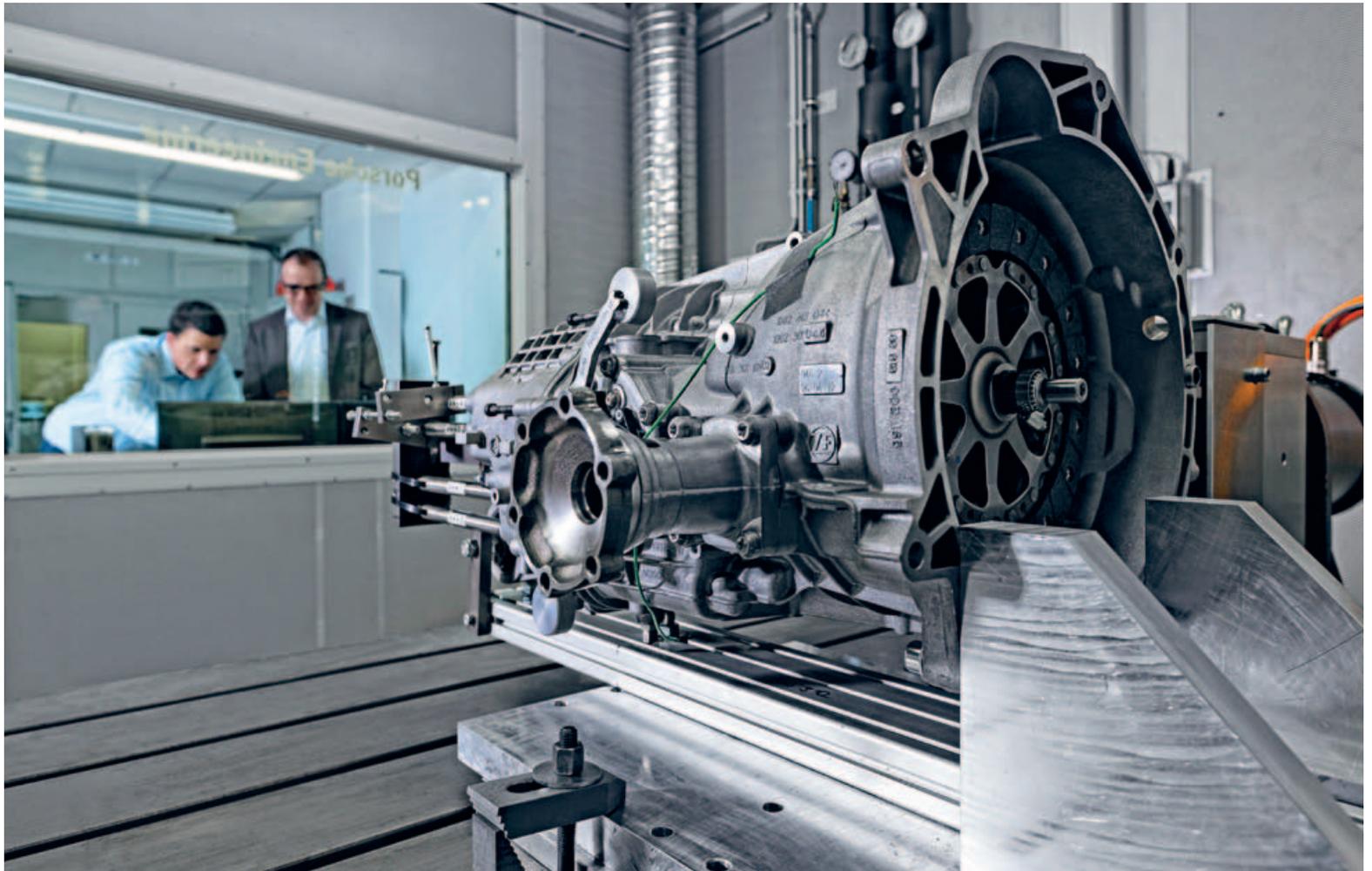


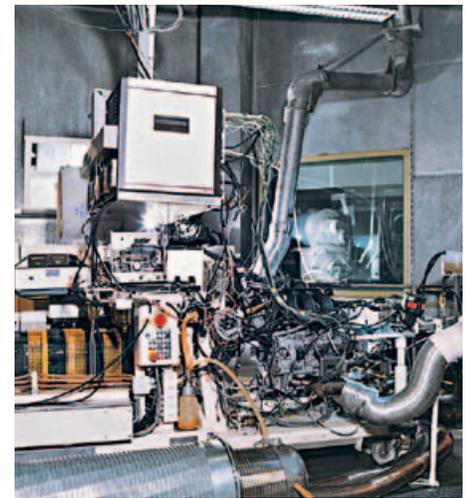
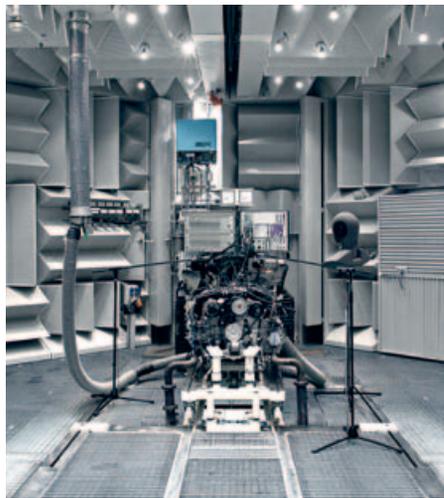
# Härtetest: Praxis

\_\_\_ Eine Entwicklung schafft erst dann den entscheidenden Mehrwert, wenn sie sich in der Praxis bewährt. Der Erprobung von Motorenentwicklungen für unterschiedlichste Kundenprojekte kommt somit eine große Bedeutung zu.

*Text: Dr. Matthias Bach, Johannes Wüst, Robert Kerres  
Fotos: Jörg Eberl, Gabriele Torsello, Archiv*



*Erprobung im Entwicklungszentrum Weissach: Blick in einen Motorschallmessraum (links), ein Motor auf einem Prüfstand (rechts)*



Seit jeher widmet sich Porsche neuesten Trends und Technologien im Bereich der Motorenentwicklung – sowohl bei Sportwagen als auch bei Projekten für externe Kunden. Doch erst, wenn sich die Theorie in der Praxis bewährt, entsteht der entscheidende Kundennutzen.

### **Ein breites Spektrum an Motorprüfständen**

Für das effiziente Erproben unterschiedlichster Motoren verfügt Porsche über ein umfangreiches Spektrum an Prüfständen. An allen Porsche-Standorten wird kontinuierlich investiert, um stets auf dem neuesten Stand der Technik zu sein, denn durch die zunehmende Produktkomplexität und veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen steigen die Anforderungen an die Motorenerprobung und an die dafür erforderlichen Prüfstände. Von Kleinprüfständen zum Testen von Komponenten und Systemen über Standardmotorenprüfstände bis hin zu Hochleistungsprüfständen, wie sie beispielsweise für den Rennsport

benötigt werden, ist bei Porsche alles zentral an einem Ort verfügbar. Es lassen sich alle unterschiedlichen Antriebsvarianten betreiben, von Front- über Heck- bis hin zu Allradmotoren. Auch für Hybrid- oder Elektromotoren sind die Voraussetzungen für effizientes Prüfen gegeben.

### **Unterschiedlichste Umgebungen und kurze Wege**

Zur Simulation aller unterschiedlichen Umgebungsbedingungen, denen ein Motor ausgesetzt sein kann, stehen beispielsweise die Motorklimadruckkammer oder der dynamische Hochleistungsantriebsstrangprüfstand zur Verfügung. Hier lassen sich unterschiedliche Temperaturen und Drücke simulieren, um sicherzustellen, dass die Motoren den unterschiedlichsten Umweltsituationen standhalten. Neben den diversen Prüfständen und -möglichkeiten sind insbesondere die kurzen Wege zu den Fachabteilungen anderer Bereiche oder auch zu Werkstätten ein wichtiger

Faktor. Kurze Kommunikationswege gewährleisten einen direkten Kompetenz- und Wissensaustausch.

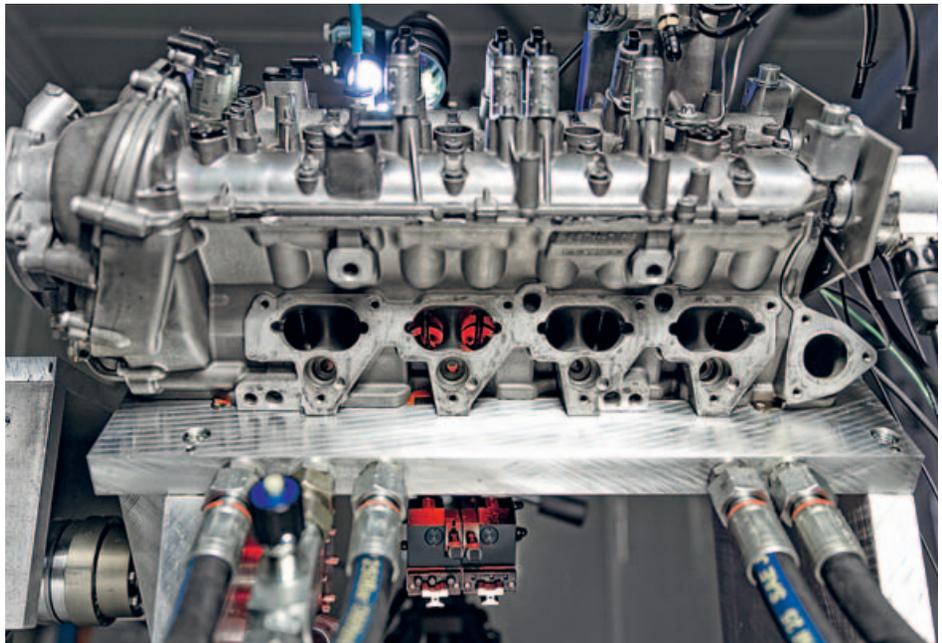
### **Kundenspezifisch und multifunktional**

Porsche Engineering verwendet die Prüfstände auch, um Kundenprojekte spezifisch und effizient umzusetzen. Insbesondere die Einzelkomponentenprüfstände bieten hier die Möglichkeit, gezielt auf die Kundenanforderungen sowohl aus der Automobilindustrie als auch aus anderen Branchen einzugehen.

Da sich die Anforderungen an das Testequipment in der Entwicklung für externe Kunden je nach Projekt stark ändern können, ist es notwendig, das Prüffeld möglichst variabel zu gestalten. Dementsprechend ist das Prüffeld multifunktional ausgestattet und zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität aus. Somit lassen sich Projekte aus den verschiedensten technologischen Fachgebieten effizient bearbeiten. >

## Porsche-Messtechnik

Zur Erfassung prüflingsbezogener Messgrößen kommt in allen Prüfständen die von Porsche entwickelte Messtechnik (PMT) zum Einsatz, welche aktuell in der fünften Generation ihren Rollout erfährt. Diese bietet die Möglichkeit, verschiedene Messmodule für Drücke, Temperaturen, Spannungen oder andere Messgrößen beliebig miteinander zu kombinieren. Die Messmodule selbst sind mobil und können auch für Messungen im Fahrzeug eingesetzt werden. Wartungs- und Kalibrierungsaufgaben werden zentral im Entwicklungszentrum in Weissach durchgeführt.



Das Laser-Doppler-Vibrometer erfasst Hub und Geschwindigkeit.

## Intelligente Prüfstandssteuerung

Die Prüfstandssteuerung ist in der Lage, auch solche Motorfunktionen von Steuergeräten zu simulieren, die erst Jahre später im Seriensteuergerät umgesetzt werden. Ein Beispiel ist die Ventilhubumschaltung, die in Echtzeit und mit einer Auflösung kleiner ein Grad Kurbelwellenwinkel Ventilhubumschaltungen an Motorattrappen steuert.

Bei diesen hochdynamischen Anwendungen kommt einer extrem schnellen Messung des Prüflings höchste Bedeutung zu: Mechanische Schäden oder Fehlfunktionen müssen innerhalb kürzester Zeit

detektiert werden. Porsche Engineering hat für einige Parameter Überwachungsfunktionen entwickelt, die innerhalb fünf Grad Kurbelwellenwinkel eine Fehlfunktion feststellen, einen Notstopp auslösen und dadurch mögliche Folgeschäden minimieren können.

## Dynamische Ventiltriebsmessung

Um die dynamischen Eigenschaften von Ventiltriebskomponenten effizient zu messen, verwendet Porsche Engineering einen entsprechenden Prüfstand

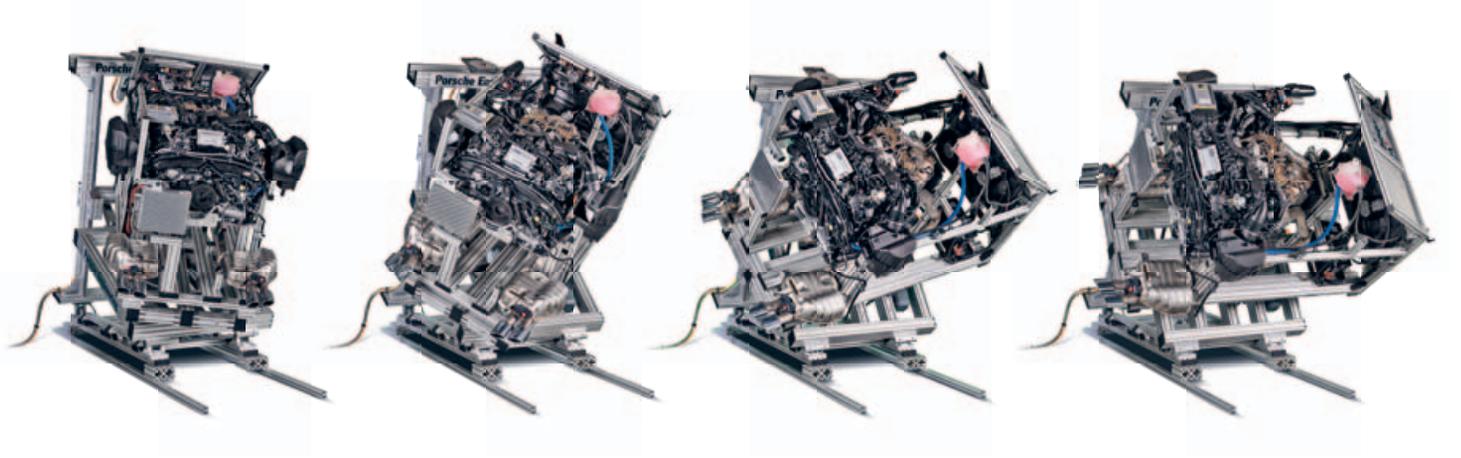
zur Messung an Zylinderkopfattrappen. Dazu wird der Zylinderkopf inklusive Steuertrieb von einem leistungsfähigen Asynchronmotor angetrieben. Als Messtechnik dient in erster Linie ein Laser-Doppler-Vibrometer, welches den Hub und die Geschwindigkeit der Ladungswechselventile erfasst. Aus den daraus erfassten Größen mit einer Speicherfrequenz bis zu 400 000 Hertz können durch Auswertung und Weiterverarbeitung Rückschlüsse auf maximal zulässige Drehzahlen, Geräuschentwicklung, Verschleiß sowie Bauteilbelastungen geschlossen werden. Weitere Messgrößen wie Öldrücke, Temperaturen, Drehschwingungen sowie die Signale von mit Dehnmessstreifen applizierten Bauteilen werden unterstützend eingesetzt.

## High-Speed-Analysen

Bei vielen Versuchsanwendungen kommt eine High-Speed-Videokamera zum Einsatz. Mit diesem System können dynamische Effekte wie zum Beispiel Schwingungsformen von Ketten, Ventildfedern oder auch axiale Bewegungen von Nockensegmenten bei Ventiltrieben mit



Ein Getriebe wird auf dem Prüfstand montiert.



*Der Schwenkprüfstand ermöglicht eine zweiachsige Rotation um bis zu 60 Grad gegenüber der Horizontalen in alle Richtungen.*

Hubumschaltung visualisiert und anschließend mit einer Bildverarbeitungssoftware vermessen werden.

Aufgrund des modularen Aufbaus des Prüfstandes sind neben den Ventiltriebsfunktionsmessungen auch Reibleistungsmessungen an geschleppten Motoren, Motorkomponenten oder Getrieben möglich. Dabei finden hochgenaue Drehmomentmessflansche und eine Ölkonditionierung mit besonderer Regelgüte Anwendung.

### **Hybrid- und Elektromotorentests**

Die Rückspeisefähigkeit des Asynchronmotors erlaubt in Verbindung mit einer mobilen 60-kW-DC-Power-Supply auch Versuche an elektrischen Antrieben wie zum Beispiel einem Riemenstartergenerator, von welchem sowohl das wichtige Losbrechmoment bei Drehzahl null als auch der Wirkungsgrad im generatorischen Betrieb ermittelt wird.

Im Rahmen der zunehmenden Hybridisierung beziehungsweise Elektrifizierung der Fahrzeuge sind die für ein effizientes Testen erforderlichen Batteriesimulationssysteme bereits im Einsatz. Zudem steht eine zusätzliche Belastungsmaschine zur Verfügung. Eine DC-Power-Supply mit 250 kW versorgt die Elektromotoren mit dem nötigen Gleichstrom beziehungsweise speist im generatorischen Betrieb den erzeugten

Strom zurück ins Netz. Zur Konditionierung des Elektromotors und der dazugehörigen Leistungselektronik kommt ein Konditioniergerät zum Einsatz, welches beide Systeme getrennt voneinander auf unterschiedliche Temperaturen zwischen  $-40$  Grad Celsius und  $+120$  Grad Celsius konditionieren kann. Um den Wirkungsgrad der Prüflinge zu ermitteln, wird ein entsprechendes Leistungsmessgerät verwendet.

### **Schwenkprüfstand**

Für die Simulation von Kurvenfahrten oder von Beschleunigung und Abbremsen können die Motoren auf einem Schwenkprüfstand bis zur Drehzahlgrenze betrieben und um bis zu 60 Grad gegenüber der Horizontalen in alle Richtungen geschwenkt werden. Der Schwenkprüfstand selbst ist dabei auf einem luftgefederten Bremsenbett mit Niveauregulierung geschraubt, welches im abgesenkten Zustand von Platten abgedeckt wird und so einen ebenen Boden ermöglicht. Bei diesen Schwenkversuchen wird der Qualität von Ölverschäumungsmessungen besondere Beachtung geschenkt.

### **Vermessung von Industriemotoren**

Beim Prüfen von Industriemotoren spielt die thermodynamische Vermessung eine wichtige Rolle. Motoren für >



ADA-Prüfstand zur Überprüfung des Schadstoffausstoßes

Notstromaggregate, Rasenmäher oder handgeführte Forstgeräte erfordern beispielsweise eine besondere Art der Vermessung, was Auswirkungen auf die Vorbereitung der Prüfstände und das Abfahren der Messungen hat. Die Hubräume können dabei von 25 cm<sup>3</sup> bis circa 500 cm<sup>3</sup> variieren. Für die Erfassung des Motordrehmoments werden Wirbelstrombremsen eingesetzt, der Kraftstoffverbrauch wird gravimetrisch ermittelt.

### Abgassensorik

Zur Analyse der Abgase stehen entsprechende Abgasmessanlagen zur Verfügung. Diese entnehmen dem Prüfling nur sehr geringe Probemengen, die den Ladungswechsel, insbesondere von Zweitaktmotoren, nicht beeinflussen.

Um sicherzustellen, dass die Motorenentwicklungen auch den kundenspezifischen und gesetzlichen Anforderungen

in Bezug auf Abgase und Emissionen entsprechen, kann auf eine umfangreiche Abgassensorik zurückgegriffen werden. Im Messzentrum für Umweltschutz von Porsche Engineering werden Fahrzeuge umfassend auf deren Schadstoffausstoß hin überprüft. In diesem Zusammenhang existiert eine mittlerweile langjährige Kooperation mit dem Abgaszentrum der Automobilindustrie (ADA), Porsche betreibt spezielle Prüfstände in dessen Auftrag. Dazu gehören beispielsweise auch ein Wasserschlagprüfstand, mit dem Schutzrohre von Lambda- und NOx-Sonden bewertet werden, und ein Prüfstand speziell zur Bewertung von Partikelsensoren.

### Herausforderungen: Willkommen!

Die Besonderheit des Porsche-Motorenprüffeldes liegt in seiner breiten Verwendbarkeit: Sowohl in Bezug auf Leistung als auch in Bezug auf den flexiblen

Aufbau sind die Voraussetzungen für effizientes Erproben gegeben. Aufgrund der flexiblen Gestaltung der Prüfstände und der für neue Aufgaben schnell konfigurierbaren Messtechniken ist eine Realisierung unterschiedlichster Versuche möglich – egal ob bei Sportwagen oder bei anderen, herausfordernden Kundenprojekten. Und wenn sich die Entwicklung bei der Erprobung als erfolgreich herausgestellt hat, wartet nur noch eins: die erste Testfahrt auf der Strecke...

---

**911 (TYP 991):** Kraftstoffverbrauch kombiniert 12,4–8,2 l/100 km; CO<sub>2</sub>-Emission 289–194 g/km