

Der Toyota Hybrid Synergy Drive®

Das Antriebskonzept der Zukunft im Hier und Jetzt

- Der Hybrid Synergy Drive® ist Garant für zeitgemäße Fahrleistungen bei minimaler Umweltbelastung
- Als Haupt-Antriebsquelle dient ein Elektromotor mit extrem hohem Wirkungsgrad
- 10,9 Sekunden für den Sprint von 0 auf 100 km/h stehen einem Durchschnittsverbrauch von nur 4,3 l/100km gegenüber
- Im EV-Fahrmodus kann der Fahrer per Knopfdruck auf reinen Elektro-Antrieb umschalten
- Ein Hochspannungs-Schaltkreis minimiert die Leistungsverluste
- Der verwendete Elektromotor ist der weltweit leistungsstärkste seiner Größen- und Gewichtsklasse
- Der Verbrennungsmotor mit Atkinson-Zyklus verfügt über den besten Wirkungsgrad aller serienmäßigen Benzinmotoren
- Das intelligente regenerative Bremssystem wandelt die Bewegungsenergie des Fahrzeugs in elektrische Energie um
- Die Antriebskräfte der verschiedenen Kraftquellen werden über eine hochentwickelte Kraftweiche kombiniert
- Der Benzinmotor wird auch bei kurzzeitigen Stopps automatisch abgeschaltet

Die Funktionsweise des Toyota Hybrid Synergy Drive®

- **Neue Philosophie – neuer Antrieb**
- **Dynamische Fahrleistungen – minimale Umweltbelastung**
- **Kraftvolle Beschleunigung – geringer Kraftstoffverbrauch**
- **EV-Fahrmodus – der entscheidende Unterschied zu anderen Hybridfahrzeugen**

Mit der Vorstellung des Prius im Jahr 1997 setzte Toyota den Maßstab für andere Anbieter, die ebenfalls planten, Hybridfahrzeuge zur Marktreife zu bringen. Heute, mit den Erfahrungen aus sechs Jahren und fast 140.000 weltweit abgesetzten Hybridfahrzeugen, haben die Toyota Ingenieure mit der Entwicklung der zweiten Prius Generation die Messlatte noch höher gelegt sowie das Einsatzspektrum von Hybridfahrzeugen deutlich erweitert.

Der neue Prius bietet von allem mehr: Noch mehr innovative Technik, noch mehr Wirtschaftlichkeit, weiter gesteigerte Fahrleistungen, ein noch geräumigeres Platzangebot, eine noch umfangreichere Ausstattung, noch mehr Fahrdynamik

und noch mehr Fahrkomfort. Weniger gibt's beim neuen Prius nur eines, nämlich Schadstoffemissionen – nicht zuletzt infolge seines nochmals reduzierten Kraftstoffverbrauchs.

Der neue Hybridantrieb, der im Toyota Prius seinen Einstand feiert, wurde nach einem revolutionären Konzept namens Hybrid Synergy Drive entwickelt. Bislang erzielten Hybridantriebe ihre Höchstleistung immer dank des Benzinmotors, während der Elektromotor eher als Hilfsaggregat fungierte. Im Hybrid Synergy Drive hingegen spielt der Elektromotor die Hauptrolle – auch dann, wenn es um Leistung geht.

Die Umweltfreundlichkeit war den Toyota Ingenieuren zwar ein Hauptanliegen, aber der neue Prius sollte auch in puncto Fahrleistungen eine vollwertige Alternative zu Autos mit Diesel- oder reinem Benzin-Antrieb darstellen.

Hybrid Synergy Drive® ist keine bloße Weiterentwicklung des ursprünglichen Toyota Hybrid Systems THS, sondern vielmehr ein ganz neuer Ansatz, ein Maximum an Fahrfreude zu vermitteln und dabei die Umwelt so weit wie möglich zu schonen. Im Laufe der Entwicklung des Hybrid Synergy Drive® wurde eine noch höhere Zahl an Innovationen zum

Prius

Patent angemeldet als beim ursprünglichen THS, nämlich 530 statt 300.

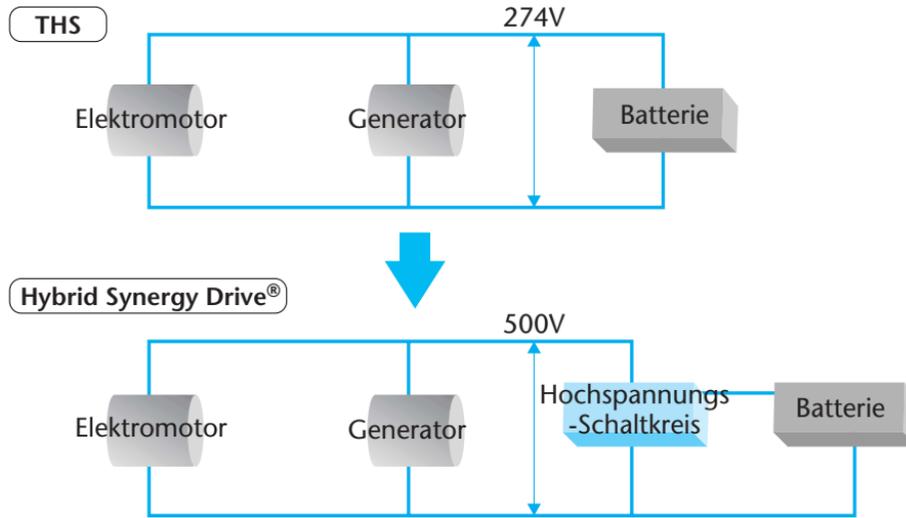
Ein leistungsfähigerer 1,5-Liter-Benzinmotor und ein kleinerer, effizienterer Elektromotor verhelfen dem Prius jetzt zu Fahrleistungen, mit denen er sich im D-Segment nicht zu verstecken braucht. Der neue Elektromotor allein ist leistungsstärker als die meisten Verbrennungsmotoren mit 1,0 bis 1,2 Litern Hubraum und hat einen mustergültigen Drehmomentverlauf von konstanten 400 Nm zwischen 0 und 1200/min. Entsprechend benötigt der neue Prius **zur Beschleunigung von 0 auf 100 km/h keine 11 Sekunden** – fast drei Sekunden weniger als sein Vorgänger und durchaus vergleichbar mit herkömmlichen Pkw mit 2,0 Liter Dieselmotor.

Weil die hochentwickelte Steuerung des Hybridsystems den Elektromotor als Hauptenergiequelle nutzt, wartet der Prius mit einer außergewöhnlichen Laufruhe auf. Es zeichnet sich durch kraftvolle, gleichmäßige Beschleunigung aus, insbesondere im Bereich 50-80 km/h, und arbeitet zugleich besonders leise und vibrationsarm.

Erstmals bei einem Hybridfahrzeug hat der Fahrer die Möglichkeit, mit einem einfachen Tastendruck den **EV-Fahrmodus** zu aktivieren (EV = Electric Vehicle, Elektrofahrzeug), in dem ausschließlich der Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeugs genutzt wird – emissionsfrei, fast geräuschlos und damit ideal für den Stadtverkehr (Weitere Informationen dazu entnehmen Sie bitte Kapitel 9).



Der EV-Fahrmodus-Knopf



Elektrische-Schaltkreis für THS und Hybrid Synergy Drive®

Der Hochspannungs-Schaltkreis

Zentrale Bedeutung für den neuen Hybrid-Antrieb hat die Umstellung auf einen Hochspannungs-Schaltkreis, der es ermöglichte, die Betriebsspannung des Elektromotors und des Generators von 274 Volt im ersten Prius auf **500 Volt** im neuen Modell zu erhöhen. Bei konstanter Stromstärke führt die höhere Spannung zu einer höheren Leistung. Bei

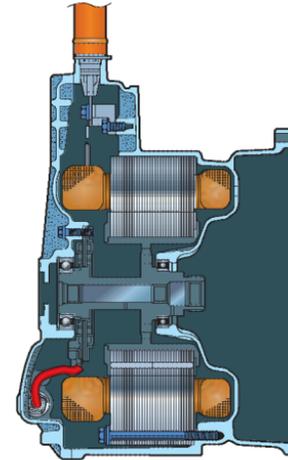
gleicher zu erzielender Leistung erlaubt die höhere Spannung hingegen ein Absenken der Stromstärke und damit eine Minimierung der Leistungsverluste, mithin einen höheren Wirkungsgrad. Dies wurde möglich durch die Verwendung eines IGBT Verstärkungsstromrichters (Insulated Gate Bipolar Transistor), der bis hin zur Kristallstruktur der verwendeten Halbleiter optimal auf seinen Einsatzbereich abgestimmt wurde.

Auf diese Art wurde es möglich, den Elektromotor mit einer geringeren Stromstärke zu betreiben und damit einen erheblichen Beitrag zur erwünschten Effizienzsteigerung zu leisten (Weitere Informationen dazu entnehmen Sie bitte Kapitel 9).

Der Elektromotor

Den Toyota Ingenieuren ist es gelungen, die Leistung des Elektromotors gegenüber dem Vorgänger-Modell bei unveränderten Abmessungen um den **Faktor 1,5** von 33 auf 50 kW **zu steigern**.

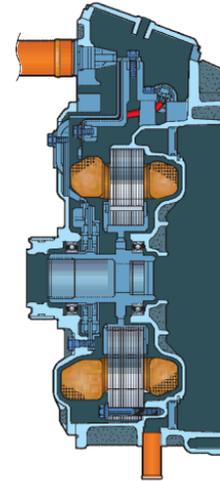
Beim Elektromotor des Prius handelt es sich um einen Wechselstrom-Synchronläufer. Seine kraftvollen Neodymium-Dauermagnete sind zur Maximierung von Antriebsmoment und Leistung V-förmig angeordnet, was in Verbindung mit einer erhöhten Betriebsspannung zu seiner 150-prozentigen Leistungssteigerung führt. Es handelt sich **um den weltweit leistungsstärksten Elektromotor in dieser Größen- und Gewichtskategorie**.



Den Toyota Ingenieuren gelang es darüber hinaus, die Motorleistung im mittleren Drehzahlbereich nochmals um 30 Prozent zu steigern, indem sie eine neuartige Steuerung der Pulsweiten-Modulation entwickelten, mit der sie die Pulsweite im mittleren Drehzahlbereich optimieren konnten.

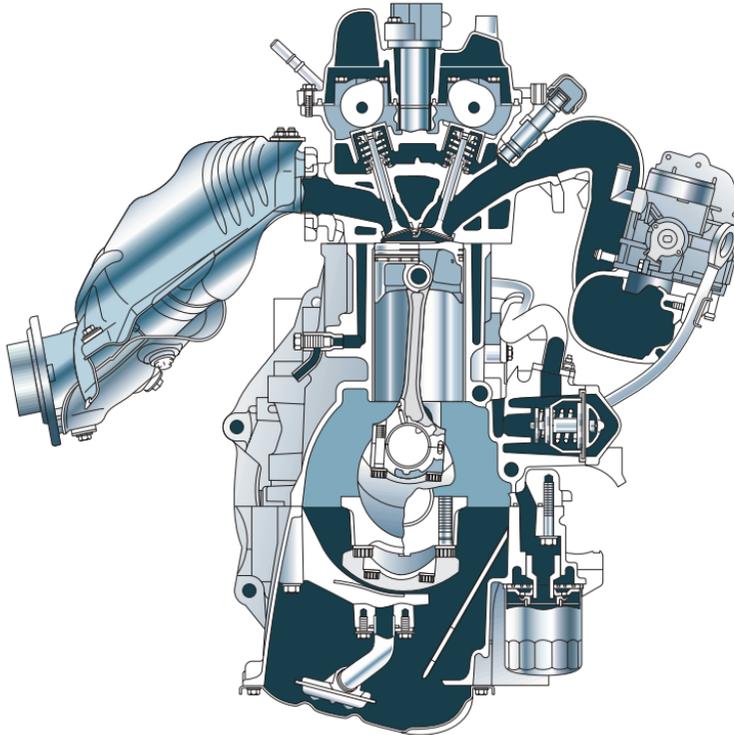
Der Generator

Auch beim Generator handelt es sich um einen Wechselstrom-Synchronläufer, der mit einer Drehzahl von 10.000/min betrieben wird, um die Energieversorgung des neuen Hochleistungs-Antriebssystems sicher zu stellen. Im Vergleich zu konventionellen Aggregaten, die typischerweise Drehzahlen im Bereich von 6.500/min aufweisen, besitzt der neue Generator einen verstärkten Rotor, um der erhöhten Rotationsbelastung standzuhalten. Sein hohes Drehzahlniveau steigert die Spannungsversorgung im mittleren Geschwindigkeitsbereich und trägt zu einer Optimierung des Ansprechverhaltens und der Beschleunigung bei.



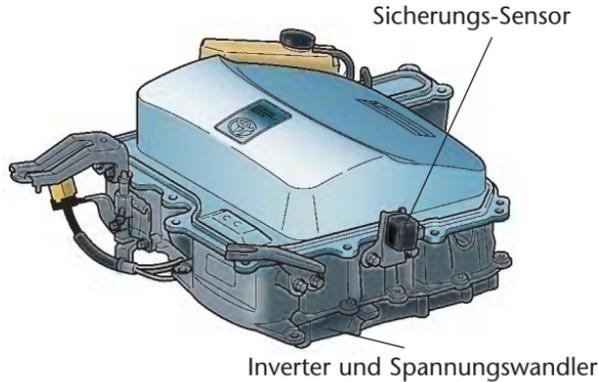
Der Benzinmotor

Der Benzinmotor wurde aus dem Vorgängermodell weiter entwickelt. Er arbeitet weiterhin nach dem **Atkinson-Prinzip**, das nach wie vor für den optimalen Wirkungsgrad bei Benzinmotoren steht. Mehrere gezielte Modifikationen trugen dazu bei, seine Leistung und Wirtschaftlichkeit nochmals zu steigern:



- Der Brennraum erhielt eine ovale Form
- Die Wandstärke der Kolben wurde zugunsten einer Gewichts- und Trägheitsreduzierung optimiert
- Die Kolbenringe und Ventildfedern besitzen eine geringere Vorspannung
- Die Wandstärke des Auspuffkrümmers wurde herabgesetzt
- Das neue Motormanagement arbeitet jetzt mit einem 32-bit-Steuergerät
- Dank einer um 500/min gesteigerten Höchstdrehzahl erhöhte sich die Spitzenleistung um 4 kW, während das maximale Drehmoment bei einer niedrigeren Drehzahl anliegt

Die Steuereinheit



Die Steuereinheit beinhaltet den **Inverter**, der die Gleichspannung des Akkumulators in Wechselspannung zum Betrieb des Elektromotors umsetzt, sowie den **Spannungswandler** für die 12-Volt-Bordspannung.

Darüber hinaus gehört zur Steuereinheit auch der **Hochspannungs-Schaltkreis**, der es ermöglichte, die Betriebsspannung von 202 Volt bis auf 500 Volt zu erhöhen. Dank der höheren Spannung konnte die Stromstärke gesenkt werden, was es wiederum gestattet, einen kompakteren Inverter einzusetzen. Aufgrund der Integration der Steuerschaltkreise blieben die Abmessungen der Steuereinheit praktisch unverändert.

Hybrid-Batterie

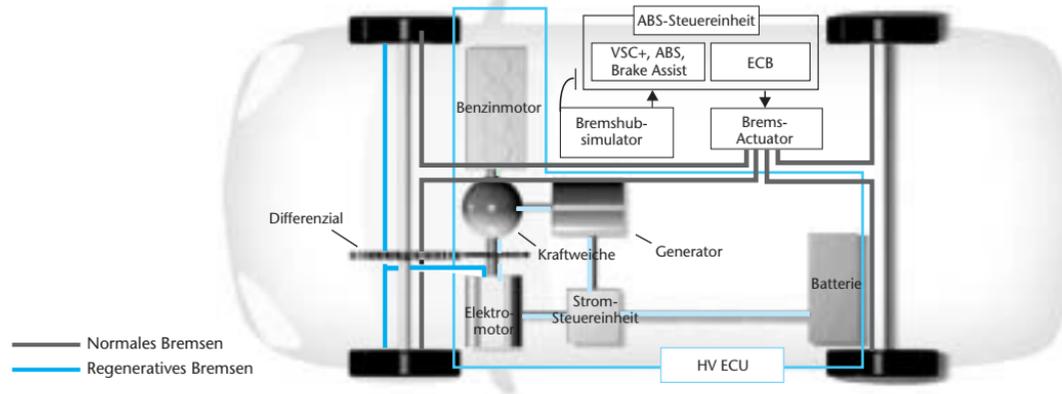


Die eigens für den neuen Prius entwickelte neue Hochleistungs-Nickel-Metallhydrid-Batterie ist um 14 Prozent leichter als die des Vorgängers und weist eine um 35 Prozent gesteigerte Leistungsdichte auf. Sie ist die **weltweit leistungsfähigste Batterie in ihrer Größen- und Gewichtsklasse**.

Diese Optimierung ist in erster Linie einer Reduzierung des inneren Widerstandes der Batterie zu verdanken, die durch optimierte Elektroden-Materialien und eine völlig neuartige Verbindungsstruktur zwischen den einzelnen Zellen erzielt werden konnte.

Darüber hinaus konnte die Selbstentladungsrate der Batterie im Vergleich zum Vorläufer-Modell um 23 Prozent gesenkt werden. Das bedeutet, dass die Batterie bei abgestelltem Fahrzeug deutlich langsamer an Ladung verliert.

Regeneratives Bremssystem

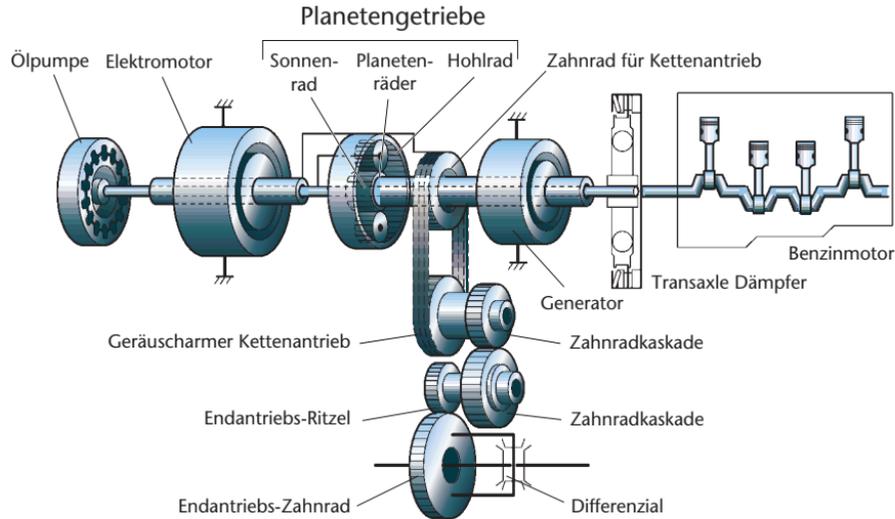


Bei konventionellen Fahrzeugen kommt jede Betätigung der Bremsen einer Vergeudung von Bewegungsenergie gleich. Anders beim Prius, der in der Lage ist, diese Energie zurückzugewinnen, indem er sie in elektrische Energie umwandelt und im Akkumulator speichert. Diese Rückgewinnung erweist sich besonders im innerstädtischen Stop-and-go-Verkehr als überaus wertvoll.

Bei jeder Bremsung wirkt der Elektromotor als Generator, der die kinetische Energie des Fahrzeugs in Elektrizität umwandelt und in den Akkumulator einspeist. Bei jeder Betätigung des

Bremspedals werden die hydraulische Bremsanlage, die elektronische Bremsbetätigung ECB (Electronically Controlled Brake System) und das regenerative Bremssystem dergestalt aufeinander abgestimmt, dass möglichst viel elektrische Energie gewonnen wird. Auf diese Art wird selbst bei niedrigen Geschwindigkeiten Energie zurückgewonnen. Das Brake-by-Wire-System ECB trägt darüber hinaus zu einer erheblichen Verbesserung der Bremswirkung des regenerativen Bremssystems bei.

Kraftweiche



Schließlich trägt die Minimierung von Reibungsverlusten im Antriebsstrang wie etwa im Getriebe dazu bei, dass beim Bremsen möglichst viel Energie zurückgewonnen wird.

Das Planetengetriebe verbindet den Generator, den Elektromotor und den Verbrennungsmotor. Es verteilt die Antriebskraft des Verbrennungsmotors auf die Antriebsräder

und den Generator. Der Verbrennungsmotor kann das Fahrzeug aber auf zweierlei Art antreiben: auf direktem mechanischem Weg und auf indirektem elektrischem Weg. Das Planetengetriebe überträgt außerdem die Antriebskraft des Elektromotors auf die Antriebsräder.

Bei einem Planetengetriebe umkreisen – ähnlich wie in einem Sonnensystem – drei Planetenräder ein zentrales Sonnenrad.

Die Achse des Planetenradträgers ist direkt mit dem Verbrennungsmotor verbunden und überträgt über die Planetenräder seine Antriebskraft auf das Außenrad sowie auf das zentrale Sonnenrad. Das Außenrad treibt über eine Achse die Antriebsräder an und das Sonnenrad über eine eigene Achse den Generator. (Weitere Informationen dazu entnehmen Sie bitte Kapitel 9)

Stop-and-go-System

Bei verkehrsbedingten Stopps, etwa bei Stauungen oder an roten Ampeln, wird der Benzinmotor des Prius zur Energieeinsparung automatisch abgestellt, was den Kraftstoffverbrauch bemerkenswert herabsetzt. Beim Anfahren wird der Verbrennungsmotor automatisch wieder gestartet, falls der Elektromotor allein für das geforderte Maß an Beschleunigung nicht ausreichen sollte.

Die Funktion im Detail

Der Vorgänger des neuen Prius unterschied sich von den Hybridsystemen der Mitbewerber insbesondere durch seine Fähigkeit, in jeder Fahrsituation automatisch die optimale Betriebsart zu wählen – vom reinen Elektroantrieb, der für höchste Wirtschaftlichkeit sorgt, bis hin zur Kombination von Benzinmotor und Elektromotor mit Batterie-Unterstützung für eine maximale Beschleunigung. Beim neuen Hybrid Synergy Drive® wurde diese Fähigkeit nochmals deutlich optimiert.

In Situationen, in denen der Verbrennungsmotor keinen optimalen Wirkungsgrad erzielen würde, wird das Fahrzeug ausschließlich mittels des Elektromotors angetrieben. Unter normalen Fahrbedingungen dagegen tragen sowohl der effiziente Verbrennungsmotor als auch der Elektromotor zum Antrieb bei. Das System weist dem Verbrennungsmotor seine jeweils effizienteste Funktion zu und überwacht kontinuierlich das Verhältnis der Wirkungsgrade von Krafterzeugung und Antriebskraft-Verteilung.

Dank des gesteigerten Wirkungsgrads und der gesteigerten Leistung des Elektromotors ist sein Anteil am Antrieb im

neuen Prius höher, so dass der Verbrennungsmotor in Fahrsituationen, in denen er nicht seinen optimalen Wirkungsgrad erreicht, früher vom Antrieb entkoppelt und gestoppt wird. Das Fahrzeug kann also in einem breiteren Bereich elektrisch betrieben werden.

Systembeschreibung

- Leistung des Elektromotors
- Leistung des Verbrennungsmotors

Beschleunigung vom Stillstand auf mittlere Geschwindigkeiten

Bei geringer Leistungsforderung durch den Fahrer wird der Verbrennungsmotor abgestellt. Das Fahrzeug wird dann ausschließlich durch den Elektromotor angetrieben.



Fahren unter Normalbedingungen

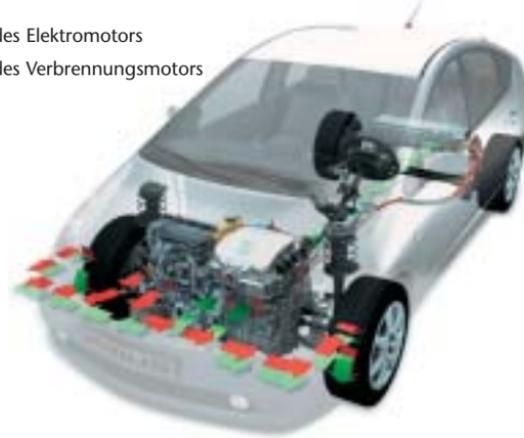
Die von dem Verbrennungsmotor erzeugte Leistung wird in der Kraftweiche, einem Planetenradgetriebe im Hybrid-Transaxle, auf den Generator zur Stromerzeugung übertragen. Der erzeugte Strom wird zum Antrieb des Elektromotors und/oder zum Laden der HV-Batterie verwendet. Das beim Antrieb des Generators entstehende Gegenmoment wird als zusätzliche Antriebskraft auf die Räder übertragen.



Plötzliche Beschleunigung

Bei plötzlicher Beschleunigung wird zusätzlich Strom von der HV- Batterie zum Antrieb des Elektromotors zur Verfügung gestellt. Dies führt neben einem guten Ansprechverhalten zu einer gesteigerten Beschleunigungsleistung.

- Leistung des Elektromotors
- Leistung des Verbrennungsmotors



Verlangsamung der Fahrt und Anhalten

Beim Verlangsamung der Fahrt und beim Bremsen arbeitet der Elektromotor als Generator mit hoher Leistung. Die kinetische Energie des Fahrzeugs wird als elektrische Energie wiedergewonnen und in der HV-Batterie gespeichert.



Laden der HV-Batterie

Der Ladezustand der HV-Batterie wird ständig durch das Hybrid-System überwacht und bei Bedarf durch den vom Generator erzeugten Strom aufgeladen.

- Leistung des Elektromotors
- Leistung des Verbrennungsmotors



Wird das Fahrzeug angehalten, schaltet sich der Verbrennungsmotor ab.

