

MHEV plus: die nächste Generation der Hybridisierung bei Audi

- **MHEV plus-Technologie mit Triebstranggenerator (TSG) als E-Maschine sorgt mit elektrischen Fahranteilen für noch mehr Effizienz**
- **System mit 48-Volt-Bordnetz unterstützt den Verbrenner, mindert CO₂-Emissionen und steigert gleichzeitig Performance und Fahrkomfort**
- **Entwicklungsvorstand Geoffrey Bouquot: „Wir treiben Elektrifizierung voran, die auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten ist“**

Ingolstadt, 27. Januar 2025 – Mit den Baureihen des neuen [A5](#) und [Q5](#) auf der Premium Platform Combustion (PPC) hat Audi die ersten Verbrennungsmotoren mit neuer MHEV plus-Technologie auf den Markt gebracht. Das 48-Volt-Mild-Hybrid-System mit dem einzigartigen Zusammenspiel von Triebstranggenerator (TSG) und Riemenstartergenerator (RSG) sowie einer Lithium-Eisenphosphat-Batterie unterstützt den Verbrennungsmotor, reduziert dabei CO₂-Emissionen und steigert zugleich die Performance und Agilität. Der komplett an- und abkoppelbare TSG mit integrierter Leistungselektronik und E-Maschine ermöglicht zusätzlich elektrische Fahranteile, die den Verbrauch senken und das Fahrerlebnis noch komfortabler gestalten.

„Mit der neuen MHEV plus-Technologie treiben wir in unseren neuen Verbrennern auf Basis der Premium Platform Combustion eine Elektrifizierung voran, die auf die Bedürfnisse unserer Kundinnen und Kunden zugeschnitten ist“, sagt Geoffrey Bouquot, Vorstand für die Technische Entwicklung der AUDI AG. „Damit stärken wir unser Produktportfolio aus vollelektrischen Modellen, Plug-in-Hybriden und Fahrzeugen mit effizienten Verbrennungsmotoren.“ Mit MHEV plus sind attraktive Funktionen wie elektrische Fahranteile, elektrisches Boosten und eine wesentliche Effizienz- und Komfortsteigerung möglich. Dabei besteht das Mild-Hybrid-System im neuen Audi A5 und Q5 aus drei wesentlichen Komponenten: dem kompakt konstruierten neuen Triebstranggenerator (TSG) mit integrierter Leistungselektronik und einer permanent-erregten Synchron-Maschine (PSM), einer 48-Volt-Batterie und dem Riemenstartergenerator (RSG). Die Komponenten des 48-Volt-Systems sind flüssigkeitsgekühlt, um optimale Betriebsbedingungen zu erreichen. Die Architektur des MHEV plus-Systems lässt sich in verschiedene Modelle mit Front- und quattro-Triebsträngen auf Basis der Premium Platform Combustion (PPC) integrieren. Eine situationsspezifische Flüssigkeitskühlung der Leistungselektronik und der E-Maschine ermöglicht, die Komponenten in optimalen Betriebsbedingungen zu betreiben, um die Anforderungen an Leistung und Drehmoment in allen Betriebszuständen zu erfüllen.

Die neue MHEV plus-Technologie ermöglicht rein elektrische Betriebszustände und kann den Verbrenner unterstützen. Damit erhöht das System Performance und Agilität und reduziert gleichzeitig den Kraftstoffverbrauch und somit die CO₂-Emissionen.

So sind im 2.0 TDI des A5 (150 kW front/quattro) (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 5,7-4,8; CO₂-Emissionen kombiniert in g/km: 150-125; CO₂-Klasse: E-D) bis zu 10 g/km beziehungsweise 0,38 l/100 km und in einem 3.0 TFSI mit V6-Motor (270 kW quattro) (Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,0-7,4; CO₂-Emissionen kombiniert in g/km: 182-169; CO₂-Klasse: G-F) bis zu 17 g/km beziehungsweise 0,74 l/100 km (gemäß WLTP) Einsparung möglich.

Triebstranggenerator als zusätzliches leistungsstarkes Antriebsmodul

Ein weiterer wesentlicher Pluspunkt: Das MHEV plus-System steigert die Performance und den Fahrkomfort. Das kompakte und zugleich leistungsstarke elektrische Antriebsmodul im neuen MHEV plus-System ist der Triebstranggenerator (TSG). Diese Komponente steht auch für den größten Unterschied zur bisher von Audi angebotenen MHEV-Technik, die ausschließlich mit einem Riemenstartergenerator arbeitet. Der TSG, der in einer kompakten Einheit mit integrierter Leistungselektronik direkt an die Ausgangswelle des Getriebes verbaut ist, kann bis zu 18 kW (24 PS) elektrische Leistung zum Antrieb beitragen. Das Modul ermöglicht ein maximales Drehmoment von 230 Nm am Getriebeausgang, das schon beim Fahrzeug-Start als Antriebsmoment zur Verfügung steht. Das kompakte Getriebe des TSG arbeitet mit einer Übersetzung von 3,6:1. Für maximale Effizienz nutzt MHEV plus den TSG bis maximal 140 km/h. Bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten koppelt sich der TSG über eine integrierte Klauenkupplung vom Antriebsstrang ab.

Der TSG wiegt rund 21 Kilogramm und ermöglicht auf der Abtriebswelle eine maximale Drehzahl von 5.550 Umdrehungen pro Minute. Dies entspricht je nach Fahrzeug- und Antriebsvariante einer Geschwindigkeit von 130-140 km/h.

Bei minimalem Änderungsaufwand an den umliegenden Bauteilen und Komponenten konnte der benötigte Bauraum geschaffen werden, um am Getriebeausgang einen Elektromotor innerhalb der bestehenden Fahrzeugtunnelgrenzen zu integrieren. Die Positionierung direkt hinter dem Getriebe bietet mehrere Vorteile: Die vom TSG gelieferten 18 kW Antriebsleistung beziehungsweise bis zu 25 kW Rekuperationsleistung liegt ohne weitere Verluste direkt am Achsabtrieb an. Aufgrund dieser Anordnung kann der TSG unverändert und modular sowohl bei Front- als auch Allradantrieben zum Einsatz kommen.

Um auch die hohen Komfortanforderungen an das System erfüllen zu können, muss eine präzise Steuerung von Drehmoment, Strom und Drehzahl der E-Maschine gewährleistet sein. Der Betriebstemperaturbereich erstreckt sich von minus 40 bis zu plus 75 Grad Celsius. Ein Wassermantel umgibt die E-Maschine und kühlt außerdem im gemeinsamen Kühlmittelkreislauf die kompakte und hochintegrierte Leistungselektronik, die platzsparend direkt an der E-Maschine montiert ist. Innerhalb der Leistungselektronik sind die hochperformanten Leistungsmodule um den Kühlkörper herum angeordnet. Die Zwischenkreis-Kondensatoren sind platzsparend und thermisch optimal vom Kühlkörper umgeben.

Kundenanforderungen im Fokus der Entwicklung

Audi hat die MHEV plus-Technologie mit Blick auf die erwarteten Kundenanforderungen entwickelt. Die verfügbaren konventionellen Triebstränge mit Start/Stop- oder Mild-Hybridisierung der ersten Generation setzen bereits auf Effizienzbausteine wie Motorstopp im Anhalten, Segeln, Freilauf mit Motor „Aus“ sowie 12V beziehungsweise 48V Rekuperation. Zu den wesentlichen Vorteilen des durch die neue Technologie angestiegenen Elektrifizierungsgrades gehören die Komfortsteigerung des Start/Stop-Betriebs, das emissionsfreie Segeln, das Rekuperieren, die elektrischen Fahranteile beispielsweise beim elektrischen Einparken und Manövrieren sowie die gesteigerte Performance durch die elektrische Unterstützung des Verbrenners.

Dies ermöglicht, das Fahrzeug bei langsamer Fahrt in der Stadt, im schwimmenden Verkehr, zum Beispiel auf Landstraßen, als auch beim Zurollen auf die nächste Ortschaft rein elektrisch zu bewegen und den Verbrenner länger abgeschaltet zu lassen. Zudem ergibt sich ein deutlich verbessertes und spontaneres Anfahrverhalten des Fahrzeugs, da der TSG schon bei niedrigen Geschwindigkeiten ein Antriebsmoment von bis zu 230 Nm liefert. Die Folge ist ein spürbar besseres Ansprechverhalten, das besonders beim Anfahren auf den ersten Metern einen deutlich erkennbaren Agilitätsgewinn bietet.

Im Geschwindigkeitsbereich zwischen 0 und maximal 140 km/h kann der TSG den Verbrenner unterstützen. Damit bietet MHEV plus eine elektrische Zusatzleistung von bis zu 18 kW, die es erlaubt, den Verbrenner in möglichst effizienten Betriebszuständen arbeiten zu lassen. In diesem Geschwindigkeitsbereich kann der TSG durch Rekuperation mit bis zu 25 kW bis kurz vor Stillstand des Fahrzeugs Energie zurückgewinnen. Das integrierte blendingfähige Bremsregelsystem sorgt dabei für ein druckfreies Anbremsen und bestmögliche Rekuperation, meist ohne Einsatz der Reibbremse. MHEV plus erlaubt zudem aufgrund des elektrischen Klimakompressors einen kontinuierlichen Betrieb der Klimaanlage auch bei abgestelltem Verbrennungsmotor, etwa während Ampel-Rotphasen.

RSG, die Lithium-Ionen-Batterie und iBRS ergänzen optimal

Der Riemenstartergenerator (RSG) übernimmt im Rahmen der MHEV plus-Technologie die Aufgabe, den Motor zu starten und zusätzlich elektrische Energie für die Batterie zu liefern. Der Riemenantrieb hat gegenüber einem Ritzelstarter akustische Vorteile und erreicht eine höhere Startdrehzahl des Verbrenners. Damit ergeben sich ein Verbrauchsvorteil und ein erhöhter Startkomfort. Zudem kann der RSG die Energie des Motors beim Abschalten zurückgewinnen und stellt für den Wiederstart die Zylinder in die optimale Position.

Die Lithium-Ionen-Batterie auf Basis von Lithium-Eisenphosphat (LFP) hat eine Speicherkapazität von 37 Amperestunden, das entspricht knapp 1,7 kWh (brutto). Ihre maximale Entladeleistung liegt bei 24 kW. Die Batterie ist aufgrund der Vorgaben an Verfügbarkeit, Leistung und Drehmoment in einen Niedrigtemperatur-Wasserkühlkreislauf eingebunden, der für optimale Bedingungen im Bereich zwischen 25 und 60 Grad Celsius sorgt. Erstmals setzt Audi damit eine LFP-Batterie für seine Mild-Hybrid-Systeme ein.

Eine wichtige Rolle bei der Rekuperation spielt das iBRS, das integrierte Bremsregelsystem. Bei Modellen mit MHEV plus-Technologie sorgt es für ein druckloses Anbremsen und erreicht die notwendige Verzögerung mittels Rekuperation ohne Einsatz der mechanischen Radbremse. Erst bei stärkerer Betätigung des Bremspedals setzt die mechanische Radbremse ein. Das Bremsgefühl bleibt davon unbeeinflusst.

Ausgeklügelte MHEV plus-Betriebsstrategie

Bei einem Hybridsystem gilt die Faustregel, dass eine mit 50 bis 60 Prozent geladene Batterie am effizientesten arbeiten kann, weil sie sowohl hohe Ströme an den Elektromotor ausgeben als auch beim Rekuperieren hohe Ladeströme speichern kann. Der Fokus beim Hybridsystem liegt nicht auf elektrischer Reichweite, sondern auf Batterieentleerung und -füllung in schnellen Zyklen. So lässt sich möglichst viel Energie zurückgewinnen und zeitnah wieder effizient für den Antrieb einsetzen.

Bei der MHEV plus-Technologie wertet eine Steuersoftware den Betriebszustand des Fahrzeugs für das optimale Zusammenspiel zwischen Verbrenner, TSG und RSG aus. Hinterlegt sind dafür Kennlinien für den optimalen Einsatz der beiden Elektromaschinen sowie Wunschk momente für Antrieb oder Rekuperation. Dabei wird der Batterieladezustand berücksichtigt. Ziel ist ein stabiler Fahrzustand – und dabei kommt das Regelsystem situativ zu unterschiedlichen Ergebnissen. Denn die Betriebsstrategie der elektrischen Zusatzantriebe ist für den jeweiligen Verbrennungsmotor optimiert. Als Ergebnis steht ein möglichst niedriger Verbrauch, ohne Abstriche bei der Fahrdynamik.

Die Betriebsstrategie berücksichtigt den gewählten Getriebemodus und die Modulation des Fahrpedals. So setzt die volle elektrische Zusatzleistung von maximal 18 kW durch den TSG im Fahrmodus D nur ab zirka 80 Prozent Fahrpedal oder Kickdown ein. In der Fahrstufe S stehen die 18 kW Zusatzleistung bereits ab niedrigeren Fahrpedalwerten zur Verfügung. In D kann der TSG bereits ab 85 km/h abgekoppelt werden, um bei Konstantfahrt mit dem Verbrenner auf Landstraßen und Autobahnen elektrische Verluste der mitdrehenden E-Maschine des TSG zu vermeiden. In S bleibt der TSG hingegen bis zu seiner maximal zulässigen Drehzahl von 5.550 U/min angekoppelt, um jederzeit ein spontanes Ansprechen zu ermöglichen.

Die Betriebsstrategie unterscheidet bezüglich D und S insbesondere den anzustrebenden Ziel-SoC (State of Charge) der 48-Volt-Batterie. In D entspricht ein mittlerer SoC von 50-55 Prozent der optimalen Balance, um einerseits genug Energie für die elektrische Unterstützung des Verbrenners bis hin zu elektrischen Fahranteilen zur Verfügung zu haben. Dieser SoC reicht zudem aus, um genug Aufnahmekapazität für die hohen rekuperativen Energiemengen bereitzustellen, die sich durch die Bremsleistungen der weichen und längeren kundenrelevanten Bremsphasen auf Ampeln oder auf Ortseingänge ergeben. In S gewährleistet ein höherer Ziel-SoC von zirka 70 Prozent eine höhere verfügbare Energiemenge für elektrische Unterstützung des Verbrenners bei sportlicher Fahrweise. Die Bremsphasen werden bei sportlicher Fahrweise erwartungsgemäß stärker und kürzer ausfallen, so dass mit geringerem Bedarf der Energieaufnahme zu rechnen ist.

Der Einsatz des TSG hat dabei auch fahrdynamische Vorteile, denn durch das zusätzliche und unmittelbar einsetzende Drehmoment reagiert das Fahrzeug auf Lastwechsel spontaner und beschleunigt agiler aus Kurven. Darüber hinaus ist die Art des Lastwechsels in D und S unterschiedlich moduliert, um in D ein komfortableres und in S ein spontaneres Fahrverhalten zu erreichen.

Modelle mit MHEV plus können auch rein elektrisch unterwegs sein, wenn das Fahrzeug beispielsweise auf einen Ortseingang zurollt und danach mithilfe des TSG die Geschwindigkeit hält. Überschreitet die geforderte Wunschleistung der Fahrenden oder der Adaptive Cruise Control (ACC) einen bestimmten Wert, so startet der Verbrenner und übernimmt den Antrieb. Die Zustartschwelle ist abhängig vom aktuellen SoC der 48-Volt-Batterie sowie der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Liegt der aktuelle SoC unterhalb des Ziel-SoC, schaltet sich der Verbrenner früher zu. Einerseits, um nicht weitere Energie für elektrisches Fahren zu verbrauchen und den SoC somit noch weiter abzusenken. Andererseits kann der Verbrennungsmotor mittels erhöhter Leistung im Zusammenspiel mit RSG und TSG den SoC bei Bedarf wieder anheben – also die Batterie aufladen. Ausgenommen davon ist das elektrische Rangieren, Kriechen und Parken, das bis zu einem deutlich niedrigeren Ladezustand aufrechterhalten wird.

Liegt der aktuelle SoC oberhalb des Ziel-SoC, schaltet sich der Verbrenner später zu – bei etwas höheren Leistungsanforderungen. Auf diese Weise entlädt sich die 48-Volt-Batterie in Richtung des Ziel-SoC, um bei künftigen Bremsungen genug Rekuperationsenergie aufnehmen zu können. Die Zustartschwelle der Fahreranforderung wird mit wachsender Fahrzeuggeschwindigkeit reduziert. Das bedeutet vereinfacht ausgedrückt, je höher die gefahrene Geschwindigkeit ist, desto mehr unterstützt der Verbrennungsmotor beim Antrieb.

Die Effizienzsteigerungen im Antriebsstrang in Kombination mit dem jeweiligen Tankvolumen sorgen in Summe für eine spürbar verbesserte Reichweite. Das trägt maßgeblich zur Langstreckentauglichkeit und zum Reisekomfort der mit MHEV plus-Technologie ausgerüsteten Modelle bei.

Kommunikation Produkt und Technologie

Tobias Söllner

Pressesprecher Modellreihen A1, Q2, Q3
und Q4 e-tron, Antriebstechnologie,

Fahrwerk, Audi quattro

Telefon: +49 151 54313731

E-Mail: tobias.soellner@audi.de

www.audi-mediacyber.com



Der Audi Konzern ist einer der erfolgreichsten Hersteller von Automobilen und Motorrädern im Premium- und Luxussegment. Die Marken Audi, Bentley, Lamborghini und Ducati produzieren an 21 Standorten in 12 Ländern. Audi und seine Partner sind weltweit in mehr als 100 Märkten präsent.

2024 hat der Audi Konzern rund 1,7 Millionen Automobile der Marke Audi, 10.643 Fahrzeuge der Marke Bentley, 10.687 Automobile der Marke Lamborghini und 54.495 Motorräder der Marke Ducati an Kundinnen und Kunden ausgeliefert. Im Geschäftsjahr 2023 erzielte der Audi Konzern bei einem Umsatz von €69,9 Mrd. ein Operatives Ergebnis von €6,3 Mrd. Weltweit arbeiteten 2023 im Jahresdurchschnitt mehr als 87.000 Menschen für den Audi Konzern, davon rund 53.000 bei der AUDI AG in Deutschland. Mit seinen attraktiven Marken sowie einer Vielzahl neuer Modelle setzt das Unternehmen den Weg zum Anbieter nachhaltiger, vollverbundener Premiummobilität konsequent fort.
