

# Innovativer Prüfstand, flexibler Service

## Intelligentes Thermodynamik-Testing

Der Thermodynamik-Prüfstand von Porsche Engineering ist das Ergebnis jahrelanger Testpraxis aus verschiedensten Kundenprojekten. Inzwischen bieten die Porsche-Thermodynamiker mit der vielseitigen Testanlage erfolgreich einen umfassenden Prüf-service für Unternehmen diverser Branchen.

Fotos: Jörg Eberl

Die Initialzündung für den Thermodynamik-Prüfstand gab die Entwicklungsarbeit an E-Mobilen und Hybrid-Fahrzeugen, weitere Projekte in den Bereichen HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), Fahrzeugkühlung und Thermo-Management trieben seine Weiterentwicklung voran. Mit jeder neuen Aufgabenstellung wuchs der Anforderungskatalog, so wurden aus drei Jahren Projektarbeit mit dem Prüfstand drei Jahre Entwicklungsarbeit an diesem selbst. Das Resultat ist eine hochflexible Testanlage, gepaart mit profundem Prüf-Know-how rund ums Heizen, Kühlen und Temperieren.

„Als Kundenentwicklung stellen wir unser Porsche-Know-how im Bereich Thermodynamik unterschiedlichsten Kunden zur Verfügung. Diese stehen im Rahmen ihrer Entwicklungsarbeit häufig vor ähnlichen Fragestellungen“, so Björn Pehnert, Entwicklungsingenieur bei Porsche Engineering. „Unser Thermodynamikprüfstand ist so konfiguriert, dass ein branchenübergreifender Einsatz möglich ist.“ >

Auf der flexiblen Thermodynamik-Prüfanlage wird der neue Porsche Boxster analysiert



**BOXSTER (TYP 981):** Kraftstoffverbrauch kombiniert 8,8–7,7 l/100 km; CO<sub>2</sub>-Emission 206–180 g/km

## Ein Prüfstand für drei Medien

Die Möglichkeiten, die Pehnert meint, führt der Prüfstand vor: Ob Luft, Kühlwasser oder Kältemittel, die Testanlage konditioniert alle drei Medien und stellt sie flexibel bereit.

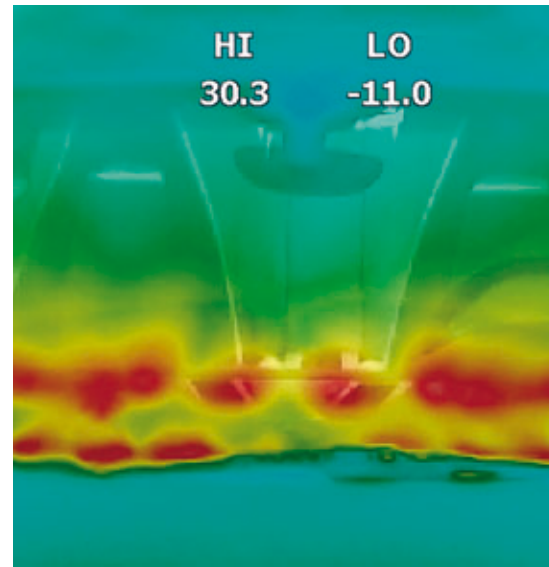
Alle Systeme und Komponenten, die davon durchströmt werden, können auf dem Prüfstand analysiert werden – und dies nicht nur thermodynamisch, denn der Thermodynamik-Prüfstand ist mit einem Batterie-Prüfstand koppelbar. Hierfür simulieren die Porsche-Ingenieure das gesamte Fahrzeug um die Batterie herum, inklusive der relevanten Umgebungsbedingungen. Während die Testbatterie belastet wird, als wäre sie in Betrieb, lässt sich beispielsweise das komplexe Zusammenspiel von Kühlung, Heizung und Steuerelektronik abbilden.

## Ein Testobjekt, hunderte Messpunkte

Auch im Alleingang beweist der Thermodynamik-Prüfstand Vielseitigkeit. Alle relevanten Aspekte des thermodynamischen Verhaltens einer Komponente oder eines Systems sind prüfbar, bis zu 200 Messstellen oder mehr können pro Faktor und Testobjekt zusammenkommen.

Der Prüfstand kann kalt und warm fahren, also Druck, Volumenstrom und Strömungsverhalten einerseits sowie Wärmeverteilung und Temperaturdifferenzen andererseits getrennt oder kombiniert prüfen. Auf Kundenwunsch lässt sich der Prüfstand vom Kältemittel R134a auf den möglichen Nachfolger R1234yf umstellen. „Entscheidend für die Wahl unserer Mittel sind die Aufgabenstellung und der effizienteste Weg zu ihrer Lösung“, resümiert Pehnert.

Ein Problem, das Kunden von Porsche Engineering immer wieder umtreibt, ist das Phänomen der Kavitation, die überall dort in Komponenten auftreten kann, wo die Strömungsgeschwindigkeit rapide ansteigt. Bei ungünstigen Druck- und Temperaturverhältnissen bilden sich in der Flüssigkeit Dampfblasen, die implodieren. Die dabei entstehenden Mikrojets treffen mit Schallgeschwindigkeit auf die Innenwand der Komponente. Ob Rohr, Sammler eines Wärmetauschers oder Zylinderkopf, die Folgen sind in der Anwenderpraxis stets unerwünscht: eine hohe Druckbelastung des Oberflächenmaterials bis hin zu seiner mechanischen Beschädigung. Die Aufgabe von Porsche Engineering in solchen Fällen ist, die Kernprobleme zu lokalisieren und analysieren, mit dem Ziel, den Durchfluss von Kühlmitteln so zu gestalten, dass Kavitation zuverlässig unterbunden wird.



Um eine gleichmäßige Defrostung der Frontscheibe zu gewährleisten, wird eine Analyse der Wärmeverteilung, hier am Beispiel des Porsche Panamera, durchgeführt

## Freie Sicht auf Hotspots

Um die Problemstellen zu erkennen, visualisieren die Thermodynamiker Strömungsprozesse. Eine Variante, die sie bei extrem kurzzeitigen und schnellen Vorgängen in komplexen, schwer einsehbaren Bauteilen wie Motorblöcken oder Zylinderköpfen empfehlen und umsetzen, ist die Reproduktion des Testobjekts aus transparentem Kunststoff im Rapid-Prototyping-Verfahren. Wird das Musterteil mit eingefärbter Flüssigkeit durchspült und dabei von einer Hochgeschwindigkeitskamera gefilmt, entstehen pro Sekunde mehrere Zehntausend hochauflösende Aufnahmen von jedem Detail des Strömungsverhaltens. Ausgedehnt auf mehrere Minuten Wiedergabezeit werden selbst blitzschnelle Kavitations-Vorgänge und verworrene Strömungsbewegungen für das menschliche Auge sichtbar und damit für die Ingenieure nachvollziehbar und auswertbar.

## Demist- und Defrost-Prüfungen

In Demist- und Defrost-Prüfungen offenbart wiederum die Thermografie, worauf es bei Lüftungs-, Heiz-, und Klimasystemen für Fahrzeuge unter anderem ankommt: die homogene Verteilung der ausströmenden Warmluft auf der Frontscheibe

und im Innenraum, damit die Beschlagfreiheit und schnelle Entfrostung gewährleistet sind. Auch hier setzen die Thermodynamik-Spezialisten verschiedenste Kundenwünsche um, sie adaptieren einzelne Komponenten, beispielsweise ein neues Armaturenbrett, das über einem bestehenden Klimagerät eingesetzt werden soll. Oder sie modellieren komplette Fahrgast-Kabinen als Mockup für die bestmögliche Auslegung der Ausströmungsdüsen aller relevanten Anlagen.

## Full Service und Troubleshooting

Der Thermodynamik-Prüfstand ist flexibel aufgebaut und mit Klimakammer, Vibrations- und Shakerprüfständen kombinierbar. Diese große Leistungsbandbreite ermöglicht jede denkbare Form der kundenorientierten Zusammenarbeit. „Wir unterstützen Unternehmen im gesamten Entwicklungsprozess, ab der Konzeption und Auslegung der Komponenten, bei der Einbindung der Lieferanten, im Prototyping und Testing bis zum Produktionsbeginn“, erklärt Pehnert. „Oder wir agieren kurzfristig, wenn zum Beispiel vor Serienstart einzelne Komponenten zu optimieren sind.“

## Die Prüfstand-Medien in Kennzahlen

### Kühlwasserbereitstellung

Kühlmitteltyp	Wasser/Glykol
Temperaturbereich	-5 °C bis +105 °C
Durchfluss	80 l/min
Kühlleistung	20 kW
Druckbereich	bis 4 bar

### Luftbereitstellung

Temperaturbereich	-5 °C bis +80 °C
Luftvolumenstrom	1.000 l/s
Kühl- und Heizleistung	20 kW
Systemdruck	45 mbar bei 1.000 l/s
Anströmquerschnitt	800 mm x 500 mm

### Kältemittelbereitstellung

Kältemitteltyp	R134a
Temperaturbereich	-10 °C bis +10 °C
Kälteleistung	0 kW bis 15 kW

## Energie folgt Effizienz

Nicht immer drehen sich Kundenprojekte um Fahrzeuge, die vom Band laufen. Manchmal geht es auch darum, dass Produktionsbänder selbst besser laufen. Besser heißt konkret höhere Stückzahlen in kürzerer Zeit bei null Ausschuss und geringerem Energieverbrauch. Unterm Strich: voll automatisierte Produktion am Limit des technisch Machbaren. Eine Herausforderung, vor der Unternehmen verschiedener Branchen stehen.

So werden in Industrieanlagen Rohlinge häufig am Anfang eines Produktionsprozesses für ihre Verarbeitung erwärmt, am Ende werden die gewonnenen Halbzeuge oder Endprodukte abgekühlt. Dass industrielle Heiz- und Kühlkreisläufe oftmals getrennt arbeiten, ist meist historisch bedingt, denn ursprünglich erfolgte die jeweilige Entwicklung getrennt voneinander. Die Porsche-Thermodynamiker führen zusammen, was zusammengehört: Mit Wärmepumpen fangen sie die im Kühlungsprozess entzogene Wärme auf und führen sie der Heizeinheit zu. Das ist nur ein Beispiel von vielen für energieeffiziente Lösungen von Porsche Engineering. ■

## Ein Thermodynamik-Prüfstand für verschiedene Kunden-Anforderungen

### Verfügbare Medien

- > Luft
- > Kältemittel
- > Kühlwasser

### Mögliche Prüfverfahren

- > Kaltwasser-Prüfverfahren
- > Warmwasser-Prüfverfahren
- > Demist- und Defrost-Prüfungen

### Flexibler Einsatz

- > koppelbar mit Elektro-Prüfstand
- > modular integrierbar in andere Prüfstände