

# Wahn oder Wahrheit



Ruf-Porsche mit Elektroantrieb 204 PS aus 96 Lithium-Ionen-Batterien

# Alle reden vom Elektroauto. Doch niemand kann bislang sagen, woher die dafür nötigen **Hochleistungsakkus** kommen – in der erforderlichen Qualität und auch zu akzeptablen Kosten.

**V**W-Chef Martin Winterkorn hatte lange ein Faible für große Autos und PS-starke Verbrennungsmotoren. Doch in jüngster Zeit redet er statt über den Zwölf-Zylinder-Phaeton lieber über den Kleinwagen Up! und das Thema „Elektro-Traktion“. Der Konzernlenker lässt dabei keinen Zweifel aufkommen: „Die Zukunft gehört dem Elektroauto – mit Strom aus der Steckdose.“

Auch Daimler-Entwicklungsvorstand Thomas Weber ist von den Vorteilen des Elektroantriebs überzeugt: „Das ist die Zukunftstechnologie schlechthin.“ Doch bei aller Begeisterung – auf Einführungsstermine, Stückzahlen und Verkaufspreise will sich keiner der Automanager festlegen. Denn noch gibt es keinen Markt für die E-Mobile. Und niemand kann sagen, woher die benötigten Hochleistungsakkus in der notwendigen Qualität kommen werden. „Es gibt im Augenblick keinen Hersteller, der in der Lage ist, in großen Stückzahlen Batterien für den Einsatz in Elektrofahrzeugen zu liefern“, sagt Friedrich Eichiner, Vorstand für Konzernentwicklung bei BMW.

Akkus für den Einsatz in Handys, Digitalkameras oder Camcordern gibt es praktisch an jeder Straßenecke. Hochleistungsbatterien für Elektroautos hingegen können die Autohersteller nicht wie den Kraftstofftank oder Reifen überall kaufen. „Wir wissen noch viel zu wenig über diese Batterien für den automobilen Einsatz“, sagt Kazuhiko Miyadera, Entwicklungschef von Toyota in Europa.

Halten sie ein Autoleben lang? Wie viel ihrer Kapazität verlieren sie während des Lebenszyklusses? Fragen über Fragen. Dabei hat Toyota unter den Autoherstellern die größten Erfahrungen mit großen Akkumulatoren im Auto: Die Japaner haben in den zurückliegenden zehn Jahren gut eine Million Hybridautos verkauft, bei dem ein konventioneller Verbrennungsmotor zumindest im Stadtverkehr von einem Elektromotor unterstützt wird. Zudem ist Toyota Mehrheitseigner des Batterieherstellers Panasonic EV.

Allerdings zeigte sich Toyota wenig experimentierfreudig. Bis auf Weiteres hält der Konzern dem schon etwas angestaub-

ten Nickel-Metallhydrid-Akku die Treue. Selbst der Toyota Prius der dritten Generation, der im Mai 2009 in den deutschen Markt eingeführt wird, setzt aus Kosten und Kapazitätsgründen zunächst weiter auf diese Technik. Erst 2012 sollen die fortschrittlichen Lithium-Ionen-Akkus auf breiter Front eingesetzt werden.

**Die Autoindustrie setzt große Hoffnungen** auf diesen Typ, der seit längerem Laptops, Handys und tragbare Bohrmaschinen mit Strom versorgt – und gelegentlich wegen Kurzschlüssen oder Überhitzung in Flammen aufgeht. Größere Akkus, wie sie für Elektro- und Hybridautos benötigt werden, sind potenziell noch gefährlicher, es sei denn, sie sind mit einer Technik ausgestattet, die der Düsseldorfer Konzern Evonik und Forscher der Universität Duisburg-Essen erdacht haben. Eine keramische Membran, die im Inneren des Akkus Plus- und Minuspol trennt, verhindert zuverlässig Kurzschlüsse. Selbst brutalen mechanischen Zerstörungen, wie sie bei Unfällen vorkommen, hält die Batterie stand. In Kamenz bei Dresden baut das junge Unternehmen Li-Tec, an dem Evonik beteiligt ist, große Lithium-Ionen-Batterien, die für den Einsatz in Autos geeignet sind.

Evonik-Vorstand Alfred Oberholz schätzt, dass der Markt für Lithium-Ionen-Batterien von derzeit rund 1,5 Milliarden Euro bis 2015 auf vier Milliarden Euro pro Jahr ansteigen wird. Damit liebäugeln nicht nur Johnson Controls, Saft und Continental – die Lieferanten der Lithium-Ionen-Akkus für die Hybridversion der Mercedes S-Klasse. Auch Bosch und Samsung wittern gute Geschäfte. Mit SB LiMotive gründeten sie ein Gemeinschaftsunternehmen mit Sitz in Südkorea, das Lithium-Ionen-Batterien für mobile Anwendungen entwickeln soll.

„Zu Lithium-Ionen-Akkus gibt es derzeit keine Alternative“, sagt Martin Winter, Inhaber einer – von VW, Evonik und Chemetall finanzierten – Stiftungsprofessur für Angewandte Materialwissenschaften zur Energiespeicherung und Energieumwandlung an der Universität Münster. „Derzeit hat ein 1000 Kilogramm schweres Auto mit einer 100 kg schweren Batterie eine Reichweite von 70 Kilometer. Mit einer Lithium-Ionen-Batterie wird es über 300 Kilometer weit kommen.“

Lithium-Ionen-Akkus glänzen mit einer hohen Energie- und Leistungsdichte (siehe Grafik), einer geringen Neigung zur Selbstentladung und sie besitzen ein hohes Entwicklungspotenzial. Allerdings haben sie auch ein paar gravierende Nachteile: Sie sind empfindlich gegen Überlast sowie gegen Temperaturen von über 60 Grad. Winter: „Die Lithium-Ionen-Technik benötigt deshalb eine aufwendige Schutzschaltung.“

Zudem altern Lithium-Ionen-Batterien schnell: Bei vielen Mobiltelefonen müssen die Akkus schon nach drei, vier Jahren und einigen Tausend Ladezyklen ausgetauscht werden. Bei einem Auto ist dies undenkbar – „für ein neues Akkupaket würde schnell mal der Neuwagenpreis fällig“, sagt Mercedes-Entwicklungsvorstand Herbert Kohler.

Den Hersteller des kalifornischen Tesla-Roadsters, seit ein paar Wochen in USA und Europa im Verkauf, schreckt das nicht: Angetrieben wird der 850 Kilo schwere Sportwagen von einem Elektromotor, der seine Energie aus 6831 Laptop-Zellen des Baumusters 18650 bezieht. Deren Ladekapazität wird sogar zu nahezu 100 Prozent genutzt – eine Vorstellung, die manch einem Batterie-Experten die Haare zu »



Quelle: Ford

WirtschaftsWoche

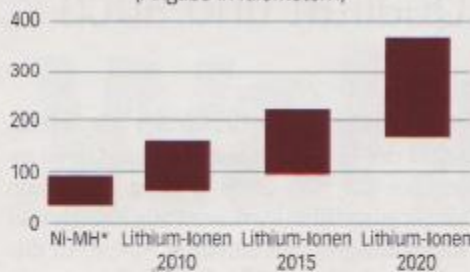
Berge stehen lässt. „Wir verfolgen alle mit Spannung, wie sich dies auf die Haltbarkeit der Batterie auswirkt“, erzählt der Manager eines Batterieherstellers.

Immerhin kommt der Tesla-Roadster mit einer Batterieladung bei moderater Fahrweise über 300 Kilometer weit. Eine ähnliche Reichweite erzielt der Kleinserien-Hersteller Alois Ruf aus dem Allgäu. Der Porsche-Tuner aus Pfaffenhausen baute in den Prototypen eines Carrera mit elektrischem Antrieb die ersten „großen“ Akku-Elemente der modernen Fahrzeuggeschichte ein: 96 Lithium-Ionen-Batterien finden Platz in der Karosserie des Sportwagens. Jede Zelle wird überwacht.

Die Akkumulatoren stammen vom Batteriehersteller Axion aus dem schottischen Dundee, der neuartige Elektroden auf Eisen-Phosphat-Basis einsetzt. Die gespeicherte Energiemenge beträgt 51 Kilowattstunden bei Ladezeiten von etwa zehn Stunden für 90 Prozent der Kapazität. In Benzin umgerechnet und unter Berücksichtigung des höheren Wirkungsgrades von Elektromotoren entspricht das dem Energiegehalt von 25 bis 30 Litern Benzin. Hersteller Axion verspricht eine Lebensdauer

## Größere Reichweiten, geringere Kosten

Entwicklung der Energiespeicher für elektrisch betriebene Kleinwagen bis 2020 (Angabe in Kilometern)



	Ni-MH*		Lithium-Ionen		
	2010	2015	2010	2015	2020
<b>Energiedichte</b> (Wattstunden/kg)	60	100	125	180	
<b>Batteriekapazität</b> (Kilowattstunden)	12	20	25	36	
<b>Batteriekosten</b> (Euro pro Kilowattstunde)	250	400	300	200	

Bei einer Batterie von 200 Kg Gewicht und einem Energieverbrauch von durchschnittlich 12,5 kWh/100 km, einem Fahrzeuggewicht von 1100 kg sowie einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 km/h im Stadtverkehr

\* Nickel-Metalhydrid-Batterien heutiger Bauart  
Quelle: Roland Berger

Wirtschafts  
Woche

von 3000 Ladezyklen, bevor die Kapazität auf weniger als 70 Prozent nachlässt. Im praktischen Fahrbetrieb sollte das für eine Viertelmillion Kilometer ausreichen. Und die nächste Akku-Generation ist in Vorbereitung. Axion spricht von 15 Prozent weniger Gewicht und einer 30 Prozent höheren Speicherkapazität.

**Derweil arbeitet Toshiba daran**, die Ladezeiten der Akkus drastisch zu senken. In Tokio präsentiert das Unternehmen unlängst eine sogenannte Super Charge Ion Battery, die 90 Prozent ihrer Ladung in 600 Sekunden aufnehmen kann. Zunächst sollen die Super-Batterien Notebooks mit Energie versorgen, später auch E-Mobile.

Noch Größeres haben sich Toyota und Panasonic vorgenommen: Den Bau einer neuen Wunderbatterie mit einer 100-fach höheren Leistungsfähigkeit als alle bislang bekannten Akkus. Entwicklungsvorstand Masatami Takimoto macht noch ein großes Geheimnis um die Technik. Wie sie funktionieren soll? Takimoto windet sich: „Wir haben ein paar Ideen, aber wir sind noch in der absoluten Grundlagenforschung.“

michi.koch, franz.rother@wiwo.de

# Rollendes E-Werk

Das Forschungsauto Ford Edge HySeries kombiniert Elektroantrieb mit **Brennstoffzellen**.

Mit einer Batterieladung kommt der elektrogetriebene Smart „ed“ knapp 100 Kilometer weit – dann muss der Zweisitzer für wenigstens drei Stunden an die Steckdose und der Natrium-Nickel-Chlorid-Akku wieder aufgeladen werden. Der norwegische Kleinwagen Think City hat ebenfalls einen 300 Grad heißen Natrium-Nickel-Chlorid-Akku an Bord und kommt damit auf eine Reichweite von 180 Kilometern. Lithium-Ionen-Batterien sollen in Zukunft so viel Energie speichern können, dass leichte Elektroautos sogar bis zu 200 Kilometer weit rollen. „Aber selbst wenn wir das enorme Entwicklungspotenzial der Lithium-Technologie umsetzen, werden wir kaum jemals mit dem Auto rein elektrisch von Flensburg bis zum Bodensee fahren können“, warnt Martin Winter, Batterie-Experte am Institut für Physikalische Chemie der Universität Münster. Die Autoindustrie arbeitet deshalb intensiv an Fahr-

zeugen mit umweltfreundlichen Hybridantrieben der zweiten Generation – ein Zusatzaggregat lädt hier während der Fahrt die Batterie auf. Die Reichweite der Elektromobile soll so bis auf 500 Kilometer steigen. Experten bezeichnen den Hilfsantrieb, der ein kleiner Verbrennungsmotor oder auch eine Brennstoffzelle sein kann, deshalb als Range Extender. Dass es funktioniert, be-

**Ford Edge HySeries** Dank Brennstoffzelle fährt das Elektromobil 360 Kilometer weit



weist Ford mit dem Edge HySeries, dem weltweit ersten und einzigen fahrbaren Brennstoffzellen-Hybrid-Elektromobil. Angetrieben wird der Edge HySeries durch eine Lithium-Ionen-Batterie mit einer Bordspannung von 336 Volt sowie einen Asynchron-Elektromotor mit 130 Kilowatt Leistung. Mit einer Ladung des 140 Kilo schweren Akkus kommt der Wagen etwa 40 Kilometer weit. Das reicht statistisch für die meisten Fahrten vom Wohnort zum Arbeitsplatz, aber nicht für eine Tour etwa von Aachen nach Düsseldorf. Ist die Batterie nur noch zu 40 Prozent gefüllt, aktiviert der Bordcomputer deshalb automatisch eine mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle, die durch ihre Stromproduktion die Akkus wieder auflädt. Der 350-bar-Tank des Ford Edge fasst derzeit 4,5 Kilogramm gasförmigen Wasserstoff. Damit lässt sich Strom für zusätzlich 320 Kilometer Fahrstrecke erzeugen. Mit einem neuen 700-bar-Hochdrucktank soll die Reichweite auf 400 Kilometer steigen. „Damit wäre das Auto alltagstauglich“, schwärmt Projektleiter Roland Krüger. In sieben bis acht Jahren könnte das Auto serienreif sein.

franz.rother@wiwo.de

# Sanfter Weck-Ruf

Heinrich Weiss, Chef der SMS Demag und Ex-Rennfahrer, testete den **Elektro-Porsche** des schwäbischen Autoherstellers Alois Ruf, 204 PS stark und über 200 km/h schnell.

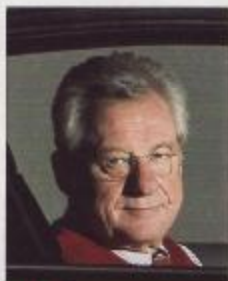
Von außen ist es ein ganz normaler Porsche 911, allerdings nicht aus Stuttgart, sondern vom schwäbischen Autohersteller Alois Ruf aus Bayern. Beim Öffnen der Motorhaube wird klar, dass der Sportler etwas Besonderes ist. Denn es fehlen ihm alle vertrauten Zutaten des Zuffenhausener Motorenbaus: Zylinder, Lichtmaschine, Ansaug- und Auspufftrakt. Stattdessen steht da in großen Lettern „High Voltage“. Es winden sich Massen von bunten Kabeln, jeder Winkel ist vollgestopft mit gelben Lithium-Ionen-Akkus des britischen Batterieherstellers Axcon. 96 Stück sind es genau, die hier in Reihe geschaltet wurden. Dahinter, tief unten im Motorraum, blitzt ein goldener, trommelförmiger Drehstrommotor hervor. Richtig: Vor mir steht eine technische Sensation, ein Ruf-Elektroauto auf Basis des Porsche 911. Noch ist es ein Prototyp, der aber schon nächstes Jahr in Serie gehen soll. Die Frage ist, ob das Strommobil über ausreichende Reichweite und Fahrleistungen verfügt und genauso sportlich ist wie sein Bruder mit dem Verbrennungsmotor.

**Schein und Sein** Das Thema Elektroauto ist für mich nicht neu. Es hat mich schon vor über 40 Jahren in meiner Diplomarbeit fasziniert, als ich einen BMW 1500 als Elektroauto konzipiert habe. Dieser Wagen hätte aber weit über zwei Tonnen gewogen und bei einer Reichweite von 80 Kilometern im Stadtverkehr noch keine Chance auf dem Markt gehabt. Heute bin ich mir aber sicher, dass Elektroautos sich langfristig Schritt für Schritt durchsetzen werden. Die Zeit ist jetzt reif dafür. Ist die Zeit aber auch reif für einen Elektro-Ruf? Zurzeit gibt es mehrere Versuchsprojekte mit

Elektroautos, das bekannteste ist die Gemeinschaftsentwicklung von Daimler und RWE mit 100 Elektro-Smarts in Berlin. Nachdem heute aber bereits die meisten Hybridautos, vor allem in den USA, von Angehörigen der Meinungselite – Politikern, Managern, Film- und Sportstars – gekauft werden, die ein umweltpolitisches Vorbild abgeben wollen, basiert die Idee von Alois Ruf darauf, dieser Gruppe ein „angemessenes“ Auto anzubieten.

Ich gebe zu, dass ich beim Anblick des Autos zunächst etwas skeptisch bin: Ein Porsche ohne röhrenden Motor? Ein lahmes Umweltmobil im schicken Gewand? Ein Blender? Passt das? Als ich zum ersten Mal den Zündschlüssel des Prototyps drehe, höre ich

nur ein leises Summen der Elektronik. Das Armaturenbrett des Prototyps zeigt die klassische Versuchsanordnung. Zahlreiche Knöpfe und Schalter liegen noch un-aufgeräumt nebeneinander, genauso wie Computer-Stecker, die den Ruf-Technikern dazu dienen, Daten abzufragen, neue Software aufzuspielen und zusätzliche Komponenten zu kontrollieren. Komfort, wie etwa eine Klimaautomatik, sucht man bei diesem Auto noch vergebens. Das soll, verspricht der Hersteller, beim ersten Serienfahrzeug natürlich anders sein.



**Weiss, 66**, ist Chef und Mehrheitseigentümer der SMS Demag in Düsseldorf, die Hüttenwerke für die Stahlindustrie baut. In den Achtzigerjahren fuhr er in der Deutschen Tourenwagen-Masters (DTM) mit.

**Saus und Braus** Ich drücke sanft auf das Gaspedal – Verzeihung, Strom-Pedal – und merke sofort: der 91 Kilogramm schwere Elektromotor mit seinen 204 Pferdestärken stellt so manchen Benziner in den Schatten. Sein maximales Drehmoment von 650 Newtonmetern, welches beim Anfahren zur Verfügung steht, ist enorm im Vergleich zum konventionell angetriebenen Carrera, der auf 420 Newtonmeter bei 4400 »



Umdrehungen pro Minute kommt. So zieht der Elektro-Ruf in bester Sportwagen-Mannier davon, beschleunigt in gerade mal sieben Sekunden auf 100 km/h. Die Vehemenz, mit der der Elektro-Porsche loslegt, ist überraschend. Nach kurzer Zeit erreiche ich die Spitzengeschwindigkeit von etwas mehr als 200 Kilometer in der Stunde.

Ein kleiner Kippschalter am Armaturenbrett schaltet den Motor auf Generator um. Der Wagen bremsst dann, auch über das Fahrpedal geregelt, bei voller Energierückgewinnung bis fast zum Stillstand herunter. Es fühlt sich an wie die Schubumkehr bei Düsenflugzeugen. Auch wenn ich mit dem An- und Ausschalten der „Schubumkehr“ meine Freude habe: Käufer des Serienfahrzeugs werden wie gewohnt mit dem Bremspedal verzögern – aber auch elektrisch bei vollem Energierückfluss in die Batterien.

Bleibt die Frage, ob der Sportwagen alltags-tauglich ist. Vor allem interessiert mich: Wie weit reicht eine Batterieladung? Die 96 Akkus speichern rund 51 Kilowattstunden Energie. Die gleiche Energiemenge steckt in rund fünf Litern Benzin. Berücksichtigt man aber die wesentlich höhere Energieeffizienz des Elektromotors, dann entspricht die elektrische Energie an Bord rund 25 Litern Sprit. Der Wirkungsgrad eines Elektromotors, das Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung, liegt bei stolzen 80 Prozent. Der Verbrennungsmotor bringt es auf nicht einmal 30 Prozent, der Rest geht hier ungenutzt als Wärme verloren. Wird die elektrische Energie für den Ruf-Porsche noch mit Wasser-, Wind- oder Solarenergie erzeugt, kann jeder mit einem guten Ökogewissen in den Porsche steigen. Jedenfalls reicht eine Batterieladung für über 200 Kilometer. Wer etwas defensiver unterwegs ist und vorausschauend fährt, kommt sogar 300 Kilometer weit.

**Schalten und Walten** Zuerst ist es ein ungewohntes Gefühl: Die ganze Teststrecke schafft der Elektro-Porsche von Ruf im

## Technische Details

### Motor

Bürstenloser Dreiphasen-Wechselstrom-Motor mit Permanent-Magneten, 150 kW/204 PS, max. Drehmoment 650 Nm

### Fahrleistungen

0–100 km/h unter 7 Sekunden, Höchstgeschwindigkeit 225 km/h

### Batterien

Lebensdauer 3000 Ladezyklen, Gewicht pro Zelle 5,6 kg, Selbstentladung unter drei Prozent pro Monat

### Energieverbrauch

21 kW bei 125 km/h, Reichweite je nach Fahrweise 250 bis 320 km

### Fahrzeuggewicht

1910 kg (Batterie 550 kg)

### Fahrzeugpreis

150 000 bis 180 000 Euro

### Lieferbar ab

2009 (voraussichtlich)

sechsten Gang. Ja, richtig, schalten muss ich während der gesamten Testfahrt nicht ein einziges Mal. Man fährt im sechsten Gang an und bleibt dabei, denn der Elektromotor verfügt vom Start weg über das maximale Drehmoment. Deshalb sind hier Getriebe und Schaltung überflüssig. Ungewöhnlich ist nur, dass man beim Elektro-Ruf schalten kann. Weil die Schwaben auf die Schnelle keinen optimalen Elektromotor gefunden haben, blieb das Getriebe vorerst an Bord. Wenn das Auto im kommenden Jahr an den ersten Kunden geht, wird das anders sein. Ein Getriebe soll es dann nicht mehr geben.

Natürlich ist der Wagen deutlich schwerer als ein herkömmlicher Sportwagen. Allein die Batterien wiegen 538 Kilogramm, das ganze Auto bringt es auf ein Gesamtgewicht von 1900 Kilogramm. Deshalb fährt der Elektro-Porsche zurzeit noch etwas träger und behäbiger durch die Kurven. Dennoch beweist der Wagen, dass man mit einem Elektroauto sportlich unterwegs sein kann und dabei alltagstaugliche Reichweiten hat.

Und vor allem: dass ein Elektroauto durchaus Spaß machen kann.

**Geld und Kapital** Das gute Gewissen kostet erst einmal richtig viel Geld: Für den Elektro-Porsche von Ruf werden wohl zwischen 150 000 und 180 000 Euro fällig, für den Roadster des Konkurrenten Tesla sind es rund 100 000 Euro. Aber auch beim Tesla kühlt der Preis die Begeisterung nicht ab. Steht das Elektromobil erst einmal in der Garage, fällt die Stromrechnung vergleichsweise bescheiden aus: Wer den Wagen mit günstigem Nachtstrom volltankt, zahlt rund 2,50 Euro, tagsüber dürften fünf Euro fällig werden. Der Ruf-Porsche bietet in einer attraktiven Hülle eine beachtliche Beschleunigung ohne Abgas und ohne Lärm – und wird so zum Freund jeder Umweltzone in den Innenstädten. ■

Aufgezeichnet und bearbeitet von martin.seiwert@wiwo.de



**Autohersteller Ruf**  
96 Lithium-Ionen-Batterien  
unterm Blech des Elfer