

Oft braucht es nur etwas Geduld, und plötzlich verkehrt sich ein vermeintlicher Nachteil zum Pluspunkt. Beim Wankelmotor könnte das der Fall sein. Mazda forscht.

# Wasserstoff und Wankel: das neue Traumpaar?

## ■ MAX NÖTZLI

Das hätte sich der sonst so phantasievolle Felix Wankel nicht gedacht: dass sich sein nach ihm benannter Rotationskolbenmotor, den er als Autodidakt in den Fünfzigerjahren «erfunden» hatte, dereinst als geradezu ideale Verbrennungsmaschine für Wasserstoff (H<sub>2</sub>, vgl. «Stichwort») und damit als umweltfreundliches Konzept anbieten würde.

Zu Lebzeiten (Wankel verstarb 1988 im Alter von 86 Jahren) wurde er nicht müde, seinen Motor als den Antrieb der Zukunft anzupreisen und das baldige Ende des konventionellen Hubkolbenmotors, des «Schüttelhubers» und «Zappelphilipps», zu prophezeien.

## Durstiger Geselle

Dies, obwohl der Wankelmotor neben seinen unbestreitbaren Vorteilen – kompakte Abmessungen, vibrationsfreier Lauf bis in astronomische Drehzahlregionen – auch eine Reihe von Nachteilen hat. Der störendste ist der relativ hohe Treibstoffverbrauch; er entsteht, weil die Form des rundum «wandernden», schnitzförmigen Verbrennungsraums Grenzen hinsichtlich Verdichtungsverhältnis sowie Wirbelung der Gasströme mit sich bringt. Ausserdem ist der Rotationskolbenmotor wegen der komplexen Herstellung der Kurvenformen der rotierenden Teile



Rechts: H<sub>2</sub>-Vorratsanzeige.

auch relativ teuer in der Fertigung, obwohl er mit viel weniger Teilen auskommt als ein Hubkolbenmotor.

Zu den Negativpunkten gehört ferner das nicht gerade überschäumende Drehmoment. Wollte man dem wirklich begegnen, müsste man – wie es Mazda, der einzige verbliebene Lizenznehmer im Automobilbereich, schon einmal getan hat – auf Turboaufladung zurückgreifen. Aber dadurch würde das Ganze, wie die Erfahrung gezeigt hat, unsinnig teuer.

Ein letzter Kritikpunkt betrifft die konzeptionsbedingt asymmetrische Temperaturverteilung im Wankelmotor: Anders als beim Hubkolbenmotor, bei dem sich der Zylinderkopf ziemlich gleichmässig erwärmt, ist beim Drehkolbenmotor die Einlassseite

«kalt», die ihr entgegengesetzte Zündungsseite dagegen «heiss».

Weil sich der Motorblock (Stator) dadurch im Betrieb ungleich stark verzieht, traten vor allem in den ersten Jahren mechanische Probleme (Dichtleisten, Laufflächen) auf; mit grossem Aufwand hat man diese allerdings schon längst voll im Griff.

## Nachteil verkehrt

Pikanterweise ist es gerade diese von Thermodynamikern seinerzeit so belächelte ungleichmässige Temperaturverteilung, welche auf der Suche nach alternativen Antriebskonzepten den Wankelmotor wieder ins Spiel bringt. Denn sie begünstigt den umweltfreundlichen Wasserstoffbetrieb.

## ■ Stichwort

### Wasserstoff

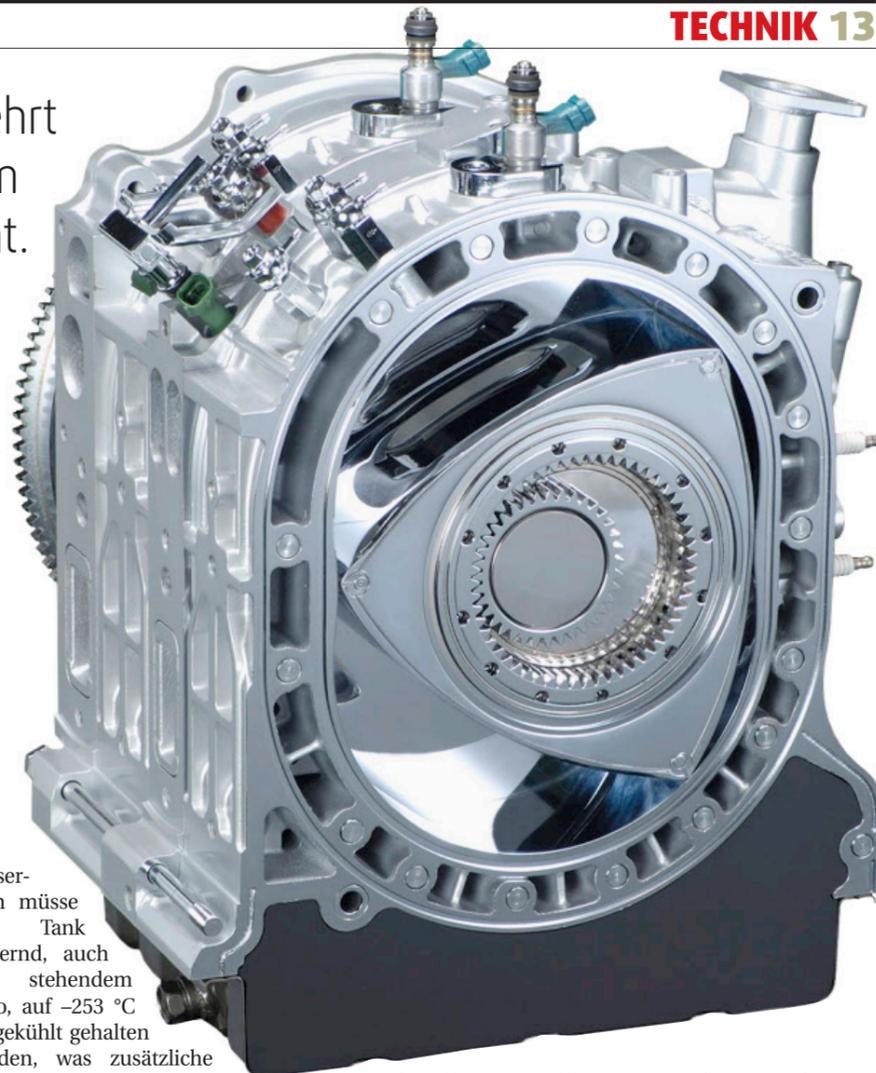
Das farb- und geruchlose Gas H<sub>2</sub> ist keine Primärenergie, sondern ein künstlich (z. B. durch die Elektrolyse von Wasser) hergestellter Energieträger. Wasserstoffgas kann entweder direkt verbrannt oder in einer Brennstoffzelle in elektrische Energie umgewandelt werden.

Akihiro Kashiwagi, verantwortlicher Ingenieur des von Mazda ins Leben gerufenen Projekts «Hydrogen RE Development» (Wasserstoff-Wankelmotor [RE = Rotary Engine]-Entwicklung), erklärt, warum. «Wasserstoff

ist leichter entflammbar als Benzin. Will man Wasserstoffgas im Ottomotor verwenden, besteht die Gefahr der vorzeitigen unkontrollierten Verbrennung. Beim Wankelmotor dagegen wird der Wasserstoff auf der kalten Seite des Motors eingeblasen, sodass es nicht zu Früh- bzw. Fehlzündungen kommt.»

Auf unseren Einwand, dass BMW seit Jahren an der Wasserstoffverbrennung im Ottomotor arbeite und diese Probleme nicht zu haben scheine, weist Kashiwagi darauf hin, dass die Münchner den Wasserstoff in flüssiger Form mitführen, d. h. auf minus 253 Grad heruntergekühlt. Zum Zeitpunkt der Einblasung sei er zwar ebenfalls gasförmig, aber noch immer kalt genug, um das gefürchtete Backfiring zu vermeiden.

Zur Gretchenfrage, ob Wasserstoff im Automobil in einem Hochdrucktank als Gas oder in einem Niedrigtemperaturspeicher als Flüssigkeit mitgeführt werden soll, räumt Ingenieur Kashiwagi zwar ein, dass grosse Mengen besser in flüssiger Form gespeichert werden können, aber zur Verflüssigung brauche es sehr viel Energie, was kontraproduktiv sei, und



Der «Kolben» des Wankelmotors führt keine Auf- und Abbewegung aus, sondern eine Drehbewegung. Die Einlassseite (kalt) ist auf der linken Seite des Statorgehäuses, gezündet wird die Charge rechts (erkennbar an den beiden Zündkerzen).

ausserdem müsse der Tank dauernd, auch bei stehendem Auto, auf –253 °C tiefgekühlt gehalten werden, was zusätzliche Energie verschlinge. Hierzu muss allerdings angemerkt werden, dass auch die Komprimierung des Gases Energie benötigt.

Weil Wasserstoff nicht so problemlos gelagert und transportiert werden kann wie Benzin oder Diesel, plädiert Akihiro Kashiwagi dafür, dass er dort eingesetzt wird, wo er produziert wird. Das ist auch der Grund, weshalb die ersten Versuche mit einem wasserstoffbetriebenen Wankelmotor (im Sportcoupé RX-8) im norwegischen Stavanger durchgeführt werden; dort wird als Nebenprodukt der Erdölförderung Wasserstoff hergestellt (vgl. AR 29/2007).

## Sowohl als auch

Der «Rotary-Hydrogen» von Mazda ist bivalent ausgelegt, das heisst, er kann sowohl mit Benzin als auch mit Wasserstoff «gefüttert» werden; das Umschalten erfolgt automatisch oder – mittels eines Schalters – von Hand. Dieser zweigleisige Betrieb ist nötig, weil die Reichweite im Wasserstoffmodus aufgrund des beschränkten H<sub>2</sub>-

Speichers nicht für die ganz grosse Fahrt ausreicht. Die Motorleistung im Wasserstoffbetrieb liegt übrigens um rund 40% unterhalb derjenigen im Benzin-Modus.

Abgasmässig schneidet der Wasserstoff-Wankel hervorragend ab. Dem Auspuff entweicht hauptsächlich Wasser in Dampfform; die praktisch einzigen Schadstoffe, die anfallen, sind Stickoxide (NO<sub>x</sub>), dies aber nur in sehr geringen Mengen. Wie die Spuren von CO und HC, die wegen der unvollständigen Verbrennung des Schmieröls entstehen, werden sie in einem nachgeschalteten Katalysator «unschädlich» gemacht.

## Versuch mit Hybrid

Mazda setzt die mit dem RX-8 Hydrogen RE begonnene Entwicklung in einem gänzlich anderen Versuchsträger fort, nämlich in einem Minivan Premacy (der bei uns Mazda 5 heisst). Als Tüpfelchen auf dem

«i» ist dieser Premacy, der an der soeben zu Ende gegangenen Tokyo Motor Show dem grossen Publikum vorgestellt wurde, zusätzlich als Hybrid ausgelegt. Neben dem Wasserstoff-Wankelaggregat besitzt er also auch einen Elektromotor.

Damit dürfte er bei realistischer Kalkulation schlichtweg unerschwinglich sein. Doch in diesem Prototypenstadium spielt das eine nur untergeordnete Rolle. Um möglichst schnell Langzeiterfahrungen zu sammeln, plant Mazda (wie seit 2006 schon beim Hydrogen-RX-8) einen grossen Feldversuch, indem auch der Wasserstoff-Premacy an speziell ausgewählte Personen bzw. Organisationen verleast wird. In Japan gibt es zurzeit laut Akihiro Kashiwagi 12 H<sub>2</sub>-Stationen, von denen 11 Wasserstoff als Gas ausgeben.

Es macht ganz den Anschein, dass die Wankel-Historie noch nicht fertig geschrieben ist.



Als Aggregateträger dient der Mazda Premacy (= Mazda 5).



Der Motorraum ist mit exotischer Technik prall ausgefüllt.

## ■ Funktionsschema des Wankel-Hybridsystems von Mazda

