



Audi e-tron 2009

Quelle: Hybrid-Autos.info: <http://www.hybrid-autos.info/elektro-fahrzeuge/audi/audi-e-tron-2009.html>

Audi präsentiert das Highlight der IAA 2009: den **e-tron**, einen Hochleistungsportwagen mit reinem Elektroantrieb. Vier Motoren – je zwei an der Vorder- und Hinterachse – treiben die Räder an, sie machen die Studie zu einem echten quattro. Mit 230 kW (313 PS) und 4.500 Nm Drehmoment beschleunigt der Zweisitzer in 4,8 Sekunden von 0 auf 100 km/h, der Zwischenspur von 60 auf 120 km/h ist in 4,1 Sekunden abgehakt. Der Lithium-Ionen-Akku stellt einen real nutzbaren Energieinhalt von 42,4 Kilowattstunden bereit, er erlaubt eine Reichweite von etwa 248 Kilometer.

Dieses Fahrzeug ist ein Prototyp. Es kann nicht gekauft werden!

Die Fahrleistungen sind keineswegs der einzige Beleg für die konsequente und ganzheitliche Strategie. Schon das Design demonstriert die Zugehörigkeit des **e-tron** zur Topliga der Sportwagen, und das Package trägt den spezifischen Gegebenheiten eines Elektrofahrzeugs Rechnung: Die Batterie liegt direkt hinter der Passagierkabine, das sorgt für eine optimale Schwerpunktlage und Achslastverteilung.

Der **e-tron** ist in der Lage, die starken Momente seiner vier Elektromotoren ganz nach Bedarf zwischen den Rädern zu verteilen. Das so genannte torque vectoring ermöglicht faszinierende Dynamik und ein ungeahntes Maß an Agilität und Präzision in den Kurven.

Mit vielen Technikausteilen geht Audi neue, teilweise revolutionäre Wege. Eine Wärmepumpe dient zum effizienten Auf- und Beheizen des Innenraums. Der Antrieb, die Leistungselektronik und die Batterie werden von einem innovativen Thermomanagement gesteuert; es ist eine entscheidende Komponente zum Erzielen der Reichweite ohne Abstriche am hohen Innenraumkomfort. Die Vernetzung der Fahrzeugelektronik mit dem Umfeld – die so genannte Car-to-X-Kommunikation – eröffnet neue Dimensionen bei der Optimierung von Effizienz, Sicherheit und Komfort.

Elektrische Antriebe spielen noch immer eine krasse Außenseiterrolle. Die ersten Fahrzeuge dieser Art rollten bereits vor und um 1900 auf den Straßen – dennoch hat im Jahr 2009 kein Großserienhersteller ein ausschließlich batteriebetriebenes Auto im Programm. In Deutschland beträgt der Bestand an zugelassenen Elektrofahrzeugen derzeit weniger als 1.500 Stück, entsprechend 0,035 Prozent.

Dabei bietet elektrisches Fahren potenziell zahlreiche Vorteile. Elektroautomobile reduzieren die Abhängigkeit des Verkehrs und der Volkswirtschaft vom Rohstoff Erdöl; sie produzieren keine direkten Abgasemissionen und entlasten damit die Umwelt vor Ort. Der Wirkungsgrad eines Elektroantriebs übertrifft den eines Verbrennungsmotors deutlich, das entlastet in der Konsequenz den Geldbeutel des Kunden. Zu den weiteren Stärken gehören die Sportlichkeit und die Fahrfreude. Das volle Drehmoment steht praktisch schon aus dem Stand zur Verfügung, es macht eine begeisternde Beschleunigung möglich.

Bis zur Großserienreife von Elektrofahrzeugen gilt es jedoch noch viele Aufgaben zu lösen. Die größte Herausforderung ist die Integration des Energiespeichers – die Traktionsbatterie ist bei entsprechender Reichweite und Leistungsfähigkeit schwer und hat einen großen Bauraumbedarf. Um diese Nachteile auszugleichen, geht Audi einen neuen Weg – einen ganzheitlichen Ansatz mit einem spezifischen Fahrzeugpackage, einem konsequenten Leichtbaukonzept und einer optimalen Auslegung aller Komponenten für den Elektroantrieb.

Die wichtigste Entwicklung bei den Batterien für elektrische Antriebe sind die Lithium-Ionen-Zellen. Weltweit arbeiten zahlreiche Experten an ihrer weiteren Entwicklung für den Einsatz im Auto; die vorrangigen Ziele sind die Reduzierung des Gewichts sowie die Erhöhung von Kapazität und Leistung. Auch Audi hat sich für diese Technologie entschieden, und zwar sowohl für die Verwendung in einem Hybrid-Serienfahrzeug – wie der künftigen Q5-Version – als auch im Versuchsträger **e-tron**.

Das Lastenheft der Studie geht jedoch deutlich über die Batterietechnologie und den Ersatz eines Verbrennungsmotors durch einen Elektroantrieb hinaus. Die Audi-Entwickler haben sich schon in der Konzeptphase entschieden, praktisch jede Komponente und Technologie auf die grundlegend neuen Anforderungen elektrischer Mobilität auszulegen. Die Interaktion aller Elemente beeinflusst die Faktoren Effizienz, Reichweite und Praxistauglichkeit entscheidend. Die Aufmerksamkeit des Audi-Teams galt deshalb dem gesamten Fahrzeug. Entsprechend umfangreich liest sich das Lastenheft.

Die Reduzierung der Fahrwiderstände und die damit einhergehende Vergrößerung der Reichweite spielt bei Elektrofahrzeugen eine wesentliche Rolle. Daher genießt der Leichtbau bei der Studie **e-tron** oberste Priorität. Vor allem die Karosserie verbindet geringes Gewicht mit höchster Festigkeit und Steifigkeit. Ein intelligentes Aerodynamikkonzept mit aktiven Elementen trägt zum geringen Verbrauch bei. Das Package gewährleistet die sichere Integration von Elektroantrieb und Batterie. Die Positionierung der Batterie vor der Hinterachse sorgt für eine optimale Achslastverteilung, ohne das kompakte Gesamtdesign und den großzügigen Innenraum zu beeinträchtigen.

Hochmoderne Batterietechnik erlaubt eine Reichweite in praxistauglichen Bereichen. Das Batteriesystem ist für optimale Leistungsfähigkeit und Lebensdauer wassergekühlt. Ein bedarfsgesteuertes Energiemanagement steuert alle Funktionen für Fahrwerk, Komfort und sonstige Nebenverbraucher. Das innovative Thermomanagement mit optimal abgestimmten Kühl- und Heizkomponenten berücksichtigt den Kühlbedarf der Batterie und des Antriebs ebenso wie den Klimakomfort im Innenraum.

Fahrdynamik und Fahrkomfort entsprechen den Erwartungen der Audi-Kunden im Sportwagensegment. Die Fahrzeugsicherheit liegt auf dem Niveau der besten aktuellen Serienfahrzeuge. Die Informationen für den Fahrer sind umfassend und intuitiv verstehbar. Die Studie e-tron nutzt Car-to-X-Kommunikationstechnologien, die Audi zur Effizienzsteigerung bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen entwickelt hat. Beispielsweise dienen Informationen über die Schaltung der Ampel und über den Verkehrsfluss – von der Infrastruktur und von anderen Fahrzeugen vermittelt – zur Berechnung einer optimalen Fahrstrategie. Audi hat eine solche Lösung bereits in seinem Projekt „travolution“ in Ingolstadt im Modell durchgespielt.

Schon der erste Blick macht klar, welchem Kaliber der Betrachter hier begegnet: Breit und bullig steht der Audi **e-tron** auf der Straße. Der Fahrzeugkörper wirkt fast monolithisch, die geschlossene Heckpartie macht einen bullig-muskulösen Eindruck. Das Trapez des Singleframe-Grills prägt die Frontpartie, flankiert von großen Lufteinlässen. An ihre Oberseite schließen sich die flachen Bänder der adaptive matrix-beam Scheinwerfermodule mit ihrer Klarglasabdeckung an. Alle Leuchteinheiten sind in der hocheffizienten LED-Technologie konzipiert – das ist Ehrensache für Audi, den weltweiten Vorreiter auf diesem Gebiet.

Die Scheinwerfer sind der Kern eines vollautomatischen Lichtassistenzsystems, das auf jede Situation flexibel reagiert. Die neue Technologie erkennt die Witterungsbedingungen und passt die Ausleuchtung an Regen oder Nebel an. Als technisches Herz der Lichtassistenz fungiert eine Kamera, die in Kooperation mit einem schnellen Rechner den Gegenverkehr detektieren, Fahrspuren erkennen und die Sichtweiten, etwa bei Nebel, messen kann.

Bei Gegenverkehr beispielsweise wird das Fernlicht im entsprechenden Teilbereich gezielt ausgeblendet. Das Kurvenlicht wertet Daten aus der Navigation aus und leuchtet die Kurven bereits aus, bevor der Fahrer in sie hineinlenkt. Der Audi e-tron hat keine konventionellen Nebelscheinwerfer mehr, die zusätzliche Leistung aufnehmen, stattdessen variiert er das Abblendlicht auf intelligente Art: Der Scheinwerfer leuchtet mehr in die Breite und reduziert dabei die Eigenblendung deutlich.

Die Variabilität der Scheinwerfer zeigt sich auch im Design. Je nach gefahrener Geschwindigkeit und Umgebungssituation verändern die LED-Elemente ihr Erscheinungsbild und damit die Charakteristik der Fahrzeugfront. Für die Designer von Audi bietet die innovative Lichttechnologie ähnlich große Gestaltungsmöglichkeiten wie die Form der Karosserie selbst.

Ein neues, **e-tron**-spezifisches Designelement sind die Lufteinlässe im Singleframe-Grill, und vor den hinteren Radläufen. Im Grundzustand sind sie bündig verschlossen, bei erhöhtem Kühlluftbedarf werden sie durch Klappen geöffnet. Auch diese Maßnahme dient der maximalen Effizienz – die Studie glänzt von Haus aus mit einem niedrigen cW-Wert, der sich mit geschlossenen Klappen weiter verbessert.

Der Fahrzeugkörper wirkt kompakt, die Front und der flache Dachbogen sind mit einem schwungvollen Strich gezeichnet, der den Zweisitzer sofort als Audi identifizierbar macht. Die Seitenpartie zeigt vertraute Konturen: Die Taillierung der Dynamic line oberhalb des Schwellers und die Schulterlinie verbinden Front, Seite und Heck, gestalten die Türen und den Übergang zum seitlichen Lufteinlass plastisch und betonen die Audi-typisch runden Radhäuser mit den großen 19-Zoll-Rädern intensiv. 1,90 Meter Breite bei nur 4,26 Meter Länge und 1,23 Meter Höhe – das sind die Proportionen eines Supersportwagens. 2,60 Meter Radstand lassen für Mensch und Technik zwischen den Achsen großzügig Platz. Wie bei einem Mittelmotorsportwagen ist die Kabine des e-tron weit in Richtung Vorderachse verschoben, so bleibt vor der Hinterachse Raum für die rund 470 Kilogramm schwere Batterieeinheit, für den Umrichter und die Leistungselektronik.

Die beiden Elektromotoren, die über eine eigene Kühlung verfügen, sitzen hinter der Hinterachse. Die Front-Elektromotoren liegen an der Vorderachse, ihre Kühlung ist vor ihnen angeordnet. Dieses spezielle Package – die Gewichtsverteilung liegt bei 42:58 – sorgt für perfekte Balance, von ihr profitiert die Fahrdynamik des e-tron.

Konsequenter Leichtbau ist bei Elektrofahrzeugen noch mehr als bei konventionell angetriebenen Automobilen eine entscheidende Voraussetzung für Effizienz und Reichweite. Die Audi-Entwickler haben beim **e-tron** auf eine Kernkompetenz des Unternehmens zurückgegriffen: Die Karosseriestruktur basiert auf der Audi Space Frame-Technologie (ASF) und wurde in Hybridbauweise gefertigt. Alle Anbauteile – Türen, Klappen, Seitenwände und Dach – bestehen aus faserverstärktem Kunststoff.

Die Kombination aus Aluminium und Kohlefaser-Verbundwerkstoff garantiert höchste Steifigkeit bei geringem Gewicht; Audi wird sie in ähnlicher Form bald auch für die Serienproduktion nutzen. Das Gesamtgewicht des Audi **e-tron** beträgt trotz des aufwändigen Antriebslayout mit den vier Elektromotoren und dem leistungsstarken Batteriesystem nur etwa 1.600 Kilogramm.

Optische und funktionale Verweise auf das neue Antriebskonzept bestimmen das Interieurdesign – sie schaffen eine avancierte Verbindung von bewährten Audi-Genen und neuen formalen Ansätzen. Typisch für die Formensprache der Marke ist auch hier die Reduktion auf das Wesentliche in Architektur, Bedienung und Informationsfluss zugunsten von sichtbarem Leichtbau und einer aufgeräumten Gesamtwirkung. Der scheinbar schwebende Armaturenräger setzt seinen Bogen seitlich in die Türverkleidungen fort. Die Designer haben die Chance genutzt, den Mitteltunnel und die Mittelkonsole besonders leicht und schlank auszuführen – sie brauchten keine Rücksicht auf Getriebe, Schaltmimik und Kardantunnel zu nehmen. Der bündig integrierte Wählhebel – mit ihm bestimmt der Fahrer die Fahrstufen vor / zurück / neutral – fährt beim Start des Fahrzeugs aus dem Tunnel aus.

Auch das Cockpit des **e-tron** orientiert sich zum Fahrer hin – ein weiteres typisches Merkmal der Marke. Statt des klassischen Kombiinstrumentes verfügt die Studie erstmals bei Audi über ein großes, ausklappbares Zentralsdisplay mit integrierten MMI-Funktionen; es befindet sich zwischen zwei flankierenden Rundinstrumenten.

Bedient wird das MMI über ein Scrollfeld mit berührungsempfindlicher Oberfläche am Lenkrad („MMI touch“) – ein Element, das von modernen Smartphones inspiriert ist. Während rechts ein analoger Tachometer über die Geschwindigkeit informiert, erfährt der Fahrer links die abgerufene Leistung. Das Zentralsdisplay zeigt die Reichweite in der Statuszeile an und präsentiert alle wichtigen Informationen aus dem Infotainmentsystem und der Navigation. Darüber hinaus versorgt es den Fahrer mit den relevanten Daten aus der Kommunikation seines Fahrzeugs mit dem Umfeld. Die Instrumente verbinden die analoge und die digitale Welt zu einer Einheit.

Charakteristisch für das Konzept des Audi e-tron ist der fast vollständige Verzicht auf Schalter und kleine Komponenten wie das Zündschloss. Die Klimabedieneinheit befindet sich rechts neben dem Lenkrad; das Display informiert über Temperatur und Ventilation. Bedient wird das System – ebenfalls wie ein smartphone – über einen berührungsempfindlichen Schieberegler. Die vom Motorsport inspirierten Leichtbau-Schalensitze verbinden exzellenten Seitenhalt mit Komfort. Zwei Kontrastfarben – Schneeweiß und Cognac – gliedern die verschiedenen Bereiche des Interieurs. Sie bringen ebenso wie die hochwertigen Materialien Eleganz und Sportlichkeit zusammen.

Vier Asynchron-Elektromotoren mit einer Gesamtleistung von 230 Kilowatt (313 PS) verleihen dem Audi **e-tron** die Performance eines Hochleistungssportwagens. Von 0 auf 100 km/h beschleunigt die Studie bei Bedarf in 4,8 Sekunden, den Zwischenspur von 60 auf 120 km/h absolviert sie in 4,1 Sekunden. Je nach Fahrsituation und Beschaffenheit der Fahrbahn strömt das Drehmoment selektiv an die Räder – daraus resultieren die überragenden Traktions- und Handlingeigenschaften.

Die Höchstgeschwindigkeit ist auf 200 km/h begrenzt, da der Energiebedarf der Elektromotoren mit der Geschwindigkeit überproportional zunimmt. Die Reichweite liegt im gemischten Fahrbetrieb nach dem europäischen NEFZ-Zyklus bei etwa 248 Kilometern. Möglich wird dieser gute Wert durch den integrierten Konzeptansatz – durch die speziell auf den E-Antrieb ausgelegte Technik, kombiniert mit modernster Batterietechnologie. Der Block offeriert einen Gesamt-Energieinhalt von rund 53 Kilowattstunden, der nutzbare Anteil davon ist zugunsten der Lebensdauer auf 42,4 kWh beschränkt. Audi setzt bei den Batterien auf eine Flüssigkeitskühlung.

Aufgeladen wird der Energiespeicher über Kabel und Stecker mit Haushaltsstrom (230 Volt/16 Ampere), die Steckdose liegt unter einem Deckel am Heck. Die Ladezeit bei entladener Batterie beträgt 6 bis 8 Stunden, mit Starkstrom (400 Volt, 63 Ampere) sinkt sie auf nur ca. 2,5 Stunden. Um den Komfort beim Laden zu erhöhen, arbeiten die Audi-Ingenieure an einer kabellosen Lösung. Die induktive Ladestation, die in der heimischen Garage oder auch in speziellen Parkhäusern liegen kann, wird beim Andocken des Fahrzeugs automatisch aktiviert. Eine solche Technik kommt bereits heute in ähnlicher Form beim Laden elektrischer Zahnbürsten zum Einsatz.

Die Batterie wird nicht nur stationär versorgt, sondern auch während der Fahrt – das Stichwort heißt Rekuperation. Diese Form der Energierückgewinnung und -wiedereinspeisung in die Batterie ist bereits heute in vielen Serienmodellen von Audi verfügbar. Dort wandelt der Generator beim Verzögern die kinetische Energie in elektrische um, die er danach ins Bordnetz einspeist.

Der Audi **e-tron**, der mit vier leichten Keramik-Bremsscheiben verzögert, geht einen entscheidenden Schritt weiter in die Zukunft: Eine elektromechanische Bremsanlage erlaubt es, das Rekuperationspotenzial der Elektromotoren zu nutzen. An der Vorderachse sind hydraulische Festsättel, an der Hinterachse sind zwei neuartige elektrisch betätigte Faustsättel montiert – sie werden ohne mechanische oder hydraulische Übertragungselemente betätigt, sondern per Kabel („brake by wire“). Außerdem entstehen beim ungebremsten Betrieb keine Reibungsverluste durch Restschleifmomente.

Aufgrund der Entkopplung vom Bremspedal können die Elektromotoren des **e-tron** die komplette Verzögerungsenergie in elektrischen Strom umwandeln und zurückgewinnen. Erst bei höheren Verzögerungen wird die elektromechanische Bremsanlage aktiviert. Der Fahrer bemerkt die Regelvorgänge nicht; er spürt nur ein berechenbares und konstantes Pedalgefühl wie bei einer hydraulischen Bremse.

Novum im Automobil: Die Wärmepumpe

Auch die Wärmepumpe – ein Novum in der Automobiltechnik – dient der Steigerung der Effizienz und der Reichweite. Anders als ein Verbrennungsmotor produziert der Elektroantrieb je nach Betriebszustand nicht genug Abwärme, um den Innenraum wirkungsvoll zu beheizen. Andere Elektrofahrzeuge verfügen über elektrische Zuheizter, die einen vergleichsweise hohen Energieverbrauch verursachen. Die Wärmepumpe, die Audi nutzt – bekannt aus dem Einsatz in Gebäuden –, ist eine höchst effizient arbeitende Kraft-Wärme-Maschine zum Heizen mit einem Minimum an Energiezufuhr.

Für die Kühlung des Innenraums steht eine hocheffiziente Klimaanlage bereit; in Zusammenarbeit mit dem Thermomanagement kümmert sie sich auch um die Temperierung der Hochvoltbatterie. Die Batterie, die Leistungselektronik und die Elektromotoren müssen auf ihren jeweils idealen Betriebstemperaturen gehalten werden, damit Leistung und Reichweite ihr Optimum erreichen.

Sobald das Fahrzeug mit einer Ladestation verbunden ist, wird das Fahrzeug über das Thermomanagement und die dazu gehörenden Systeme entsprechend vorkonditioniert: bei Kälte wird das Antriebssystem vorgewärmt, bei Hitze abgekühlt. Bei Bedarf kann diese Vorkonditionierung auch auf den Innenraum übertragen werden, so dass die Passagiere in einen Innenraum einsteigen können, den sie nach ihren Komfortwünschen angepasst haben.

Die reguläre Verteilung der Antriebsmomente ist klar zugunsten der Hinterachse ausgelegt – entsprechend der Gewichtsverteilung des e-tron: Ähnlich wie bei einem Mittelmotorsportwagen gelangen rund 70 Prozent der Kräfte nach hinten, 30 Prozent nach vorn. Wenn an einer Achse Schlupf auftritt, lässt sich diese Balance dank der vier zentral gesteuerten Elektromotoren variabel ändern – damit übernimmt das Elektrofahrzeug von Audi alle Vorteile der quattro-Technologie. Die vier einzelnen Motoren, die – auch im Interesse starker Traktion – als Radantriebe hinter den Rädern sitzen, machen es möglich, auch die Querdynamik des **e-tron** intelligent zu steuern. Ähnlich wie das Sportdifferenzial bei serienmäßigen quattro-Fahrzeugen erlauben sie das so genannte „torque vectoring“, also das gezielte Beschleunigen einzelner Räder – es macht den e-tron noch dynamischer und erhöht zugleich seine Fahrsicherheit. Unter- und Übersteuern lassen sich nicht nur mit individuellem Bremseneingriff, sondern auch durch einen millisekundengenauen Leistungsschub kompensieren. Die Studie verhält sich selbst bei höchsten Querbeschleunigungen vorbildlich neutral und eilt wie auf den sprichwörtlichen Schienen durch die Kurve.

Im Fahrwerk kommen an der Vorderachse doppelte Dreieckslenker und an der Hinterachse Trapezlenker aus Aluminium-Schmiedekomponenten zum Einsatz – eine Geometrie, die sich im Motorsport als optimale Voraussetzung für hohe Agilität, kompromisslose Präzision und exakt definiertes Eigenlenkverhalten bewährt hat. Das Setup von Federn und Stoßdämpfern ist straff gewählt, bietet jedoch viel Komfort.

Die direkt ausgelegte Zahnstangenlenkung vermittelt fein differenzierte Rückmeldung. Ihre Lenkunterstützung erfolgt abhängig von der Geschwindigkeit, und zwar auf elektromechanischem Weg – der e-tron muss nur beim Lenken, nicht jedoch zur Geradeausfahrt Energie aufbringen. Die Studie von Audi rollt standesgemäß auf 19 Zoll-Rädern im neuartigen Lamellendesign, ihre Bereifung im Format 235/35 vorn und 295/30 hinten sorgt für die nötige Bodenhaftung. Quelle: Audi



Quelle: Audi

Technische Daten

E-Maschine

Bauart	ASM	
Dauerleistung	57/78	[kW] / [PS]
Maximalleistung (10s)	-- / --	[kW] / [PS]
Nenn Drehzahl	--	[1/min]
Maximales Drehmoment / Drehzahl	-- / --	[Nm] / [1/min]
Nennspannung	--	[V]

Elektrischer Energiespeicher

Bauart	Lithium-Ionen	
Energieinhalt	53	[kWh]
Nennspannung	--	[V]
Zellen / Module	-- / --	[--] / [--]
Maximale Leistung	--	[kW]
Gewicht	470	[kg]

Abmessungen

Länge	4230	[mm]
Breite	1900	[mm]
Höhe	1230	[mm]
Radstand	2600	[mm]
c_w -Wert	--	[--]
Querschnittsfläche	--	[m ²]

Gewicht

Leergewicht (nach EU)	1600	[kg]
Zulässiges Gesamtgewicht	--	[kg]
Zulässige Anhängelast (gebremst/ungebremst)	--	[kg] / [kg]

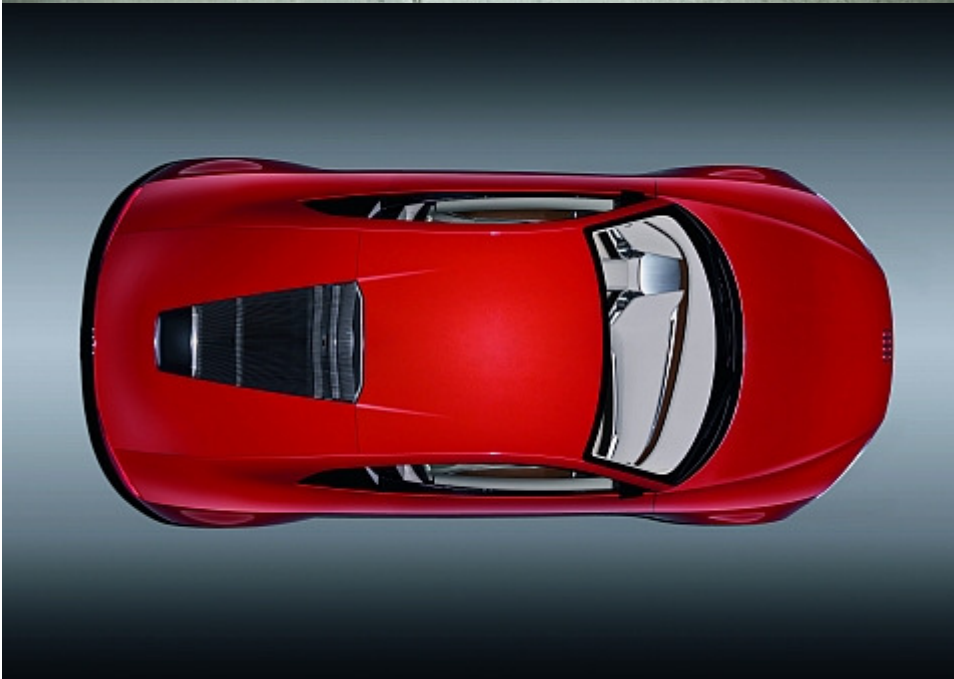
Verbrauch

Innerorts	--	[l/100km]
Ausserorts	--	[l/100km]
Kombiniert	--	[l/100km]

Quelle: AUDI



Quelle: Audi



Quelle: Audi



Quelle: Audi