

Europas Automobilhersteller müssen zu Japan kräftig aufholen

Standpunkt: Automann Heiko Barske sieht im Hybridantrieb eine zukunftsgerichtete Problemlösung und keinen technologischen Irrweg

VDI nachrichten, Düsseldorf, 3. 9. 04 - wop Das Hybridauto Prius sei keine PR-Maßnahme von Toyota, wie von VW-Chef Pischetsrieder kolportiert, meint Dr. Heiko Barske im folgenden Beitrag. Der ehemalige Forschungsleiter der Volkswagen AG attestiert Toyota mit seinem Hybridantrieb einen großen Vorsprung. Fatal wäre es für Europas Automobilindustrie, wenn sie es unterlassen würde, diese Entwicklungslücke zu schließen.

Die Vorstände der deutschen wie europäischen Automobilhersteller müssen sich ernsthaft mit der neuesten Hybridtechnologie aus Japan auseinandersetzen - vor allem mit der des neuen Toyota Prius. Ihre theoretischen Möglichkeiten, seit vielen Jahren abschätzbar, werden von Topmanagern der Branche immer noch als ein Irrweg bewertet. Geradezu unverständlich ist es, wenn von Dr.-Ing. Bernd Pischetsrieder, Volkswagen-Chef und Präsident der Vereinigung europäischer Automobilhersteller (ACEA), zu hören ist, dass der Hybridantrieb eine "ökologische Katastrophe" sei und "die Japaner damit eine gute PR haben".

Haben die erfolgreiche Weiterentwicklung der von der hiesigen Gesetzgebung begünstigten direkteinspritzenden und aufgeladenen Dieselmotoren sowie die Faszination immer stärkerer Motoren und neuer Luxusautos mit Geländetauglichkeit die Vorstände der deutschen Automobilunternehmen möglicherweise davon abgehalten, sich intensiv mit Qualität und Zuverlässigkeit zu beschäftigen und sich mit innovativen, zukunftssicheren Antriebskonzepten auseinanderzusetzen und daraus Zukunftsstrategien abzuleiten?

Toyota, in den Kriterien Kundenzufriedenheit und Zuverlässigkeit weltweit führend und mittlerweile zweitgrößter Autohersteller der Welt, hat die Gesetze der Physik und Chemie nicht durch "Propaganda" verändert, wie VW-Chef Pischetsrieder formulierte, sondern in einer langfristig angelegten Entwicklungsstrategie konsequent genutzt. Am Beginn dieser Entwicklung stand vor mehr als zehn Jahren die Aufgabenstellung, ein voll familientaugliches, für viele Käufer erschwingliches Auto zu schaffen, das ohne Einbußen an Fahrfreude hinsichtlich Umweltverträglichkeit erheblich verbessert ist.

Der Grundgedanke des Hybridantriebs, der als Sieger aus Konzeptvergleichen hervorging, ist, den Verbrennungsmotor nur dann laufen zu lassen, wenn er mit gutem Wirkungsgrad arbeitet. Wenn die dabei abgegebene Mindestleistung nicht für den Vortrieb benötigt wird, wird die überschüssige mechanische Leistung in elektrische Energie umgewandelt und in einer Batterie

gespeichert. Daraus wird der Elektroantriebsmotor des Pkw mit Energie versorgt. Dies ist energetisch sinnvoll, solange die Wirkungsgradverbesserungen die Verluste aus den Umwandlungen von mechanischer in elektrische Energie und deren Speicherung in der Batterie übersteigen. Zusätzlich kann beim Bremsen frei werdende kinetische Energie in der Batterie gespeichert und für den Vortrieb genutzt werden. Toyota hat dies mit dem neuen Prius vorbildlich gelöst.

Das Leergewicht des 4,45m langen Prius liegt trotz seines Hybridantriebs - 1,5-l-Ottomotor (57kW), 50-kW-Elektroantriebsmaschine, Generator/Starter, Planetengetriebe und Batterie - mit 1320kg um etwa 80kg unter dem des 25cm kürzeren und im Innenraum kleineren VW Golf 1.9 TDI (77kW). Die Beschleunigung des Prius ist bis ca. 100km/h mit der des Golf vergleichbar - mit Vorteilen bei kurzzeitigen Antritten. Bei höheren Geschwindigkeiten oder langen Autobahnsteigungen hat der Prius Nachteile; auch sein max. Tempo liegt mit 170km/h deutlich unter dem des Golf (187km/h) - in erster Linie ein Tribut der Anpassung an amerikanische Fahrbedürfnisse.

Der Verbrauch hängt naturgemäß stark vom Fahrbetrieb bzw. Fahrer ab. Der Prius soll, so Toyota, den Verbrauch eines vergleichbaren Pkw mit Ottomotor im Innerortsverkehr um 50%, außerorts um gut 30% unterschreiten. Vergleichstests einer Zeitschrift mit einem Diesel kamen kürzlich zu einem Gesamttestverbrauch je 100km von 6,4 l Diesel für den Golf 1,9 TD I und von 6,8 l Benzin für den Prius^{II}, wobei der Verbrauch des Hybridautos mit zunehmendem Stadt- oder Ballungsraumverkehrsanteil deutlich unter den des Golf sank.

Bei jedem Verbrauchsvergleich zwischen Benziner und Diesel muss berücksichtigt werden, dass Dieselmotorkraftstoff um etwa 15% spezifisch schwerer ist als Benzin. Das bedeutet, dass die 6,8l des Prius an sich mit einem Äquivalentverbrauch von 7,3l des Golf zu vergleichen sind. Fakt: der Prius unterbietet massenbezogen auch im Gesamttestverbrauch den Golf EU4-Diesel - und bezüglich des Kraftstoffausstoßes liegen Welten zwischen den Beiden. Der Prius unterschreitet die in der EU für das Jahr 2005 geltenden europäischen Abgasnormen um 80%.

Dass die Hybridtechnik zu teuer sei, wie häufig von Seiten europäischer Autohersteller kolportiert, kann nicht stimmen. Der gut ausgestattete Prius kostet 23 900 €, und damit genau so viel wie der Toyota Avensis Sol 2.0 D4-D; europäische Konkurrenten mit vergleichbarem Platzangebot liegen bei vergleichbarer Ausstattung in ähnlichem Rahmen. Toyota ist es somit gelungen, die neue Technologie, deren Kosten mit zunehmender Stückzahl sinken werden, zu einem moderaten Mehrpreis auf den Markt zu bringen.

Als Nachteil des Prius in seiner derzeitigen Auslegung bleiben die Höchstgeschwindigkeit von "lediglich" 170km/h und die bisher fehlende Anhängerzulassung. Die Vorteile liegen in dem sehr niedrigen Verbrauch und - gemessen an bisherigen Autos - in der extrem geringen Umweltbelastung. Der Prius belastet die Umwelt

während eines Staus kaum und bietet die Möglichkeit, weitgehend geräusch- und abgasfrei aus Wohngebieten herauszufahren oder Sonntag morgens guten Gewissens mit dem Hybrid die frischen Semmeln vom Bäcker zu holen. - Gerade in Kurzstreckenverkehren sind die kalten Motoren konventioneller Autos extrem umweltschädlich.

Der Prius ist nur der erste Vertreter der von Toyota favorisierten Hybridtechnologie, die umso größere Vorteile hat, je hubraumstärker der Verbrennungsmotor ist und je mehr im Schwachlastbereich gefahren wird. Liegt derzeit die Aufgabenstellung doch weniger darin, Kleinwagen mit 4 l bis 5 l Verbrauch je 100 km noch sparsamer zu machen, sondern zunächst den höheren Konsum der leistungsstärkeren und komfortableren Autos zu drosseln, ohne den Fahrspaß zu beeinträchtigen.

Demonstrieren wird Toyota dies in Kürze mit einem leistungsstarken, komfortablen Lexus-Geländewagen, der Fahrleistungen bietet, die in dieser Umweltverträglichkeit bisher nicht vorstellbar waren. Ein Stadtverbrauch von 20 l/100 km wie bei vergleichbaren europäischen "Dinosauriern" dürfte dann der Vergangenheit angehören. Lieferfahrzeuge könnten ein weiteres, sich rasch ausweitendes Einsatzgebiet des Hybridantriebs sein.

Ein von Toyota geführtes Konsortium innovationsstarker Unternehmen in Japan hat partnerschaftlich durch konsequente und teure Entwicklungsarbeit einen Vorsprung von mehreren Jahren erarbeitet, dem die Europäer derzeit nur den Dieseldirekteinspritzer entgegenzusetzen haben. Verbales Kontern wird im Wettbewerb um Kunden wenig helfen. Sie werden über die angebotene Hybridtechnik entscheiden, nicht nur in Deutschland, sondern auch auf den Exportmärkten der heimischen Autohersteller.

Die Brennstoffzelle als Energiequelle für einen reinen Elektroantrieb macht erst Sinn, wenn Wasserstoff in großem Ausmaß regenerativ erzeugt wird. Solange flüssige Kraftstoffe zur Verfügung stehen, sollten sie wegen ihrer hohen Energiedichte möglichst sparsam in Verkehrsträgern eingesetzt werden. Der Hubkolbenmotor - der auch Wasserstoff verbrennen kann - hat weiterhin eine große Zukunft. Der Hybridantrieb ist der konsequente Weg, die Vorteile des Hubkolbenmotors zu nutzen und seine Nachteile zu vermeiden.

Der Hybridantrieb ist eine zukunftsgerichtete Lösung der Probleme, die mit der weltweit steigenden individuellen Mobilität und dem höheren gewerblichen Verkehrsaufkommen auftreten. Toyota hat mit seinem Konzept einen Vorsprung und ein Potenzial erreicht, das bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Europas Autohersteller und Zulieferer könnten die Entwicklungslücke nur in einer gemeinsamen Kraftanstrengung schließen. Es wäre fatal, wenn durch Fehlentscheidungen in der Spitze der Automobilindustrie in ähnlicher Weise Arbeitsplätze verloren gingen, wie seinerzeit in der deutschen Fotoindustrie.

Optimierung liegt im Nutzen der Systemvorteile von

Verbrennungsmotor und Elektroantrieb

Was macht das Hybridkonzept so interessant? Es ist die Möglichkeit, die Vorteile des bewährten Hubkolbenverbrennungsmotors mit den Vorteilen des Elektroantriebs zu verbinden und die Nachteile beider Konzepte zu vermeiden - insbesondere den Nachteil des Elektroantriebs, für eine adäquate Reichweite eine wegen der geringen Energiedichte schwere und sperrige Batterie mitführen zu müssen. Die Vorteile für den Verbrennungsmotor sind: guter Wirkungsgrad über einen weiten Leistungsbereich ab einer gewissen Mindestleistung, hohe Leistungsdichte, betreibbar mit einem flüssigen Energieträger sehr hoher Energiedichte; und für den Elektroantrieb: kein Energieverbrauch bei stillstehendem Fahrzeug, guter Wirkungsgrad und hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen, abgasfrei und geräuschlos bei Betrieb direkt aus einer Batterie, Bremsen durch Rückspeisen von Energie in die Batterie.

Der Hubkolbenverbrennungsmotor arbeitet dann mit gutem Wirkungsgrad, also mit einem hohen Prozentsatz von aus Verbrennungsenergie erzeugter mechanischer Arbeit, wenn er das Hubvolumen seiner Zylinder zum Umsetzen von Ladung nutzen kann. Wenn ein nicht aufgeladener Motor beispielsweise für eine max. Leistung von 60 kW bei 6000 min⁻¹ ausgelegt ist, muss er bei einer unter Last zulässigen Mindestdrehzahl von 1000 min⁻¹ 10 kW oder bei 2000 min⁻¹ entsprechend 20 kW abgeben, um mit gutem Wirkungsgrad zu laufen. Wird ihm weniger Leistung abverlangt, so verschlechtert sich sein Wirkungsgrad erheblich, bzw. steigt sein spezifischer Kraftstoffverbrauch - das ist der auf die Vortriebsenergie bezogene Verbrauch - stark an. Dieser Verbrauchsanstieg ist bei Ottomotoren deutlich stärker als bei Dieselmotoren, die zusätzlich ohne Nachteile aufgeladen werden können, wodurch dem Verbrauchsanstieg entgegengewirkt werden kann.

Aus Gründen einer hohen Höchstgeschwindigkeit und guter Beschleunigung haben insbesondere prestigeträchtige Fahrzeuge starke Motoren. Im Alltagsverkehr wird jedoch häufig mit niedrigen Geschwindigkeiten oder gar im Stop-and-go-Betrieb gefahren, wozu nur Leistungen von wenigen Kilowatt erforderlich sind. Entsprechend werden im Alltagsbetrieb die Motoren mit einem Wirkungsgrad betrieben, der mit zunehmender Stärke schlechter wird, so dass ein Kraftstoffkonsum im Stadtverkehr (Teillastbereich) von 20 l/100 km und mehr auftritt.

Beim Hybridantrieb wird versucht, den Verbrennungsmotor nur in Betriebsbereichen laufen zu lassen, in denen er mit gutem Wirkungsgrad arbeitet. Ist die dabei erzeugte Leistung größer als die für den Vortrieb erforderliche, wird die überschüssige Leistung in elektrische Leistung umgewandelt, die in der Batterie gespeichert wird. Der Verbrennungsmotor wird abgestellt, wenn in der Batterie genügend Energie gespeichert ist und der Vortriebsleistungsbedarf elektrisch erfüllt werden kann.

Die praktische Ausführbarkeit des Hybridantriebs galt

insbesondere bei den Entscheidungsträgern der hiesigen Automobilindustrie als zu schwer, zu sperrig, zu kompliziert, zu teuer und wegen eines unzureichenden Kosten/Nutzenverhältnisses als unverkäuflich. Bedingt war dies vor allem dadurch, dass das Entwicklungspotenzial elektrischer Komponenten und die Möglichkeiten moderner Steuerungs- und Regelelektronik nur unzureichend berücksichtigt wurden. Auch die fehlende Überzeugung von der Notwendigkeit, den Antriebsstrang des Autos offensiv zur Anpassung an zukünftige Notwendigkeiten grundsätzlich zu überdenken, spielte wohl eine Rolle.

Hybridfahrzeuge der neuesten Generation, wie der Honda Civic IMA und der Toyota Prius 2, die auch von den Hybridantrieb bisher ablehnend gegenüberstehenden Journalisten hervorragend beurteilt werden und auf ein hohes Marktinteresse stoßen, zwingen nun zu einer gründlicheren Auseinandersetzung mit diesem Antriebskonzept.

Insbesondere der Toyota Prius 2, der das Ergebnis einer vor mehr als zehn Jahren strategisch angelegten Entwicklungspartnerschaft zwischen Toyota und zahlreichen anderen, namhaften wie innovativen Unternehmen ist, hat durch neuartige Lösungen mit diesen Vorurteilen aufgeräumt.

Über ein einfaches Planetengetriebe, das ein aufwändiges, sperriges und schweres Automatgetriebe überflüssig macht und die Funktion eines stufenlos verstellbaren Getriebes im Prius übernimmt, sind ein verbrauchs- und schadstoffoptimierter 1,5-l-Ottomotor mit maximal 57 kW, eine Elektrotraktionsmaschine mit einem max. Drehmoment von 400 Nm bis 1200 min⁻¹, max. 50 kW und einer Versorgungsspannung von max. 500 V, sowie eine Generator/Startermaschine miteinander verbunden.

Die Speicherung elektrischer Energie wird im neuen Prius von einer Hochleistungsbatterie mit 202 V und einem Speichervermögen von lediglich 1,3 kWh übernommen (Batterien heutiger gehobener Pkw haben einen ähnlichen Energieinhalt, allerdings bei 12 V), die mit den Elektromaschinen über einen hoch entwickelten, steuerbaren Spannungswandler verbunden ist. Das Management übernimmt eine elektronische Regelung mit immer wieder verfeinerter Software.

Bei früheren Hybridkonzepten hatte die Batterie die gleiche Spannung wie das Bordnetz, so dass schon bei geringen Leistungen sehr hohe Ströme auftraten, z.B. bei 12 V und 5 kW Leistung Ströme von mehr als 400 A. Die dafür erforderlichen Leitungen waren dick und schwer, die Halbleiterschaltetelemente groß und sehr teuer, die Akkumulatoren stark belastet und wenig haltbar. Außerdem waren die Umwandlungs- und Speicherverluste groß.

Die hohen Arbeitsspannungen des Prius 2 ermöglichen nun auch bei hohen elektrischen Leistungen Stromstärken, die mit kosten- und wirkungsgradgünstigen Halbleiterschaltetelementen geschaltet werden können. Zusätzlich erlauben die niedrigeren Stromstärken den Einsatz gewichtsgünstiger Leitungen und verlustärmere Wandlungen

zwischen mechanischer und elektrischer Energie sowie geringere Verluste bei der Energiespeicherung in der Batterie, deren Kapazität dafür reicht, im Stop-and-go-Verkehr oder bei Geschwindigkeiten unter 50 km/h etwa 2,5 km mit rein elektrischem Antrieb zurückzulegen.

Das hohe Leistungsvermögen der elektrischen Komponenten erlaubt die Bremsenergieerückspeisung auch bei stärkerem Bremsen, rein elektrisches beschleunigungsstarkes Anfahren aus dem Stand und die Verbesserung des Spurtvermögens beim Beschleunigen durch den zeitgleichen, gemeinsamen Betrieb der Elektromaschine und des Verbrennungsmotors.

Toyota entschied sich bei der Systemauswahl für einen Ottomotor wegen des gegenüber einem Dieselmotor geringeren Gewichts, des erheblich besseren Abgas- und Geräuschverhaltens und der geringeren Kosten.

Theoretische Diskussionen über Vor- und Nachteile des Hybridkonzeptes erübrigen sich durch die Praxiswerte, wie schon erwähnt: Das Gewicht des Prius, dessen Nutzvolumen deutlich größer ist als das eines Golf V, liegt laut "auto, motor, sport" mit 1327 kg fast zwei Zentner unter den 1419 kg des Golf 1,9 TDI. Die Beschleunigung von 0 bis 100 km/h ist etwa gleich mit Vorteilen für den Prius bei Kurzzeitantritten. Lediglich die Dauerhöchstgeschwindigkeit ist wohl aufgrund der Abstimmung in erster Linie für den amerikanischen Markt mit 170 km/h deutlich geringer.

Verbrauchsvergleiche unterschiedlicher Zeitschriften haben mit zunehmendem Einsatz auch im Teillastbetrieb zunehmend deutliche Vorteile für den Prius ergeben. Lediglich bei vorwiegendem Landstraßen- und Autobahneinsatz liegt der literbezogene Verbrauch des Golf Diesel unter dem des Prius.

Der Preis des Prius liegt ausstattungsbereinigt leicht über dem des Golf, jedoch im Bereich von Fahrzeugen mit ähnlich großem Innenraum. Darüber hinaus erhält der Prius neben der erwiesenen toyotatypischen Zuverlässigkeit u.a. eine achtjährige Garantie bis max. 160 000 km auf alle Hybridkomponenten einschließlich Batterie und eine dreijährige Fahrzeugvollgarantie bis zu einer Laufleistung von 100 000 km.

Wenn Prof. Dr. Axel Friedrich vom Umweltbundesamt den Prius 2 einem VW Polo mit aufgeladenem 650-cm³-Motor gegenüberstellt, um die Vorteile des Prius zu relativieren, so hat dieser Vergleich keinerlei Praxisrelevanz, denn es handelt sich um zwei völlig unterschiedliche Fahrzeug- und Komfortkategorien. Der Prius?II und dessen Markterfolg belegen, dass die faszinierenden Möglichkeiten des Hybridantriebs umsetzbar sind. Der Honda Civic IMA und eine umfangreiche Patentliteratur zeigen, dass es, wie häufig in der Technik, viele Möglichkeiten zur Realisierung von Hybridantrieben gibt.

Die Vision, in Wohngebieten weitgehend geruchs- und geräuschlos

zu fahren, im Stop-and-go-Verkehr oder im Stau die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer durch Abgase nicht zu gefährden oder zu belästigen, bei Einsatz von wenig Vortriebsleistung weitgehend unabhängig von der Höchstleistung des Verbrennungsmotors auch nur wenig Kraftstoff zu verbrauchen, dennoch aber an Fahrspaß keine Einbuße, sondern im Gegenteil mehr davon zu haben, diese Vision, das zeigt der Prius und das werden die höher motorisierten Nachfolgemodelle noch deutlicher zeigen, kann wahr werden.

Die Erfüllung egozentrischer Kriterien nach mehr Power, Fahrspaß usw. steht dann der dringend erforderlichen Erfüllung sozialer und ökologischer Kriterien, wie erheblicher Umweltentlastung und Verminderung des Verbrauches fossiler Kraftstoffe, nicht entgegen. Auch die Ökonomie profitiert, denn das Geld, das nicht mehr in Form von verbranntem Kraftstoff schädlich in der Atmosphäre verpufft, fließt nützlich in die Entwicklung und Produktion zukunftssicherer Autos.

Dem Prius und weiterentwickelter Hybridtechnologie ist ein großer Markterfolg zu wünschen. Kalifornien, dieser bezüglich der Umweltanforderungen an die Automobiltechnologie häufig eine Vorreiterrolle spielende US-Staat, hat Rahmenbedingungen definiert, die Fahrzeuge mit Eigenschaften des Prius begünstigen und möglicherweise zur Entscheidung seiner Entwicklung beigetragen haben. Es wäre wünschenswert, wenn auch in Europa gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen würden, die Investitionen in zukunftssichere Technologien begünstigen und so Arbeitsplätze in Konjunktur-fördernder Weise entstehen. Ein Beispiel wäre, dass der Kraftstoffverbrauch auf intelligente Weise limitiert wird, anstatt ihn in Konjunktur-schädlicher und sozial kaum verträglicher Weise mit immer höheren Abgaben zu belegen. HEIKO BARSKE

Weitere Informationen finden Sie hier

Dr. Heiko Barske

ist ein Automann durch und durch. Der Diplomphysiker und promovierte Naturwissenschaftler lernte bei Procter & Gamble Marketing und arbeitete von 1977 bis 1990 bei Audi, unter anderem als Lei...

[...weiterlesen](#)

Veranstaltungen

Weiterbildungsveranstaltung

Seminar: Verfahrenstechnische Anlagen am 17.11.04 in Düsseldorf

[\[Details\]](#)

Weiterbildungsveranstaltung

Seminar: Betriebswirtschaft für Ingenieure und Techniker 1 am 22.11.04 in München

[\[Details\]](#)

Weiterbildungsveranstaltung

Seminar: Kundenorientiert auftreten am 20.11.04 in München

[\[Details\]](#)

[HOMEPAGE](#) | [DER VERLAG](#) | [IMPRESSUM](#) | [KONTAKT](#) | [ABO](#) |
[TECHNICAL TOYS](#) | [BUCHSHOP](#) | [WARENKORB](#) | [VDI nachrichten](#) |
[INGACADEMY.DE](#) | [CE-RICHTLINIEN.DE](#)

 [Seite drucken](#)  [Seite versenden](#)  [zurück](#)  [zum Seitenanfang](#) 
[als Startseite einrichten](#)  [zu Favoriten hinzufügen](#)

Copyright © 2004 VDI Verlag GmbH | [Impressum](#)