichts der wachsenden g-tron-Flotte baut Audi seine e-gas-Kapazitäten mit neuen Kooperationen aus. Die Partner sind die Thüga-Gruppe und die Viessmann GmbH. Letztere arbeitet an einem biologischen statt chemischen Methanisierungsverfahren. Darüber hinaus bezieht Audi Methan von zertifizierten Reststoff-Biogasanlagen, die strenge Nachhaltigkeitskriterien erfüllen.

Erst Anfang Mai haben der Volkswagen-Konzern, Tankstellen-Betreiber und Gasnetz-anbieter die Unterzeichnung einer gemeinsamen Absichtserklärung bekannt gegeben, mit der sich die Initiatoren zum Ausbau der CNG-Mobilität bekennen. Ziel ist es, gemeinsam mit anderen Automobilherstellern, die CNG-Flotte in Deutschland bis 2025 auf eine Million Einheiten zu verzehnfachen. Gleichzeitig soll das Tankstellennetz in der Bundesrepublik bis 2025 von heute 900 auf 2.000 Standorte erweitert werden. Auch in anderen europäischen Ländern will das Konsortium den Ausbau nach den Vorgaben der EU Richtlinie 2014/94 (Infrastrukturrichtlinie für alternative Kraftstoffe) forcieren.



Neben dem e-gas-Projekt forscht Audi an weiteren nachhaltigen Kraftstoffen, den Audi e-fuels. Audi e-diesel, Audi e-benzin und Audi e-ethanol sind synthetische Kraftstoffe der neuesten Generation. Für sie alle gilt: Bei ihrer Produktion wird die Menge an CO₂ gebunden, die das Auto beim Betrieb wieder emittiert – das Kohlendioxid wird im Kreislauf geführt. Die treibende Kraft bei der Herstellung der e-fuels ist regenerative Energie.

3. Prüfzyklen und Abgasvorschriften

Seit mehr als 20 Jahren werden die Verbrauchs- und Emissionswerte von Pkw im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) ermittelt. Ab September 2017 löst WLTP (Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure) das bisherige Messverfahren ab. Ziel ist, realitätsnähere Daten abzubilden und den geänderten Verkehrs- und Fahrbedingungen in Europa Rechnung zu tragen. Gleichzeitig sind Emissionsmessungen im laufenden Straßenverkehr vorgeschrieben (RDE = Real Driving Emissions). Außerdem tritt die neue Abgasnorm Euro 6c in Kraft.

3.1 Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)

Seit der Einführung von einheitlichen europäischen Abgasvorschriften im Jahr 1996 werden in der Europäischen Union Fahrzeugemissionen auf Basis eines einheitlichen Fahrzyklus bestimmt (Neuer Europäischer Fahrzyklus, kurz NEFZ). Die EU-Kommission und die UN-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) haben den NEFZ in den 1990er-Jahren mit dem Ziel entwickelt, Verbrauchern und Politik in Europa einen einheitlichen Maßstab zu liefern. Er dient als Basis für den Nachweis der Einhaltung der gesetzlichen Schadstoffgrenzen und für die Ermittlung der offiziellen Verbrauchswerte und der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen (Pkw) und leichten Nutzfahrzeugen. Auch die elektrische Reichweite von Plug-in-Hybridmodellen oder Elektroautos wird auf Grundlage des NEFZ festgestellt.

Der NEFZ wird auf einem Rollenprüfstand gefahren und besteht aus zwei Teilen: Nach einem Kaltstart des Motors wird für 13 Minuten Stadtverkehr simuliert – mit mehrmaligem Beschleunigen und Abbremsen sowie Phasen des Stillstands. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt in diesem Zyklus-Abschnitt 18,8 km/h, was in etwa den Verhältnissen während des Berufsverkehrs entspricht. Anschließend wird für 400 Sekunden eine Überlandfahrt abgebildet, bei der das Auto eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h erreicht. Während der Messung sind die Schaltpunkte (bei manuellem Getriebe) und die Fahrwiderstände sowie die Testmasse in Form von Schwungmassenklassen exakt definiert.



Seit 1. September 2015 wird der Rollwiderstand der Reifen in der Messung miteinbezogen, der Einfluss von Sonderausstattungen oder elektrischen Verbrauchern bleibt jedoch unberücksichtigt. Der NEFZ beschreibt nicht nur das Fahrprofil, sondern auch die Mess- und Umgebungsrandbedingungen. So ist beispielsweise genau festgelegt, wie ein Fahrzeug während der Messung beladen ist und bei welchen Temperaturen gemessen wird. Diese einheitliche Festlegung der Messrandbedingungen erlaubt eine objektive Vergleichbarkeit der Messergebnisse.

Da ein normierter Testzyklus wie der NEFZ die Vielfalt möglicher Einsatzbedingungen und unterschiedlicher Fahrprofile nur bedingt abbildet, kann es im realen Straßenverkehr zu Abweichungen von den NEFZ-Katalogwerten kommen. Auch werden Einstellungen wie eine aktivierte Klimaanlage oder andere eingeschaltete Verbraucher sowie die individuelle Fahrzeugkonfiguration durch Sonderausstattungen im NEFZ nicht berücksichtigt.

3.2 WLTP

Am 1. September 2017 wird der NEFZ vom WLTP (Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure) als Messverfahren für Verbrauchswerte abgelöst. WLTP soll zu einem einheitlichen Testverfahren für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge werden und bildet die Abgaswerte und den Kraftstoffverbrauch realitätsnäher ab als bisher. Ende Mai 2017 soll den EU-Mitgliedsstaaten eine entsprechende Empfehlung zugehen, die frühestens 2018 rechtlich und steuerlich bindend umgesetzt wird. In der Übergangsphase vom 1. September 2017 bis zum 1. Januar 2019 (länderspezifische Abweichungen möglich) wird für den Kunden weiterhin der NEFZ-Wert (beziehungsweise der aus der WLTP-Messung korrelierte NEFZ-Wert) die Besteuerungsgrundlage sein.

Im Gegensatz zum NEFZ ist WLTP wesentlich dynamischer: Sein definiertes Fahrprofil weist deutlich mehr Beschleunigungs- und Bremsvorgänge auf, es enthält vier Phasen: bis 60, 80, 100 und 130 km/h. Dadurch werden unterschiedliche Fahrsituationen – vom Innenstadtverkehr bis zur Autobahnfahrt – abgebildet. Die Höchstgeschwindigkeit liegt beim WLTP-Fahrzyklus bei 131 km/h, also um 10 km/h höher als beim NEFZ. Zudem übertrifft der neue Testzyklus den alten sowohl bei der Dauer (30 Minuten) als auch bei der Durchschnittsgeschwindigkeit (46,6 km/h). Die Streckenlänge auf dem Rollenprüfstand entspricht rund 23 Kilometer statt bisher 11 Kilometer, die Temperatur der Prüfkammer muss bei 23° Celsius liegen.



Mit dem Ambient Temperature Correction Test berücksichtigt das Verfahren den Verbrauchseinfluss der von der EU definierten durchschnittlichen Umgebungstemperatur von 14°C auf ein über 9 Stunden abgestelltes Fahrzeug.

Beim WLTP werden die Auswirkungen von kundenindividuellen Sonderausstattungen auf Gewicht, Aerodynamik und Bordnetz-Stromverbrauch (Ruhestrom) berücksichtigt. Komfort-Verbraucher wie Klimaanlage oder Sitzheizung sind während der Messung ausgeschaltet wie schon bisher beim NEFZ.

Weitere Neuerungen betreffen die Schaltpunkte (bei manuellem Getriebe): Sie sind nicht mehr statisch vorgegeben, sondern in Abhängigkeit von Fahrzeugparametern wie Motorleistung und Getriebeübersetzung berechnet.

Bei allen neu typgeprüften Motoren und Modellen müssen die Abgas- und Verbrauchswerte ab 1. September 2017 nach WLTP ermittelt werden, ab 1. September 2018 dann bei sämtlichen Neufahrzeugen.

	NEFZ	WLTP
Fahrzeit	ca. 20 min (1.180 s)	30 min (1.800 s)
Streckenlänge	11,007 km	23,25 km
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h	131 km/h
Durchschnittsgeschwindigkeit	33,6 km/h	46,6 km/h
Standzeitanteil	25 % / 14 Stopps (280 s)	13 % / 9 Stopps (226 s)
Sonderausstattung berücksichtigt	nein	ja
Schaltpunkte	festgelegt nach Geschwindigkeit	individuell



3.3 RDE und PEMS-Messung

RDE steht für Real Driving Emissions, also für Abgase im realen Straßenverkehr. Ergänzend zum neuen WLTP-Testzyklus auf dem Rollenprüfstand sind in Europa ab 1. September 2017 Emissionsmessungen im realen Straßenverkehr vorgeschrieben. Das RDE-Prüfverfahren wird mittels mobiler Messtechnik (Portable Emissions Measurement Systems, PEMS) durchgeführt: Die mit der Abgasanlage des Fahrzeugs verbundene PEMS-Messbox misst die Stickoxide- und Kohlenstoffmonoxid-Emissionen und protokolliert auf der vordefinierten Strecke eine Vielzahl an Motor-, Fahrzeug- und Umweltparametern. Durch den permanenten Abgleich mit GPS-Daten lässt sich so ein exakter Zusammenhang zwischen Fahrsituation und Abgasverhalten darstellen.

Die Strecke einer RDE-Messung enthält eine Vielzahl beliebiger Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge, die Fahrtzeit dauert je nach Verkehrslage und Fahrstil 90 bis 120 Minuten. Ein so genannter Konformitätsfaktor (Conformity Factor, CF) gibt an, um wie viel höher die im Straßenverkehr gemessenen gasförmigen Emissionen gegenüber dem im WLTP-Verfahren unter Laborbedingungen ermittelten Wert maximal sein dürfen. Im ersten Schritt während einer Übergangszeit ab September 2017 liegt er bei 2,1 für NO_x-Emissionen und 1,5 für die Partikelanzahl (PN). In einer zweiten Stufe ab Januar 2020 soll der Faktor bei maximal 1,5 liegen.

Die RDE-Messung berücksichtigt nicht das komplexe thermische Verhalten des Verbrennungsmotors. Der Verbrauch und die Emissionswerte variieren in Abhängigkeit von der Betriebsart. So sind sie beispielsweise beim Kaltstart und bei Volllast höher als bei warmem Motor und beim Dahingleiten im Verkehr. Darüber hinaus hängt das Messergebnis stark vom individuellen Fahrverhalten ab. Der Konformitätsfaktor berücksichtigt die Streuung durch die Messungsrandbedingungen, weshalb auch der CF 2,1 ein schwer zu erreichender Wert ist. Um die neuen Grenzwerte einzuhalten, müssen Benzinmotoren mit einem Partikelfilter ausgerüstet werden. Der Ersteinsatz bei Audi erfolgt im Audi A5 Coupé 2.0 TFSI ab Juni 2017 und wird sukzessive auf alle weiteren Baureihen ausgeweitet. Audi wird innerhalb der RDE-Gesetzgebung zukünftig alle Verbrauchs- und Emissionsmessungen mit Otto-Partikelfiltern durchführen.



3.4 Neue Abgasnorm Euro 6c

Seit 1991 besteht die europäische Abgasnorm, mit der in den vergangenen Jahren die Grenzwerte für Abgase von Pkw und Lkw stufenweise gesenkt wurden. Für Otto- und Dieselmotoren gelten jeweils eigene Grenzwerte. Geregelt werden die sogenannten limitierten Abgaskomponenten, wie beispielsweise der Stickoxide (NO_x)-Ausstoß und die Partikelanzahl.

Für neu typgeprüfte Fahrzeuge tritt am 1. September 2017 die Norm Euro 6c in Kraft, für sämtliche neu zugelassenen Autos dann ab 1. September 2018. Neben der Umstellung von NEFZ auf WLTP-Verfahren und RDE-Messung ist der wichtigste Unterschied gegenüber der bisher gültigen Norm Euro 6b die Partikelzahl (PN) bei Ottomotoren: Künftig darf sie nur noch ein Zehntel des bisherigen Wertes betragen. Mit der Einführung von Euro 6c werden ebenso die Schwellenwerte für On-Board-Diagnose-Systeme (OBD) verschärft. Den größten Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch hat weiterhin der Fahrer selbst: durch seinen Fahrstil.

4. Vielseitig und effizient: Mild-Hybrid-Technologie

Audi treibt die Elektrifizierung seiner Antriebe auf breiter Front voran. Von Mitte 2017 an ziehen die neuen Mild-Hybrid-Antriebe (MHEV, Mild Hybrid Electric Vehicles) in die Modellpalette ein. In der nächsten Generation der Luxuslimousine Audi A8 werden sie bei sämtlichen Motorisierungen – und zwar in der 48-Volt-Ausführung – an Bord sein.

Die neue Technologie eignet sich für das Zusammenspiel mit Diesel- und Benzinmotoren gleichermaßen und kann den Verbrauch im Kundenbetrieb beispielsweise bei einem V6-Benzinmotor um bis zu 0,7 Liter pro 100 Kilometer senken. Im Gegensatz zu anderen, innermotorischen Effizienz-Technologien steigern die MHEV-Antriebe auch den Komfort, weil sie lautloses Segeln in größeren Geschwindigkeitsbereichen bis zu 160 km/h ermöglichen.



Audi bietet die MHEV-Antriebe in zwei Varianten an. Bei den Vierzylinder-motoren basieren sie auf dem bekannten 12-Volt-Bordnetz. Die Sechs- und Achtzylinder sowie der W12-Zylinder erhalten ein neues 48-Volt-Netz, das in der Regel als Hauptbordnetz ausgebildet ist. Speziell diese Technologie bietet perspektivisch viele Möglichkeiten, das Fahren noch effizienter, sportlicher und komfortabler zu machen.

Auf dem Genfer Automobilsalon 2017 hat die Marke die Potenziale ihrer neuen Technologien im Showcar Audi Q8 sport concept vorgestellt. Sein 48-Volt-Bordnetz integriert ein weiterentwickeltes MHEV-System sowie einen elektrisch angetriebenen Verdichter (EAV). Beide Komponenten sorgen für ein neues Niveau an Dynamik. Auch die Effizienz steigt deutlich – bei niedrigem Tempo wie etwa beim Einparken kann das Showcar sogar elektrisch fahren.

4.1 MHEV: die Funktionsweise

Der Mild-Hybrid-Antrieb von Audi im neuen A8 setzt sich aus zwei zentralen Bausteinen zusammen. Einer von ihnen ist ein wassergekühlter Riemen-Starter-Generator (RSG) an der Stirnseite des Motors. Ein hochbelastbarer Keilrippenriemen verbindet diesen mit der Kurbelwelle. Der RSG bringt es auf bis zu 12 kW Rekuperationsleistung sowie auf 60 Nm Drehmoment.

Die zweite Komponente ist eine Lithium-Ionen-Batterie mit 10 Ah Ladungsträgerkapazität und 48-Volt-Spannungslage. In der neuen großen Limousine ist das neu entwickelte 48-Volt-Netz das Hauptbordnetz. Das 12-Volt-Netz ist über einen DC/DC-Wandler an das Hauptbordnetz gekoppelt. Der Lithium-Ionen-Akku, im Gepäckraum untergebracht, hat etwa das Format einer großen Bleibatterie. Eine geregelte Luftkühlung sorgt für sein Thermomanagement.

Die MHEV-Technologie auf 48-Volt-Basis ist besonders komfortabel und effizient. Wenn der Fahrer im Geschwindigkeitsbereich zwischen 55 und 160 km/h vom Gas geht, kann das Auto bis zu 40 Sekunden lang mit komplett ausgeschaltetem Motor segeln. Beim Rollen mit niedrigem Tempo beginnt die Start-Stopp-Phase schon bei 22 km/h.



Sobald der Fahrer wieder Gas gibt – ob im Stand oder in Fahrt –, erfolgt ein schneller und hochkomfortabler Wiederstart: Der RSG zieht den Verbrennungsmotor auf die Zieldrehzahl hoch, dann wird wieder eingespritzt und im Fall eines Benzinmotors gezündet. Der herkömmliche Ritzelstarter bleibt zwar an Bord, kommt aber praktisch nur noch beim ersten Start zum Einsatz, wenn das Motoröl noch kalt und zäh ist. In dieser Situation könnte der Riemen des RSG durchrutschen.

In vielen Situationen ist Rekuperieren – das Zurückgewinnen von Energie beim Verzögern – effizienter als Segeln. Um dies zu entscheiden, nutzt das Antriebsmanagement des neuen Audi A8 die Frontkamera und optional die Erkenntnisse des Prädiktiven Effizienzassistenten, die in der Navigation hinterlegten Streckendaten sowie weitere Daten, die das hochvernetzte Sensorset liefert. Unterm Strich erzielt der Mild-Hybrid-Antrieb im Kundenbetrieb eine Verbrauchseinsparung von bis zu 0,7 Liter pro 100 Kilometer (beim V6 TFSI).

Audi bietet die neue MHEV-Technologie auch mit dem konventionellen 12-Volt-Bordnetz an. In dieser Ausprägung wird sie im Zusammenspiel mit dem 2.0 TFSI-Motor eingesetzt. Das Funktionsprinzip ist identisch wie bei 48 Volt, allerdings fallen die Segelphasen, die Rekuperationsleistung und die CO₂-Einsparung etwas geringer aus.

4.2 Breit aufgestellt: 48-Volt-Bordnetz

In einem anderen Zuschnitt – ohne MHEV-Funktion – ist die 48-Volt-Spannungslage schon 2016 mit dem Audi SQ7 TDI in Serie gestartet. Dort arbeitet der Generator noch auf 12-Volt-Basis, ein Gleichstromwandler koppelt das 48-Volt-Teilbordnetz an. Es versorgt den elektrisch angetriebenen Verdichter (EAV) für den V8-Diesel sowie die elektromechanisch aktive Wankstabilisierung (EAWS).

Der EAV unterstützt die beiden Turbolader des 4.0-TDI-Motors mit bis zu 7 kW Leistung immer dann, wenn sie nicht ausreichend Energie aus dem Abgasstrom ziehen können. Die Power steht unmittelbar bereit, wenn der Fahrer Gas gibt – besonders eindrucksvoll ist sie beim Anfahren zu erleben. Die EAWS ist eine weitere Innovation von Audi. Ihr Herzstück ist ein Elektromotor, der bei Geradeausfahrt die beiden Hälften des Stabilisators voneinander entkoppelt. Das ermöglicht exzellenten Abrollkomfort. Bei sportlicher Kurvenfahrt verdreht er die Rohre gegeneinander, was zu einem straffen Handling führt.



Audi führt die 48-Volt- und die MHEV-Technologie jetzt mit großen Schritten in die Serie ein. In wenigen Jahren werden weitere Audi-Modellreihen die neuen Mild-Hybridisierungsumfänge erhalten. Mit neuen Architekturen lassen sich noch mehr Leistung und Drehmoment realisieren und innovative Funktionen ermöglichen höhere Verbrauchereinsparungen. Mittelfristig will die Marke Nebenaggregate wie Pumpen und Kompressoren auf 48 Volt umstellen – dann lassen sie sich noch exakter nach Bedarf steuern, bauen leichter und kompakter. Das Gleiche gilt für große statische Komfort-Verbraucher wie Scheibenheizungen oder Soundanlagen. Kleine Verbraucher wie Steuergeräte oder Leuchten bleiben hingegen auch langfristig in der 12-Volt-Welt.

4.3 Elektrisch rollen, kraftvoll boosten: Audi Q8 sport concept

Das große Potenzial der MHEV-Systeme hat die Marke mit der Technikstudie Audi Q8 sport concept bewiesen, die auf dem Genfer Automobilsalon 2017 Premiere hatte. Der Startergenerator, zwischen Kurbelwelle und Getriebe montiert, gibt 20 kW und 170 Nm ab. Beim Verzögern kann das starke MHEV-System in hohem Maße Energie zurückgewinnen und in die Lithium-Ionen-Batterie einspeisen. Bei niedrigem Tempo kann es den Sport-SUV allein antreiben. Beim Boosten mit dem Verbrennungsmotor, einem 3.0 TFSI, liegen in der Addition bis zu 700 Nm an.

Das 48-Volt-Netz des Audi Q8 sport concept bindet neben dem integrierten Starter-Generator einen elektrisch angetriebenen Verdichter (EAV) ein. Er schließt das Turboloch und erlaubt es, den Mono-Twinscroll-Turbo groß und leistungsfähig auszulegen. Das Showcar beschleunigt mit 350 kW (476 PS) Systemleistung in 4,7 Sekunden von 0 auf 100 km/h und weiter bis 275 km/h Höchstgeschwindigkeit. Das MHEV-System senkt den Verbrauch der Konzeptstudie um etwa einen Liter pro 100 Kilometer.

Weitere Informationen zum offiziellen Kraftstoffverbrauch und den offiziellen spezifischen CO₂-Emissionen neuer Personenkraftwagen können dem 'Leitfaden über den Kraftstoffverbrauch, die CO₂-Emissionen und den Stromverbrauch neuer Personenkraftwagen' entnommen werden, der an allen Verkaufsstellen und bei der DAT Deutsche Automobil Treuhand GmbH, Hellmuth-Hirth-Str. 1, 73760 Ostfildern-Scharnhausen (www.dat.de) unentgeltlich erhältlich ist.