

DIE HYBRID ERFOLGSGESCHICHTE

Toyota erforscht und entwickelt bereits seit über 40 Jahren umweltverträgliche Mobilitätskonzepte und hat dabei den Schwerpunkt auf die Konstruktion und Produktion von Vollhybrid-Antrieben gelegt.

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Toyota bietet weltweit in 80 Ländern 23 Vollhybrid-Fahrzeuge an - viermal so viel wie jeder andere Hersteller
- Insgesamt haben Toyota und Lexus weltweit schon über 5,5 Millionen Hybride verkauft - mehr als zehn Prozent davon in Europa
- In den ersten vier Monaten des Jahres 2013 sind in Europa 245 % mehr Toyota Hybride verkauft worden als im Vergleichszeitraum des Vorjahres, womit der Marktanteil von 61 % auf 75 % gewachsen ist
- Im ersten Quartal 2013 sind die Verkaufszahlen der Toyota Motor Corporation in Europa um 82 % gestiegen
- Auris, Yaris, Prius (einschließlich Prius Plug-in) und Prius+ belegen die ersten vier Plätze in der europäischen Verkaufsstatistik für Hybridfahrzeuge

Mit 23 Vollhybrid-Modellen - 16 der Marke Toyota und 7 Lexus - bietet die Toyota Motor Corporation (TMC) derzeit in rund 80 Ländern weltweit viermal so viele Hybridfahrzeuge an wie jeder andere Hersteller.

Hybridfahrzeuge zeichnen sich durch niedrigen Kraftstoffverbrauch und geringe Emissionen aus, ohne hinsichtlich Platzangebot, Fahreigenschaften oder Fahrkomfort Wünsche offen zu lassen. Deshalb sind sie von den Kunden als alltagstaugliche Fahrzeuge anerkannt und akzeptiert.

Diese Akzeptanz spiegelt sich in den Verkaufszahlen wider: Seit 1997 in Japan der erste Prius verkauft wurde, hat TMC mehr als 5 Millionen Toyota und Lexus Hybrid-Fahrzeuge abgesetzt - Ende Juli 2013 wurde sogar die Zahl von 5,5 Millionen überschritten.

Seit der Prius im Jahr 2000 auch in Europa eingeführt worden ist, hat TMC hier etwa 600.000 Hybridfahrzeuge verkauft, also etwas mehr als 10 % des

Gesamtabsatzes. Diese Zahl wurde nicht zuletzt durch den großen Erfolg des Yaris Hybrid und des Auris Hybrid erreicht.

Der Verkauf von 100.000 Hybridfahrzeugen in Europa dauerte ca. 7 Jahre, im Jahr 2010 kam dann der Durchbruch. Die Verkaufszahlen aller Hersteller zusammen sind seitdem rapide gewachsen und haben von 2012 auf 2013 um 96 % zugelegt.

In derselben Zeitspanne hat TMC den Absatz an Hybridfahrzeugen in Europa um bemerkenswerte 245 % gesteigert und damit den Anteil am Hybrid-Markt von 61 % auf 75 % erhöht. Allein 2012 haben Toyota und Lexus zusammen über 110.000 Hybridfahrzeuge in Europa verkauft.

Obwohl der europäische Markt für Hybrid-Automobile kräftig wächst und verschiedene Anbieter sich verstärkt der Hybrid-Technologie zuwenden, gelingt es Toyota, seine Position zu stärken. Im ersten Quartal 2013 haben Toyota und Lexus zusammen rund 82 % mehr Vollhybrid-Modelle verkauft als im Vergleichszeitraum des Vorjahres, so dass diese Fahrzeuge jetzt 21 % des Gesamtabsatzes ausmachen.

Beide Marken haben derzeit jeweils sechs Vollhybrid-Modelle im Programm, wobei Auris, Yaris, Prius (einschließlich Prius Plug-in) und Prius+ die ersten vier Plätze in der europäischen Verkaufstatistik für Hybridfahrzeuge belegen und vom Prius Plug-in doppelt so viele Exemplare abgesetzt werden wie von seinem stärksten Mitbewerber.

Künftige Toyota Hybrid-Technologie

Die nächste Prius Generation leitet eine neue Ära der Hybrid-Technologie ein

Toyota hat sich zum Ziel gesetzt, den Kraftstoffverbrauch und die Emissionen noch weiter zu senken. Deshalb läutet die Toyota Motor Corporation TMC mit der nächsten Generation des Prius eine neue Ära in der Hybrid-Technologie ein.

Mit dem nächsten Prius festigt Toyota seine führende Rolle bei der Hybrid-Technologie. Er wird das erste Modell einer ganzen Reihe von Fahrzeugen der Marken Toyota und Lexus mit deutlich optimierten Hybridantrieben sein.

Die neuen Hybridfahrzeuge werden sich durch signifikant höhere Kraftstoffeffizienz, kompaktere und leichtere Bauweise sowie niedrigere Kosten auszeichnen. Die Leistung der neuen Generation von Antrieben wird sich in technologischen Fortschritten bei Batterien, Elektromotoren und Benzinmotoren widerspiegeln. Diese sind Bestandteile von Toyotas langfristiger Strategie zur

Elektrifizierung des Automobils durch Hybrid- und Brennstoffzellen-Technologien sowie batterieelektrische Antriebe.

Der Prius galt schon immer als das Serienfahrzeug mit den niedrigsten Emissionen. Mit jeder seiner drei Generationen wurden diese durchschnittlich um zehn Prozent reduziert. Nun stellt sich Toyota der Herausforderung, kontinuierlich höhere Reduktionen zu erzielen.

Der nächste Prius wird über optimierte Batterien mit höherer Energiedichte verfügen. Damit wird das Verhältnis zwischen der Speicherkapazität und den Abmessungen beschrieben. Toyota ist bereits heute führend auf dem Gebiet fortschrittlicher Batterie-Technologie und baut seine Kapazitäten hinsichtlich Forschung, Entwicklung und Produktion von Nickel-Metallhydrid- und Lithium-Ionen-Batterien weiter aus, um sie bei der weiteren Elektrifizierung des Automobils einzusetzen. Zudem forciert Toyota die Entwicklung neuer Batterie-Technologien wie Festkörper- sowie Lithium-Luft-Batterien und forscht auch mit chemischen Elementen wie Magnesium und anderen Materialien niedriger Valenz.

Die Elektromotoren des kommenden Prius werden deutlich kompakter ausfallen. Die aktuelle Generation von Elektromotoren weist bereits eine vierfach höhere Leistungsdichte auf als die der ersten Generation, und die künftigen Motoren werden sich durch eine noch höhere Leistungsdichte auszeichnen.

Der thermische Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors im aktuellen Prius beträgt 38,5 Prozent. Mit einem Wert von 40 Prozent wird die kommende Generation den weltweit höchsten Wirkungsgrad unter den Benzinmotoren erreichen.

Der nächste Prius wird gemäß Toyotas neuer globaler Architektur TNGA entwickelt, bei der das Unternehmen mit niedrigerem Schwerpunkt und erhöhter Karosseriesteifigkeit auf eine deutlich gesteigerte Fahrdynamik abzielt.

Die Optimierung der aerodynamischen Eigenschaften wird sich in einem neuen Karosseriedesign und einem vergrößerten Innenraum mit höherem Bedienkomfort widerspiegeln.

Parallel zum nächsten Prius entwickelt Toyota die nächste Generation des Prius Plug-in. Fahrer des aktuellen Modells wünschen sich eine größere elektrische Reichweite und einen komfortableren Ladevorgang. Deshalb entwickelt Toyota eine neue Batterieladetechnik, bei der ein elektrisches Feld zwischen einer Spule im Boden und einer Spule im Fahrzeug zum kabellosen Laden der Batterie genutzt wird. Tests des Systems erfolgen bereits seit 2013 in Japan und ab 2014 auch in den USA und Europa.

Aus bescheidenen Anfängen...

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Mit mehr als drei Millionen verkauften Exemplaren ist der Prius der erfolgreichste Hybrid der Welt
- Von der ersten Generation des Prius wurden 120.000 Einheiten abgesetzt, von der zweiten 1,2 Millionen, und von der dritten Generation sind bislang schon fast 1,7 Millionen Stück verkauft worden
- Im Verlaufe dieser drei Generationen wurden die Kosten für den Antrieb auf ein Drittel reduziert, die Leistung um 30 % gesteigert, der Kraftstoffverbrauch um 25 % verringert und die CO₂ Emissionen des Prius auf 89 g/km gesenkt
- Allein für die dritte Generation des Prius wurden 1.261 Patente angemeldet

Von den über 5,5 Millionen Vollhybriden, die TMC bis Ende Juli weltweit verkauft hat, waren mehr als drei Millionen Prius Modelle. Damit ist die erste Vollhybrid-Limousine der Welt, die in Großserie produziert wurde, auch zugleich das bei weitem erfolgreichste Hybridfahrzeug weltweit.

Die anfänglichen Erwartungen an den Verkaufserfolg des Prius waren zurückhaltend: 300 Exemplare wollte man monatlich absetzen, 3.600 pro Jahr. Auf Grund des öffentlichen Interesses, das dem Prius in Japan und im Rest der Welt entgegenschlug, wurde diese Prognose schnell korrigiert - erst auf 1.000 Einheiten pro Monat, dann auf 2.000.

Von der ersten Prius Generation, die 1997 in Japan und wenig später auch in Europa und in den USA eingeführt wurde, wurden weltweit 120.000 Exemplare verkauft. Aber die Marktakzeptanz nahm zu, und schon die zweite Prius Generation konnte 1,2 Millionen Käufer überzeugen. Von der dritten Generation, die 2009 vorgestellt worden ist, sind inzwischen bereits mehr als 1.680.000 Einheiten abgesetzt worden.

Damit wurde der Prius im Laufe von 16 Jahren in 60 Ländern und Regionen der Welt mehr als drei Millionen Mal verkauft.

Die Kosten für den Vollhybrid-Antrieb des Prius wurden währenddessen auf ein Drittel reduziert, die Leistung um rund 30 % gesteigert, der Kraftstoffverbrauch um 25 % verringert und die CO₂ Emissionen von 114 g/km auf 89 g/km im kombinierten EU Fahrzyklus gesenkt.

Außerdem hat Toyota im Zusammenhang mit der dritten Generation des Prius nicht weniger als 1.261 Patente angemeldet – ganz im Wortsinn des lateinischen Begriffs „Prius“, der so viel bedeutet wie „der, der vorangeht“.

Vollhybrid - die nahe Zukunft des Autos

❖ Das Wichtigste in Kürze

- 5,5 verkaufte Vollhybride entsprechen im Vergleich zu konventionellen Automobilen einer Einsparung von 13 Milliarden Litern Kraftstoff sowie einer Reduzierung der CO₂ Emissionen um mehr als 37 Millionen Tonnen
- Mit knapp 104 g/km wartet Toyota nicht nur mit dem niedrigsten CO₂-Flottenausstoß in Europa auf, sondern mit diesem Wert wurde auch vorzeitig das für 2015 gesetzte Ziel erreicht
- Der durchschnittliche CO₂-Ausstoß der Toyota und Lexus Hybrid-Modelle in Deutschland beträgt lediglich 91,1 g/km (Quelle: KBA Report)

Die fortschreitende Entwicklung der Batterie-Technologien sowie der synthetischen und biologischen Kraftstoffe und anderer Energieträger lässt es wahrscheinlich erscheinen, dass verschiedene Konzepte umweltverträglicher Fahrzeuge auch in Zukunft nebeneinander existieren werden. Deshalb geht die Entwicklungsarbeit von Toyota in Sachen nachhaltiger Mobilität gleich mehrere Wege.

Als mehrfach preisgekrönter Vollhybrid-Antrieb mit Leistungsverzweigung stellt der Hybrid Synergy Drive eine Kombination von seriellen und parallelem Hybrid dar. Er ermöglicht sowohl den ausschließlichen Antrieb durch den Elektromotor oder durch den Verbrennungsmotor als auch den parallelen Einsatz beider Motoren. Der HSD vereint die Kraftstoffeffizienz und die niedrigen Emissionen eines seriellen Hybriden mit den Vorteilen, die ein Parallel-Hybrid beim Beschleunigen bietet.

Die Toyota und Lexus Hybrid-Modelle haben bislang annähernd 13 Milliarden Liter Kraftstoff gegenüber benzingetriebenen Fahrzeugen vergleichbarer Größe eingespart.

Der Toyota Hybrid Synergy Drive verursacht darüber hinaus nur extrem niedrige CO₂ Emissionen. Toyota Motor Europe (TME) hat von allen Anbietern in Europa mit acht Modellen den größten Anteil der Modellpalette an Fahrzeugen, die weniger als

100 Gramm CO₂ pro Kilometer ausstoßen. Sechs Modelle davon emittieren sogar weniger als 95 g/km. Demzufolge wartet TME mit dem niedrigsten CO₂-Flottenausstoß von nur 103,6 g/km auf.

Dieser Wert, der 2012 von der Europäischen Kommission und von der Europäischen Umweltagentur veröffentlicht wurde, belegt einen Rückgang des CO₂-Flottenausstoßes gegenüber 2011 um 5,5 g/km und unterbietet die Vorgaben der Europäischen Kommission um 24 g/km.

Die Rankings im 2012 veröffentlichten Bericht basieren auf den 65 % der Modelle eines jeden Herstellers, die mit den geringsten Emissionen aufwarten. Von 2015 an werden dazu alle Fahrzeuge einer jeden Modellpalette hinzugezogen. TME hat seinen Grenzwert für 2015 bereits drei Jahre vorher unterschritten.

In Deutschland hat die Hybrid-Flotte aus Toyota und Lexus Vollhybrid-Modellen bereits die für das Jahr 2020 erstellte Vorgabe der Europäischen Union hinsichtlich der CO₂-Emissionen für Pkw in Höhe von 95 g/km unterschritten: Eine kürzlich vom Kraftfahrt-Bundesamt KBA veröffentlichte Studie bescheinigt einen CO₂-Flottenausstoß von lediglich 91,1 g/km.

Die bis heute 5,5 Millionen verkauften Toyota und Lexus Hybrid-Modelle haben gegenüber vergleichbaren Automobilen mit Benzinmotor zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen um annähernd 37 Millionen Tonnen geführt.

Die Zukunft der Toyota Hybrid-Technologie

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Bis Ende 2015 werden 16 neue oder modellgepflegte Hybrid-Modelle vorgestellt
- Der modulare Hybrid Synergy Drive kann als Technologie-Plattform für Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHV), für Elektrofahrzeuge (EV) und für Brennstoffzellen-Hybridfahrzeuge (FCHV) dienen
- Hybrid-Modelle werden in naher Zukunft dank gesteigerter Leistung und Funktionalität, kleinerer Komponenten und geringerer Kosten weiter an Beliebtheit gewinnen

Toyota befindet sich derzeit mitten in einer Produktoffensive, die 2012 begonnen hat und bis Ende 2015 nicht weniger als 23 neue oder überarbeitete Hybrid-Modelle einschließlich eines Brennstoffzellen-Hybridfahrzeugs (FCHV) vorgestellt werden sollen. 16 dieser Neuvorstellungen stehen noch aus.

Toyota hat seinen Vollhybrid-Antrieb so konstruiert, dass er als Technologie-Plattform für verschiedene Konzepte umweltverträglicher Fahrzeuge dienen kann. Das modular konzipierte System lässt sich mit wenig Aufwand für Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHV), für Elektrofahrzeuge (EV) und für Brennstoffzellen-Hybridfahrzeuge (FCHV) nutzen.

Deshalb hat Toyota Wert darauf gelegt, die wichtigsten Komponenten wie Elektromotoren, Inverter, Batterien und elektronische Steuereinheiten selbst zu entwickeln und zu produzieren.

Hybride sind heute bereits weitestgehend als alltagstaugliche Fahrzeuge anerkannt, weil sie entscheidende Vorteile hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß bieten, ohne dass man seine Fahrtechnik oder die gewohnte Nutzung seines Fahrzeugs ändern müsste.

Toyota geht davon aus, dass Hybrid-Modelle in naher Zukunft dank gesteigerter Leistung und Funktionalität, kleinerer Komponenten und gesenkter Kosten immer beliebter werden.

Eine neue Art, Auto zu fahren

❖ **Das Wichtigste in Kürze**

- Der Toyota Vollhybrid-Antrieb vermittelt ein ebenso entspanntes wie stressfreies Fahrerlebnis
- Im reinen Elektro-Betrieb (EV-Modus) sind keinerlei Schadstoff-Emissionen am Fahrzeug messbar
- Praxis-Tests mit dem Toyota Hybrid Synergy Drive haben ergeben, dass 60 % aller Alltags-Fahrten mit abgeschaltetem Verbrennungsmotor erfolgen können

Jedes Toyota oder Lexus Hybrid-Modell vermittelt dank der Alltagstauglichkeit, des Fahrkomforts und der bemerkenswerten Laufruhe seines Antriebs ein ebenso entspanntes wie stressfreies Fahrerlebnis.

Die Vollhybrid-Technologie verhilft dem Fahrzeug zu spontanem Kräfteinsatz sowie zu eindrucksvoller und absolut ruckfreier Beschleunigung bei extrem niedrigem Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß, und sie ermöglicht geräuschlose Fortbewegung im reinen Elektro-Betrieb.

Das elektronisch gesteuerte stufenlose E-CVT-Getriebe des Hybridantriebs bietet dem Fahrer den Komfort einer hochentwickelten Vollautomatik.

Beim Anfahren unterstützt der von der Hybrid-Batterie gespeiste Elektromotor den Verbrennungsmotor, um eine möglichst kraftvolle Beschleunigung zu erzielen. Im Bedarfsfall kann der Elektromotor das Fahrzeug auch allein antreiben, ohne dabei CO₂, NO_x oder andere Schadstoffe auszustoßen.

Im Normalbetrieb kann der Hybrid Synergy Drive das Fahrzeug bis zu einer bestimmten Geschwindigkeit – beim Prius + beispielsweise bis zu 70 km/h - rein elektrisch antreiben. Erfordert die Fahrsituation einen erhöhten Leistungseinsatz, dann schaltet sich der Verbrennungsmotor sanft und kaum spürbar dazu.

Der Hybridantrieb wird so gesteuert, dass der Verbrennungsmotor im Stadtverkehr so wenig wie möglich arbeitet. Praxis-Tests mit dem Toyota Hybrid Synergy Drive haben ergeben, dass 60 % aller Alltags-Fahrten mit abgeschaltetem Verbrennungsmotor erfolgen können.

In diesem Fall fährt nicht nur das Fahrzeug absolut emissionsfrei, die Insassen genießen auch die unvergleichliche Lautlosigkeit elektrischen Vortriebs. Auch die Tatsache, dass ein Elektromotor von der ersten Umdrehung an sein volles Drehmoment entfaltet, ist ein unbestreitbarer Vorzug im Stopp und Go des Stadtverkehrs.

Kostenvorteile

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Die Vollhybrid-Technologie verbindet niedrige Kosten für Betrieb und Wartung mit hoher Zuverlässigkeit
- Laut einer britischen Studie spart ein Vollhybrid gegenüber einem vergleichbaren Diesel 20 % der täglichen, monatlichen und jährlichen Betriebskosten
- Dank seines geringen Wartungsbedarfs und seiner Zuverlässigkeit reduziert ein Vollhybrid die Kosten für Inspektionen, Wartung und Reparaturen um 25 %

Dank niedriger Kosten für Betrieb und Wartung sowie hoher Zuverlässigkeit bieten Toyota Vollhybrid-Fahrzeuge den Verbrauchern ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis.

Laut einer britischen Studie zum neuen Toyota Auris Hybrid Touring Sports spart der Vollhybrid gegenüber einem vergleichbaren Diesel 20 % der täglichen, monatlichen und jährlichen Betriebskosten.

Die Studie attestiert dem Vollhybriden darüber hinaus rund 18 % Ersparnis durch seinen extrem geringen Kraftstoffverbrauch sowie die niedrigsten CO₂ Emissionen seiner Klasse. Der geringe Schadstoffausstoß führt in vielen Ländern Europas zu Steuererleichterungen sowie zu Vorteilen in Großstädten mit Zufahrtsbeschränkungen.

Alle Toyota und Lexus Vollhybrid-Fahrzeuge zeichnen sich durch geringen Wartungsbedarf und hohe Zuverlässigkeit aus. Sie brauchen weder einen konventionellen Anlasser noch eine Lichtmaschine, ihr Verbrennungsmotor verzichtet auf Antriebsriemen jeglicher Art und ist mit einer wartungsfreien Steuerkette ausgestattet.

Dank seiner elektronisch gesteuerten regenerativen Bremsanlage (ECB-R) kommen bei einem Vollhybrid die mechanischen Bremsen viel seltener zum Einsatz als bei einem konventionellen Fahrzeug, so dass die Bremsbeläge unter Umständen erst nach über 100.000 Kilometern ersetzt werden müssen.

Die optimale Achslastverteilung von Vollhybrid-Fahrzeugen sorgt zudem für gleichmäßigen Reifenverschleiß, so dass ein Satz Reifen in der Regel 50.000 Kilometer oder mehr gefahren werden kann.

Die hochwertige Hybrid-Batterie ist so konstruiert, dass sie mindestens ebenso lange hält wie das Fahrzeug als Ganzes. Sie wurde auf Herz und Nieren getestet und hat ihre Zuverlässigkeit bereits auf weltweit rund 60 Milliarden Kilometern überzeugend unter Beweis gestellt. Entsprechend großzügig ist die Garantie, die Toyota gewährt: fünf Jahre oder 100.000 Kilometer.

Die Auspuffanlage ist zu großen Teilen aus Edelstahl gefertigt und erfüllt deshalb ihre Funktion mindestens fünf Jahre lang tadellos. Die Lebensdauer der Scheinwerfer-LEDs beträgt sogar 20 Jahre.

Wegen der außergewöhnlichen Langlebigkeit aller Komponenten, der günstigen Ersatzteilpreise und der niedrigen Arbeitskosten auf Grund der kurzen Service-Zeiten zeichnen sich alle Toyota und Lexus Vollhybrid-Modelle durch niedrige Inspektions-, Wartungs- und Reparaturkosten aus - die erwähnte britische Studie bescheinigt dem Auris Hybrid Touring Sports 25 % weniger Kosten gegenüber vergleichbaren konventionellen Automobilen.

Die beispielhafte Zuverlässigkeit des Toyota Hybrid Synergy Drive spiegelt sich in den extrem seltenen Garantiefällen des Prius ebenso wider wie in der Regelmäßigkeit, mit welcher der Hybrid-Pionier von JD Power mit dem Prädikat „Lowest Problems“ ausgezeichnet wird.

Die Erfahrungen in Straßburg

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Die dreijährige Testphase in Straßburg umfasste 33 Partner, 70 Plug-in-Hybride, 112 Ladestationen und 145 Ladeanschlüsse
- Die 70 Prius Plug-in Hybride fuhren im Schnitt über 19.000 Kilometer pro Jahr und legten insgesamt mehr als vier Millionen Kilometer zurück
- Die Ladevorgänge, die zu 60 % an der Arbeitsstelle und zu 37 % zu Hause erfolgten und im Schnitt 75 Minuten dauerten, kosteten durchschnittlich nur 30 Cent inklusive Steuern
- Die Fahrer nutzten während eines Drittels ihrer Fahrzeit den rein elektrischen Fahrbetrieb im EV-Modus und senkten den Benzinverbrauch um 46 % gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Fahrzeug
- Die maximalen Einsparungen waren 69 % beim Benzinverbrauch, 61 % beim CO₂ Ausstoß und 1.400,- Euro bei den jährlichen Betriebskosten

Dem weltweiten Verkaufsstart des Prius Plug-in Hybrid ging ein umfangreiches Test- und Leasingprojekt voraus, das während der vergangenen fünf Jahre rund um den Globus durchgeführt wurde.

In Europa begann das Projekt Ende April 2010 in Straßburg gemeinsam mit dem französischen Energieversorgungsunternehmen EDF und 33 Partnern. Es umfasste 70 Plug-in-Hybridfahrzeuge, 112 Ladestationen und 145 Ladeanschlüsse.

Toyota rüstete alle Plug-in-Hybride mit Messgeräten aus, ein Drittel davon zusätzlich mit Datenloggern, die alle Ladevorgänge, Fahrleistungen und Fahrtprofile minutiös gemessen und aufgezeichnet haben.

Das EDF-Tochterunternehmen SODETREL überwachte, prüfte und wartete die teils öffentlichen, teils privaten Ladestationen. Die Fahrer schließlich wurden regelmäßig von EDF und Toyota befragt.

Mit Beendigung des Projektes im April 2013 waren die 70 Prius Plug-in-Hybride im Schnitt über 19.000 Kilometer pro Jahr gefahren und hatten zusammen mehr als 4.000.000 Kilometer zurückgelegt.

Die Fahrer luden ihre Fahrzeuge bei einer durchschnittlichen Ladezeit von 75 Minuten im Schnitt 1,1 Mal pro Tag auf. Sie nutzten während eines Drittels ihrer Fahrzeit den rein elektrischen Fahrbetrieb im EV-Modus und senkten den

Benzinverbrauch insgesamt gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Fahrzeug um 46 %.

Das Aufladen war den Fahrern schnell in Fleisch und Blut übergegangen, so dass die Ladevorgänge fast ausschließlich zu Hause (zu 37 %) und an der Arbeitsstelle (zu 60 %) erfolgten. Dort, wo es praktikabel war, sorgte eine Automatik in der Ladestation dafür, dass der Ladevorgang erst nachts einsetzte, um den reduzierten Nachttarif für den Strom zu nutzen.

EDF hatte eine Website eingerichtet, wo man den Preis für den jeweiligen Ladevorgang ablesen und erfahren konnte, dass die Ladevorgänge durchschnittlich nur 30 Cent inklusive Steuern kosteten. Mit dieser Kenntnis tendierten die Fahrer dazu, ihr Fahrzeug häufiger und regelmäßiger an eine Ladestation anzuschließen.

Die Studie ergab, dass die Plug-in-Hybride, die am regelmäßigsten an eine Ladestation angeschlossen wurden, auch am häufigsten im reinen Elektro-Betrieb gefahren wurden und am wenigsten Benzin verbrauchten. Die Senkung des Kraftstoffverbrauchs gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Fahrzeug während des laufenden Projekts betrug:

- ungefähr 69 % bei Fahrern, die 1,6 Mal am Tag aufgeladen haben und 60 % ihrer Fahrzeit im reinen Elektro-Betrieb gefahren sind
- ungefähr 52 % bei Fahrern, die einmal am Tag aufgeladen haben und 23 % ihrer Fahrzeit im reinen Elektro-Betrieb gefahren sind
- ungefähr 33 % bei Fahrern, die nur alle fünf Tage einmal aufgeladen haben und praktisch nie im reinen Elektro-Betrieb gefahren sind

Die Betriebskosten der Plug-in-Hybride waren umso geringer, je regelmäßiger sie an eine Ladestation angeschlossen wurden. Gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor sparten sie während des Projektes bei einer Jahresfahrleistung von etwa 20.000 Kilometern:

- bis zu 1.400 Euro pro Jahr, wenn der Fahrer 1,6 Mal am Tag aufgeladen hat
- bis zu 1.200 Euro pro Jahr, wenn der Fahrer einmal am Tag aufgeladen hat
- bis zu 800 Euro pro Jahr, wenn der Fahrer nur alle fünf Tage einmal aufgeladen hat

Natürlich war der CO₂ Ausstoß umso geringer, je häufiger die Plug-in-Hybride im reinen Elektro-Betrieb gefahren wurden. Gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor war der CO₂ Ausstoß:

- 61 % niedriger bei Fahrern, die 1,6 Mal am Tag aufgeladen haben
- 49 % niedriger bei Fahrern, die einmal am Tag aufgeladen haben

- 32 % niedriger, wenn der Fahrer fast nie im reinen Elektro-Betrieb gefahren ist

Der CO₂ Ausstoß der Plug-in-Hybride ist 20 bis 54 % geringer als der von Diesel-Fahrzeugen mit vergleichbarer Leistung.

Auf der Grundlage der umfassenden Datensammlung und des ausführlichen Fahrer-Feedbacks aus dem Straßburger Projekt hat Toyota dem serienmäßigen Prius Plug-in eine Reichweite von 25 Kilometern im reinen Elektro-Betrieb mit auf den Weg gegeben.

Diese Reichweite deckt 80 % aller Strecken ab, die ein Autofahrer in Europa durchschnittlich zurücklegt. Gleichzeitig stellt der dafür notwendige technische Aufwand nach heutigem Stand der Technik den besten Kompromiss zwischen Reichweite, Fahrleistungen, Umweltverträglichkeit, Gewicht und Preis des Autos dar.

Bis Februar 2013 sind vom Prius Plug-in weltweit bereits 36.000 Einheiten verkauft worden - das sind 1,5 Mal so viele wie vom ersten Prius im Jahr 2000.

Toyota wird die Entwicklung des Plug-in-Hybrids fortsetzen, um dieses Konzept mit günstigeren Preisen und unkompliziertem Ladevorgang für eine größere Zahl von Verbrauchern attraktiv zu machen.

BRENNSTOFFZELLEN

DIE ULTIMATIVE HYBRIDTECHNIK

Wenn der Verbrennungsmotor des Hybridantriebs durch ein Brennstoffzellen-Stack ersetzt wird, dann entsteht ein Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug FCHV - die logische Weiterentwicklung des Vollhybriden.

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Das erste in Serie gefertigte Brennstoffzellen-Fahrzeug von Toyota wird 2015 auf den Markt kommen
- Es wird eine viertürige Limousine mit großem Platzangebot und einer Reichweite von mehr als 500 Kilometern entwickelt
- Als Antriebsquelle werden Toyota Brennstoffzellen der neusten Generation mit einer großen Leistungsdichte von 3,0 kW pro Liter dienen

Brennstoffzellen-Hybridfahrzeuge FCHV (Fuel Cell Hybrid Vehicle) mit Wasserstoff als Energieträger sind eine der besten Voraussetzungen für die emissionsfreie Mobilität der Zukunft.

Die Entwicklung und Konstruktion von wettbewerbsfähigen Brennstoffzellenfahrzeugen ist für Toyota ein erklärtes Ziel. Schon heute sind die erzielten Reichweiten und Fahrleistungen solcher Fahrzeuge auf dem Niveau von Automobilen mit Benzin- oder Dieselmotor - und das ohne jegliche Schadstoff-Emissionen des Fahrzeugs.

Beim FCHV kommen statt des Verbrennungsmotors Brennstoffzellen zum Einsatz, und an die Stelle der Benzintanks treten Hochdruck-Wasserstoffspeicher. Die elektrischen Komponenten hingegen sind die gleichen wie beim Toyota Vollhybridantrieb. Darüber hinaus wird die Energie, die der Antrieb beim Bremsen zurückgewinnt, wie beim Vollhybrid auch in einer Batterie mit einer Kapazität von 21 kWh zwischengespeichert.

Bis zur Aufnahme der Serienfertigung gilt es, die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit von Brennstoffzellen kontinuierlich weiter auszubauen und vor allem eine deutliche Kostensenkung sowie eine günstigere Gesamt-CO₂-Bilanz zu erzielen. Spätestens 2015 wird Toyota in Japan, den USA und Europa eine erschwingliche

Limousine mit Brennstoffzellen-Antrieb auf den Markt bringen, die es mit der Performance von Autos mit Verbrennungsmotor aufnehmen kann.

Bereits auf der Tokyo Motor Show 2011 hat Toyota die Konzeptstudie FCV-R vorgestellt, die beweist, welche deutlichen Fortschritte Toyota bei Fahrleistungen, Verbrauch und Platzangebot gegenüber seiner früheren Konzeptstudie FCHV-adv auf Basis des SUV Highlander aus dem Jahr 2008 erzielt hat.

Der FCV-R ist eine Limousine mit einer Länge von 4.745 Millimetern, einer Höhe von 1.510 Millimetern und einer Breite von 1,790 Millimetern, die eine Reichweite von etwa 700 Kilometern erreicht*, ohne dabei CO₂, NO_x oder Rußpartikel auszustoßen - es wird lediglich Wasserdampf freigesetzt.

*im japanischen Testzyklus JC08 (hauseigene Tests von Toyota)

Zugleich hat Toyota entscheidende Fortschritte sowohl bei der Brennstoffzelle selbst als auch bei der Wasserstoff-Speichertechnik erzielt.

Die eingesetzten Brennstoffzellen erreichen mit 3,0 kW pro Liter die weltweit größte Leistungsdichte aller vergleichbaren Brennstoffzellen-Aggregate, deshalb kann der Brennstoffzellen-Stack erheblich kompakter ausfallen als bei früheren FCHV.

Zugleich haben deutliche Fortschritte beim Wirkungsgrad die Wasserstofftanks deutlich schrumpfen lassen: Statt vier Tanks benötigt das neueste Modell nur noch zwei. Zugleich lassen sich dadurch andere Werkstoffe und Fertigungsverfahren einsetzen und damit letztlich die Kosten senken.

Die beiden Wasserstofftanks und der Brennstoffzellen-Stack befinden sich beim FCV-R unter dem Unterboden - optimale Voraussetzungen für einen geräumigen Innenraum und viel Platz für Gepäck. Die Brennstoffzellen-Limousine ist somit ein voll alltagstaugliches Familienfahrzeug.

Toyota geht davon aus, dass Brennstoffzellen-Hybridfahrzeuge in der zweiten Dekade dieses Jahrtausends so ausgereift sein werden, dass man sie gewinnbringend in Großserie produzieren kann. Einige zehntausend Einheiten pro Jahr könnten dann weltweit verkauft werden. Gefördert wird dieses Wachstum durch neue Technologien bei den Brennstoffzellen selbst, aber auch durch eine zunehmend besser ausgebaute Wasserstoff-Infrastruktur sowie die üblichen Kostensenkungen, die mit dem Reifeprozess neuer Technologien einhergehen.

Evolution - Der aktuelle Stand der Technik

❖ Das Wichtigste in Kürze

- Brennstoffzellen mit einer hohen Leistungsdichte von 3,0 kW pro Liter
- Brennstoffzellen-Stack in Größe und Gewicht erheblich reduziert
- Kaltstarts jetzt bis -30 Grad Celsius möglich

Seit Toyota 1992 begonnen hat, sich mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen zu beschäftigen, haben kontinuierliche Fortschritte zu deutlichen Steigerungen in allen Leistungsbereichen geführt.

Die Brennstoffzelle des Serienfahrzeugs, das 2015 auf den Markt kommen wird, erreicht die derzeit höchste Leistungsdichte aller Brennstoffzellen weltweit von 3,0 kW pro Liter. Dieser Wert ist mehr als doppelt so hoch wie die Leistungsdichte der Brennstoffzellen im Toyota FCHV-adv von 2008.

Mit der Entwicklung hoch effizienter Spannungswandler hat Toyota es geschafft, die Systemspannung so weit zu erhöhen, dass sich die Größe des Elektromotors und die Zahl der benötigten Brennstoffzellen deutlich verringern ließen. Im Ergebnis sind die neuen Brennstoffzellensysteme kostengünstiger und leistungsstärker, so dass der Brennstoffzellen-Stack nur noch etwa halb so groß und so schwer ausfällt wie beim FCHV-adv von 2008.

Als weitere Kenngröße für den Fortschritt der Brennstoffzellen-Technik seit 1992 kann man die Reichweite betrachten, die Toyota von 330 auf 830 Kilometer** gesteigert hat. Zugleich ist es dem japanischen Hersteller gelungen, den Temperaturbereich deutlich zu vergrößern, in dem seine Brennstoffzellen eingesetzt werden können. Neue Werkstoffe gestatten heute die Konstruktion von Brennstoffzellen, die noch bei minus 30 Grad Celsius zu Kaltstarts in der Lage sind.

**Japanischer Testzyklus 10-15 (hauseigene Tests von Toyota)

Zugleich wurde versucht, die Kosten zu senken.

So betragen die Kosten der neuesten Brennstoffzellengeneration einschließlich der Hochdruck-Wasserstofftanks nur noch ein Zehntel der Kosten für die Systeme des FCHV-adv von 2008. Zum Markteinstieg strebt Toyota an, diese Kosten noch einmal um die Hälfte zu reduzieren, so dass sie nur noch ein Zwanzigstel der Kosten für das Antriebssystem des FCHV-adv von 2008 betragen.

Bereits heute erscheint ein Preis unter zehn Millionen Yen (80.000 €) für den geplanten Brennstoffzellen Toyota realistisch. Die Kosten sollen weiter reduziert werden, um die serienmäßige FCHV-Limousine zu einem noch günstigeren Preis auf den Markt bringen zu können.