

# Porsche Engineering

## MAGAZIN

**KUNDEN & MÄRKTE** 30 Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit mit Linde Material Handling

**PORSCHE HAUTNAH** Der neue Boxster und das Leistungssteigerungskit des 911 Carrera S

**ENGINEERING INSIGHTS** Elektromagnetische Verträglichkeit als Herausforderung in der Produktentwicklung

AUSGABE 2/2012



*Durchstarten auf der Teststrecke in Südtalien*

# NARDO!



Complete Vehicle · Styling · Body & Safety · Engine · Drivetrain · Chassis · Electrics & Electronics · Testing · Industrial Engineering · Production Engineering

**Auch wir können die Zukunft nicht vorhersagen.  
Aber täglich an ihr arbeiten.**

**Porsche Engineering**  
driving technologies



**PORSCHE**



Malte Radmann und Dirk Lappe,  
Geschäftsführer von Porsche Engineering

### Über Porsche Engineering

Zukunftsweisende Lösungen sind der Anspruch, den Ferdinand Porsche bereits im Jahr 1931 mit der Gründung seines Konstruktionsbüros verfolgt hat. Er legte damit den Grundstein für die heutige Porsche-Kundenentwicklung. Dem fühlen wir uns mit jedem Projekt, welches wir für unsere Kunden durchführen, verpflichtet.

Das Leistungsspektrum von Porsche Engineering reicht von der Konzeption einzelner Komponenten bis hin zur Planung und Durchführung von Gesamtfahrzeugentwicklungen und wird über den Automobilbereich hinaus auch in andere Branchen übertragen.

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Wir begrüßen Sie heute an dieser Stelle mit einem kräftigen „Buongiorno“, denn im Mai dieses Jahres haben wir mit dem Nardò Technical Center (Süditalien) eine äußerst spannende und traditionsreiche Prüf- und Teststrecke erworben, die das Portfolio von Porsche Engineering in idealer Weise ergänzt. Damit können wir Ihnen diese besondere Einrichtung zukünftig zusammen mit der Porsche-Ingenieurskompetenz anbieten. Erfahren Sie in dieser Magazinausgabe, was das einzigartige Prüf- und Testgelände zu bieten hat.

Wie Sie bereits bemerkt haben, hat unser Magazin ein neues „Outfit“ bekommen. Wir haben aber nicht nur dem Exterieur ein „Facelift“ gegeben, sondern möchten Ihnen auch durch neue Inhalte, wie etwa Kundenporträts, Branchentrends und vor allem noch mehr technologische Tiefe wertvolle Informationen aus der Engineering-Welt zur Verfügung stellen.

Trotz dieser Veränderungen verlieren wir Tradition und Ursprung nie aus dem Auge. Der Relaunch unseres Kundenmagazins ist einerseits Ausdruck für unsere Innovationsfreude und das stets zukunftsorientierte Handeln, macht dabei aber gleichzeitig die Kernwerte unseres Unternehmens deutlich. Beweis dafür: 30 Jahre Zusammenarbeit mit Linde Material Handling. So spiegelt diese erfolgreiche Kooperation genau das wider, was uns als Porsche Engineering auszeichnet: Zuverlässigkeit und Treue gegenüber unseren Kunden.

Freuen Sie sich auf interessante Technikthemen und Hintergrundinformationen von Porsche, kombiniert mit aktuellen Neuigkeiten aus der Engineering-Branche. Neben Nardò und dem Kundenporträt Linde stellen wir Ihnen – wie im letzten Magazin angekündigt – die Technik-Highlights des neuen Porsche Boxster vor. Darüber hinaus erhalten Sie beispielsweise durch die Artikel zum Porsche Engineering-Thermodynamikprüfstand und zur 911 Carrera S-Leistungssteigerung einen Einblick in die innovative Entwicklungsarbeit unseres Unternehmens. Überzeugen Sie sich selbst von *Porsche Intelligent Engineering*.

Wir wünschen Ihnen viel Freude mit unserem neuen Porsche Engineering Magazin!



# 22

**KUNDEN & MÄRKTE**  
**30 JAHRE ZUSAMMENARBEIT  
MIT LINDE MATERIAL HANDLING**

*Was steckt hinter dem Erfolg der langjährigen Zusammenarbeit?  
Linde-Vorentwicklungsleiter Udo Herrmann und Porsche Engineering  
Key Account Manager Fritz Müller berichten.*



## TITELSTORY

- 08 NARDÒ!**  
Einzigartige Erweiterung des Leistungsangebots von Porsche Engineering
- 14 Im Detail**  
Technische Hintergrundinformationen zum Testgelände
- 16 Signore Nobile**  
Der Geschäftsführer des Nardò Technical Centers im Gespräch

## TRENDS & TECHNOLOGIEN

- 18 ISO 26262**  
Sicherheitsstandard für die Automobilentwicklung

## KUNDEN & MÄRKTE

- 22 30 Jahre Zusammenarbeit mit Linde Material Handling**  
Alles andere als Hochstapeln

## PORSCHE HAUTNAH

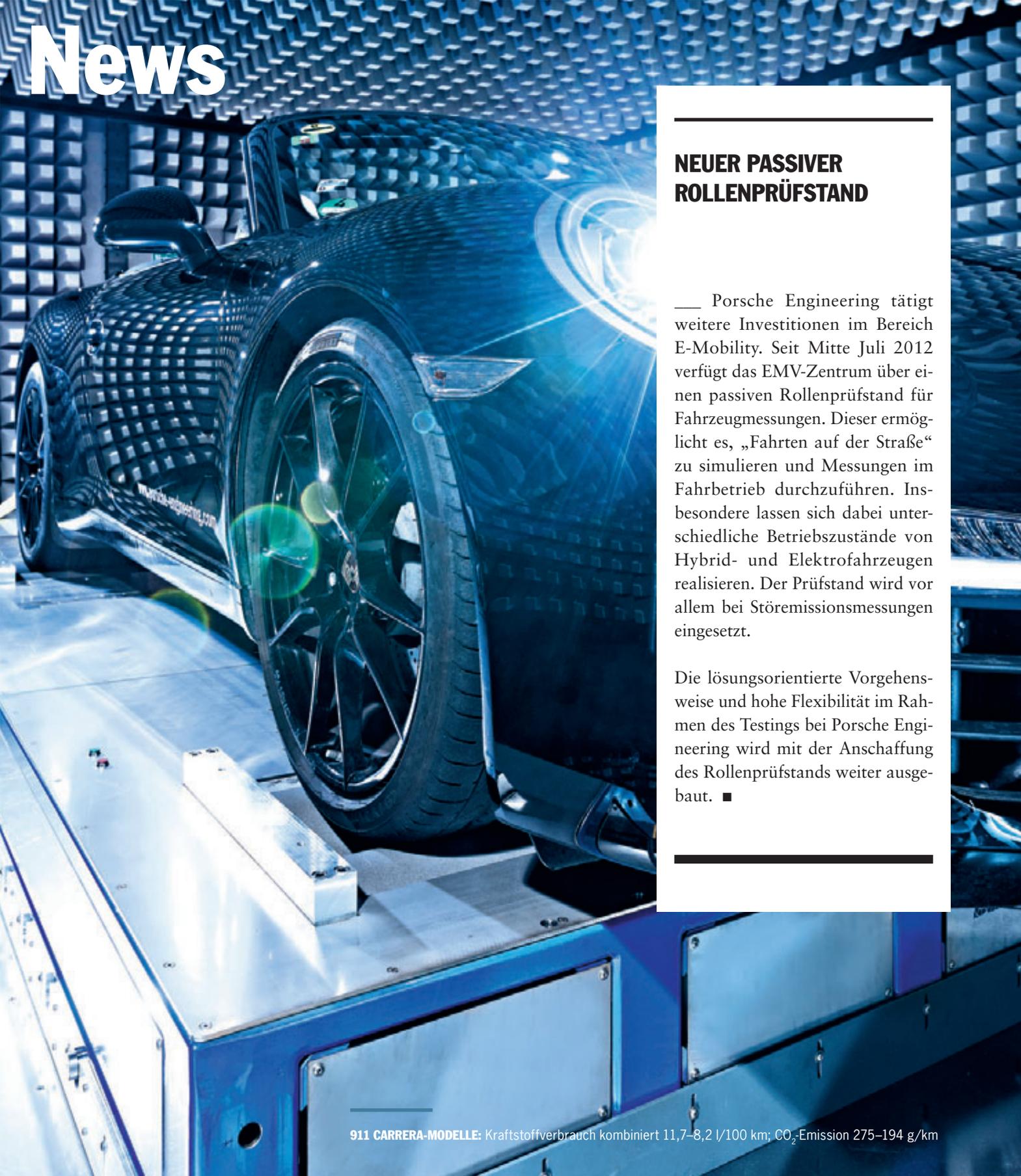
- 28 Die Leistungssteigerung des 911 Carrera S**  
Resonanzsanganlage für ein ganz neues Leistungsniveau
- 34 Die Boxster-Revolution**  
Technik-Highlights und Entwicklungsdetails des neuen Porsche Boxster

## ENGINEERING INSIGHTS

- 40 Intelligentes Thermodynamik-Testing**  
Umfassende Lösungen für thermodynamische Herausforderungen
- 44 Prototypensteuergerät**  
Schneller von der Innovation zur Serienreife
- 48 Elektromagnetische Verträglichkeit**  
Eine Herausforderung in der Produktentwicklung

- 
- 03** Editorial
  - 06** News
  - 53** Impressum
-

# News



---

## NEUER PASSIVER ROLLENPRÜFSTAND

— Porsche Engineering tätigt weitere Investitionen im Bereich E-Mobility. Seit Mitte Juli 2012 verfügt das EMV-Zentrum über einen passiven Rollenprüfstand für Fahrzeugmessungen. Dieser ermöglicht es, „Fahrten auf der Straße“ zu simulieren und Messungen im Fahrbetrieb durchzuführen. Insbesondere lassen sich dabei unterschiedliche Betriebszustände von Hybrid- und Elektrofahrzeugen realisieren. Der Prüfstand wird vor allem bei Störemissionsmessungen eingesetzt.

Die lösungsorientierte Vorgehensweise und hohe Flexibilität im Rahmen des Testings bei Porsche Engineering wird mit der Anschaffung des Rollenprüfstands weiter ausgebaut. ■

---

## FACHVORTRÄGE AN UNIVERSITÄTEN UND HOCHSCHULEN



## SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN FÜR ELEKTROFAHRZEUGE



## PORSCHE ENGINEERING AUF CTI SYMPOSIUM VERTRETEN

03.–06. DEZEMBER 2012, BERLIN



\_\_\_ Um Porsche Engineering bei Studenten vorzustellen und den jungen Talenten einen genaueren Einblick in die Engineering-Arbeitswelt zu geben, halten Porsche Engineering-Experten aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen Fachvorträge an Universitäten und Hochschulen. Im Juni etwa hielt Porsche Engineering-Projektgenieur Bernhard Mölzer an der Universität Stuttgart einen Fachvortrag zum Thema Toleranzmanagement. Auch Michael Merklinger, Leiter Human Resources, referierte an der Hochschule Pforzheim über „Strategische Personalentwicklung bei Porsche Engineering“.

Im Rahmen der Vorträge sind stets auch Mitarbeiter aus dem Personalbereich mit vor Ort, um über Einstiegsmöglichkeiten bei Porsche Engineering zu informieren. Die Studenten können somit frühzeitig Kontakt zu Porsche knüpfen. ■

\_\_\_ Im März dieses Jahres hat Porsche Engineering die Leitung des Forschungsprojekts e-generation mit der Volkswagen Konzernforschung als assoziiertem Partner übernommen. Führende deutsche Industrieunternehmen sowie namhafte Universitäten und Forschungsinstitute entwickeln darin eine neue Generation von Komponenten für Elektrofahrzeuge. Ziel ist es, die Faktoren Reichweite, Kosten und Alltagstauglichkeit zu verbessern. Darüber hinaus wird geprüft, welche Kostenpotenziale durch Modularisierung und Komponentenbaukästen erschlossen werden können. Dies ermöglicht eine Verwertung der Forschungsergebnisse auf breiter Basis. Das auf drei Jahre angelegte Projekt wird zu 45 Prozent vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Die anderen 55 Prozent des Projektvolumens werden von den Industriepartnern getragen. ■

\_\_\_ Das Internationale CTI Symposium „Innovative Fahrzeug-Getriebe, Hybrid- & Elektro-Antriebe“ mit seiner angeschlossenen Fachausstellung „Transmission Expo“ zählt zu den führenden Veranstaltungen in Europa, wenn es um die neuesten technischen Entwicklungen im Bereich der Fahrzeuggetriebe geht.

Dirk Lappe, Geschäftsführer von Porsche Engineering, wird vor Ort einen Vortrag zum Thema „Potential solutions for modern drives“ halten. Im Rahmen der Podiumsdiskussion werden die Experten der Branche gemeinsam die Herausforderungen, Strategien und neueste Entwicklungen bei Getrieben und alternativen Antrieben darlegen. Zudem können Interessierte am Porsche Engineering-Messestand neue Entwicklungen aus dem Bereich Getriebe/Antrieb entdecken und mit den Porsche-Ingenieuren ins Gespräch kommen. ■





# NARDÒ!

Ein perfektes Rund mit endlosen Möglichkeiten – das ist die Pista di Nardò in Süditalien: Die 12,6 Kilometer lange Kreisbahn mit einem Durchmesser von vier Kilometern ist durch ihre Bauweise ideal für Hochgeschwindigkeitsdauerläufe. Das ohnehin schon umfassende Angebot von Porsche Engineering wird durch diesen Rundkurs und die dazugehörigen Nebenanlagen deutlich erweitert.

Fotos: Gabriele Torsello

*Einzigartige klimatische  
Bedingungen ermöglichen*

## ERPROBUNGEN AN 365 TAGEN IM JAHR



Die apulische Sonne brennt unbarmherzig auf den Asphalt: Die Luft flirrt über der Piste, die erst auf den zweiten Blick in Richtung Horizont verrät, dass sie sich zu einem riesigen Kreis krümmt und wie ein Schüsselrand bis zu zwölf Grad nach innen neigt. „La Pista di Nardò“ – hier werden Auto-Legenden gemacht.

### Erkennungsmerkmal: Rundkurs

Der perfekte Kreis aus Teer ist seit seiner Eröffnung 1975 immer wieder Heimstätte von Rekorden gewesen: Hunderte sind es in den letzten Jahrzehnten geworden. Dabei war der Rundkurs nie Rennstrecke, sondern ist seit jeher ausschließlich zu Testzwecken verwendet worden. Die idealen Bedingungen für Tests auf den insgesamt vier Bahnen des Kreises lassen Geschwindigkeiten zu, die andernorts nur mit deutlich mehr Problemen machbar wären. Exakt 387,87 Stundenkilometer schnell war hier etwa ein Koenigsegg CCR – und das Ende Februar 2005, also im meteorologischen Winter. Und es geht sogar noch

schneller: Im Jahr 1979 erreichte etwa ein Mercedes-Benz C1 eine Geschwindigkeit von 403,98 km/h.

### Einzigartige Bedingungen

„Einer der großen Vorteile von Nardò ist das Klima: Tests können hier in Apulien ganzjährig gefahren werden, es gibt kaum Regentage oder Frost“, erklärt Francesco Nobile, Managing Director des Nardò Technical Center. Nobile kennt die Vorzüge des in Fachkreisen als schnellster Rundkurs der Welt gehandelten Kreises und von dessen Nebenanlagen. Die Kreisbahn mit ihren vier parallelen Bahnen plus innenliegender Notspur lässt Höchstgeschwindigkeitsfahrten zu, die mit geringer Vertikalbelastung und damit geringem Reifenverschleiß die rasante Fahrt beherrschbar halten: Auf der äußersten Bahn vier – wie die anderen drei Spuren ebenfalls vier Meter breit – sind dank der Innenneigung 240 Stundenkilometer möglich, ohne durch Einlenken den Kurs halten zu müssen. Bahn drei eignet sich ohne Lenkeingriff

für Tempo 193, Bahn zwei bietet durch ihre Neigung gefühlten Geradeauslauf bis Tempo 140 und die erste Bahn neben der innersten Notspur erlaubt Tempo 100 ohne Korrektur am Lenkrad. Diese gleichmäßige Bauweise mit perfekt eingehaltenem Radius und Nei-



**911 CARRERA-MODELLE:** Kraftstoffverbrauch kombiniert 11,7–8,2 l/100 km; CO<sub>2</sub>-Emission 275–194 g/km

gung der Piste schließt einseitige Belastungen während der Fahrt nahezu aus. Und selbstverständlich sind auch höhere Geschwindigkeiten möglich, ohne dass mit vorschnellem Verschleiß des Reifenmaterials durch ungünstige Streckengegebenheiten gerechnet werden muss: nämlich bis zu 500 Stundenkilometer. Der Bau der Pista di Nardò in den 70er Jahren kann daher für den damaligen Zeitpunkt als absolut visionär und vorausschauend bezeichnet werden. Denn auch im Jahr 2012 eignet sich das Gelände noch immer bestens zum Testen heutiger und zukünftiger Fahrzeuge aller Leistungsklassen. Selbst der legendäre Rundkurs im kalifornischen Fontana, der Auto Club Speedway, kann da nach Expertenmeinung nicht mithalten.

#### **Nahezu unbegrenzte Möglichkeiten rund ums Testing**

Komplettiert wird die Kreisbahn durch ihre Nebenanlagen: Eine einzigartige Handling-Bahn, welche mit Hügeln und Senken das Fahrzeugmaterial zusätzlich fordert, gehört ebenso zum Nardò Technical Center wie eine Dynamikfläche, ein

Kurs mit unterschiedlichen Belagarten, Staub- und Schotterpisten sowie eine Schallmessstrecke für unterschiedlichste Testanordnungen. Ergänzt werden diese Strecken durch die nötige Infrastruktur: Werkstätten für die Testteams, die sich auf dem Testgelände eingemietet haben, stehen auf dem insgesamt 700 Hektar großen Areal zur Verfügung.

#### **Seit jeher können alle Kunden das Gelände nutzen**

Das 1975 von Fiat eingeweihte Areal wurde 1999 vom italienischen Staat an die Gesellschaft Prototipo SpA verkauft und von dieser bis 2012 verwaltet. Die Nutzung des Areals stand immer schon allen Herstellern offen. Seit Mai dieses Jahres gehört der Komplex in der Provinz Lecce nun zum Porsche-Konzern – ist jedoch ganz in der Tradition der über 80-jährigen Geschichte der Porsche-Kundenentwicklung weiterhin für alle Hersteller nutzbar. Das Gelände rundet damit das eigene Angebot des Ingenieurdienstleisters aus der Porsche-Gruppe ab: Kunden, die auf die Entwicklerfähigkeiten der Ingenieure

von Porsche Engineering per Computersimulation, auf Prüfstände und auf die Teststrecke in Weissach zurückgegriffen haben, können nun auch auf dem Testgelände in Nardò prüfen lassen, ob ihr Produkt härtesten, realen Belastungen standhalten kann.

Vollgasfestigkeit über lange Distanzen, die Leistung von Bremssystemen, Zuverlässigkeit einzelner Komponenten im realen, integrierten Systemeinsatz, thermische Eigenschaften und vieles mehr können dank der idealen Bedingungen auf dem Nardò Proving Ground getestet werden. Die Gesamtfahrzeugkompetenz wird bei Porsche Engineering also kontinuierlich ausgebaut.

#### **E-Mobility-Testing**

Seit Juli 2012 stehen Anschlüsse mit verschiedenen Wechselströmen bis zu 125 Ampere zur Verfügung. So lassen sich im Rahmen des ganzheitlichen Testens von Elektrofahrzeugen herstellerspezifische Ladestationen betreiben. Dadurch werden nicht nur E-Mobility-Testläufe unter den extre- >





*Nicht nur Asphalt: Das Testgelände ermöglicht auch Erprobungen auf unterschiedlichsten Off-Road-Strecken*

men klimatischen Bedingungen bei bis zu 40 Grad im Schatten möglich. Die vorhandenen Lademöglichkeiten, die auf Wunsch auch auf Gleichstromladung umgestellt werden können, erlauben auch Hochgeschwindigkeitsdauerläufe mit Elektrofahrzeugen, um harte, belegbare Daten aus der Praxis zu erhalten.

#### **Auch künftig weitere Investitionen**

Die Vielfalt an Möglichkeiten auf und am Rundkurs in Nardò sind also schier unerschöpflich – zugunsten der Kunden von Porsche Engineering, die damit einen Dienstleister an ihrer Seite haben, der Entwicklung und Testing als

Komplettpaket anbieten kann, und das wie gewohnt mit höchster Exzellenz in Know-how und praktischen Testmöglichkeiten. Diese Möglichkeiten sollen in naher Zukunft noch ausgebaut werden: Belagsarbeiten sollen durchgeführt werden, die Dynamikfläche für das gefahrlose Testen von Extremmanövern könnte noch vergrößert werden und auch über einen Nass-Handlingbereich wird nachgedacht. Ziel ist es, den überlegenen Vorsprung der Pista di Nardò gegenüber anderen Teststrecken zu halten und weiter auszubauen.

#### **Jenseits des Rings – Apulien**

Während die Testanlage der Pista di Nardò schon aus technischer Sicht ein echtes Schankerl für die Automobilwelt darstellt, so bietet die Region auch abseits der Arbeit Spannendes: Das Umfeld der Pista lädt dazu ein, die regionalen Vorzüge Apuliens nach einem erfolgreichen Testtag zu erleben. Gerade mal drei Kilometer Luftlinie trennen das Testgelände vom Mittelmeer. Hotels stehen ausrei-



*100 Prozent gefordert: Testfahrt auf der Handlingstrecke*



chend und in unterschiedlichsten Kategorien zur Verfügung, ebenso lockt die berühmte süditalienische Küche.

Sehenswürdigkeiten gibt es zuhauf: Apulien ist traditionsreiches Kulturland. Ob Zeugnisse der „Magna Graecia“, der antiken griechischen Kolonien, ob Bauten aus der Zeit von Stauferkönig Friedrich II. oder Naturphänomene wie die „Gravine“, tief in das Kalkgestein der Murge eingeschnittene Täler – es gibt viel zu sehen. Dazu zählen auch die „Trulli“, die weiß gekalkten Rundbauten mit zipfelmützenartigen Runddächern aus Stein in und um Alberobello.

Die Anreise und der Transport von Gütern in die Region Apulien erfolgt am

bequemsten und schnellsten über den internationalen Flughafen Brindisi, der nur rund 65 Kilometer entfernt vom Testgelände liegt. Etwas weiter nördlich wird der internationale Flughafen von Bari von verschiedenen Airlines angefliegen. ■

**Wo das Testgelände liegt:**

40° 20' 0" N, 17° 50' 0" O



# 1 RUNDKURS



## AUTOMOBILE

**LÄNGE:** 12,6 km

**DURCHMESSER:** 4 km

**ANZAHL DER BAHNEN:**

4 (+1 Standstreifen)

**BREITE PRO BAHN:** 4 m

## NUTZFAHRZEUGE

**LÄNGE:** 12,5 km

**DURCHMESSER:** 4 km

**ANZAHL DER BAHNEN:**

2 (+1 Standstreifen)

**BREITE PRO BAHN:** 4 oder 5 m

Aufgrund seines großen Radius von 2 km können auf dem einzigartigen Rundkurs in Nardò Spitzengeschwindigkeiten mit maximaler Sicherheit gefahren werden.

Die Zentrifugalkraft wird durch das flache parabolische Profil kompensiert, wodurch ein Fahrgefühl wie auf einer geraden Strecke entsteht.

Bahn	Kurvenneigung	Kompensationsgeschwindigkeit [km/h]	Nutzung durch
III	1°48'	100 km/h	Automobile und Motorräder
II	4°30'	140 km/h	
I	8°06'	193 km/h	Nutzfahrzeuge
0	12°36'	240 km/h	
x	0°54'	84 km/h	
xx	3°36'	141 km/h	

# 2 DYNAMIKFLÄCHEN



## DYNAMIKKURS FÜR AUTOMOBILE:

- > Quadratische Fläche mit 280 m Seitenlänge
- > Zwei daran anschließende gerade Beschleunigungsbahnen mit jeweils 700 m Länge und 20 m Breite

## DYNAMIKKURS FÜR NUTZFAHRZEUGE:

- > Quadratische Fläche mit 175 m Seitenlänge
- > Zwei Beschleunigungsbahnen: 600+170 m lang

# 3 GERÄUSCHMESSSTRECKE



**LÄNGE:** 2.132 m

**BREITE:** 4 m

**FLÄCHE A:** Belag mit Splittgröße von 8 mm

**FLÄCHE B:** Belag mit Splittgröße von 14 mm

Zertifiziert gemäß ISO 10844

# 4 HANDLINGKURS



**STRECKENLÄNGE:** 6.222 m

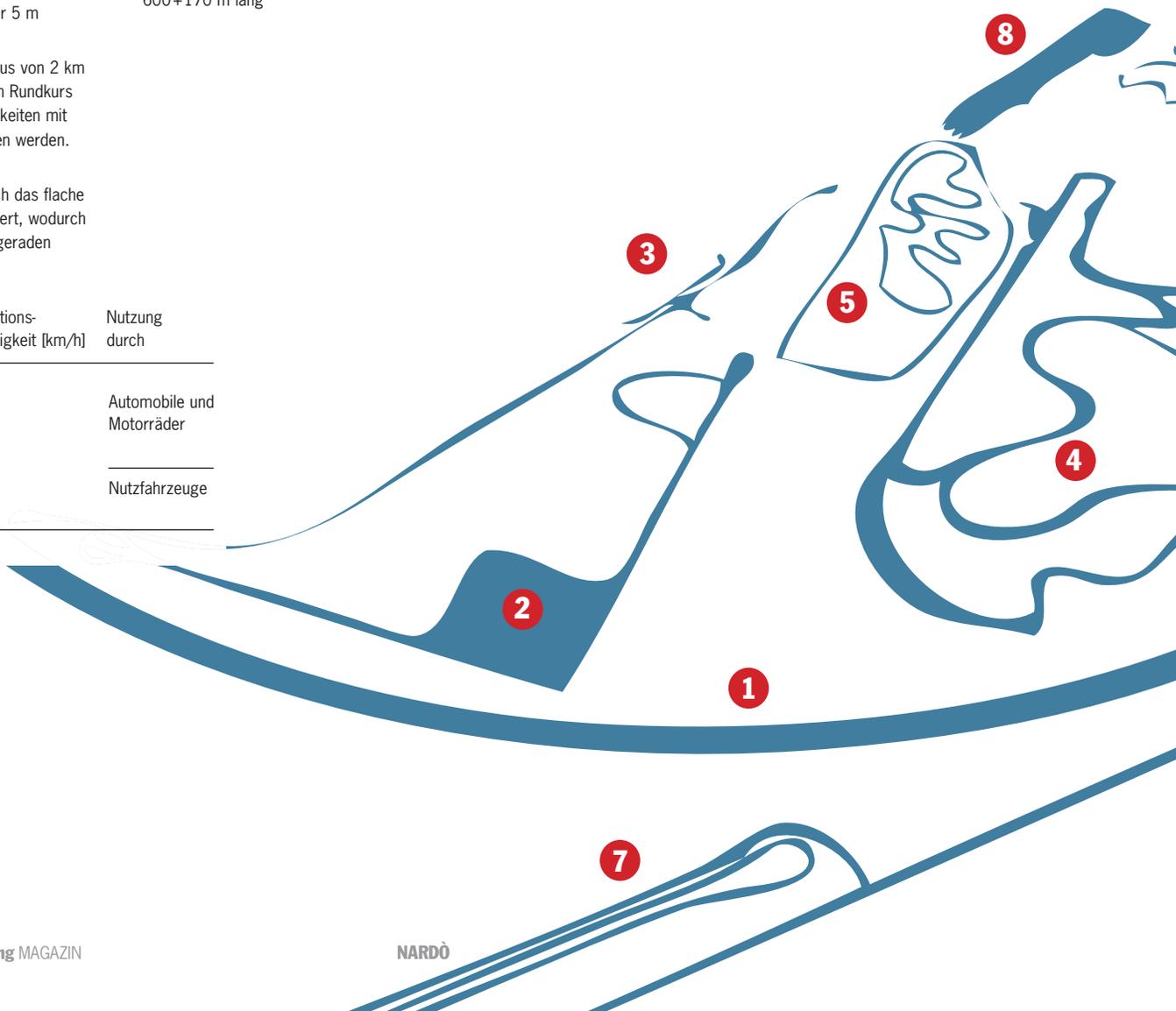
**LÄNGE DER GERADEN:** 1.000 m

**BREITE:** > 15 m auf der Geraden  
> 12,50 m restliche Strecke

**KURVEN:** > 7 Rechtskurven

> 9 Linkskurven

**QUERNEIGUNG:** ≤ 7 % (±2,5 %)  
(Längsgefälle variiert zwischen +5,78 % und -6,90 %)



# 5 SCHOTTER-STRECKEN



**LÄNGE „O“:** 2.130 m  
**LÄNGE „S“:** 2.135 m  
**BREITE:** 6 m

# 6 STRECKEN MIT SPEZIAL-BELAG



**GESAMTLÄNGE:** 1.150 m  
**GESAMTBREITE:** 4+4 m

## ZWEI BAHNEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN OBERFLÄCHEN:

- > Kopfsteinpflaster (250 m)
- > Verwindungen (40 m)
- > Belgisches Pflaster (375 m)
- > Komfort (Schlaglöcher, lange Wellen, Waschbrettspiste) 530 m

# 7 OFF-ROAD-STRECKEN

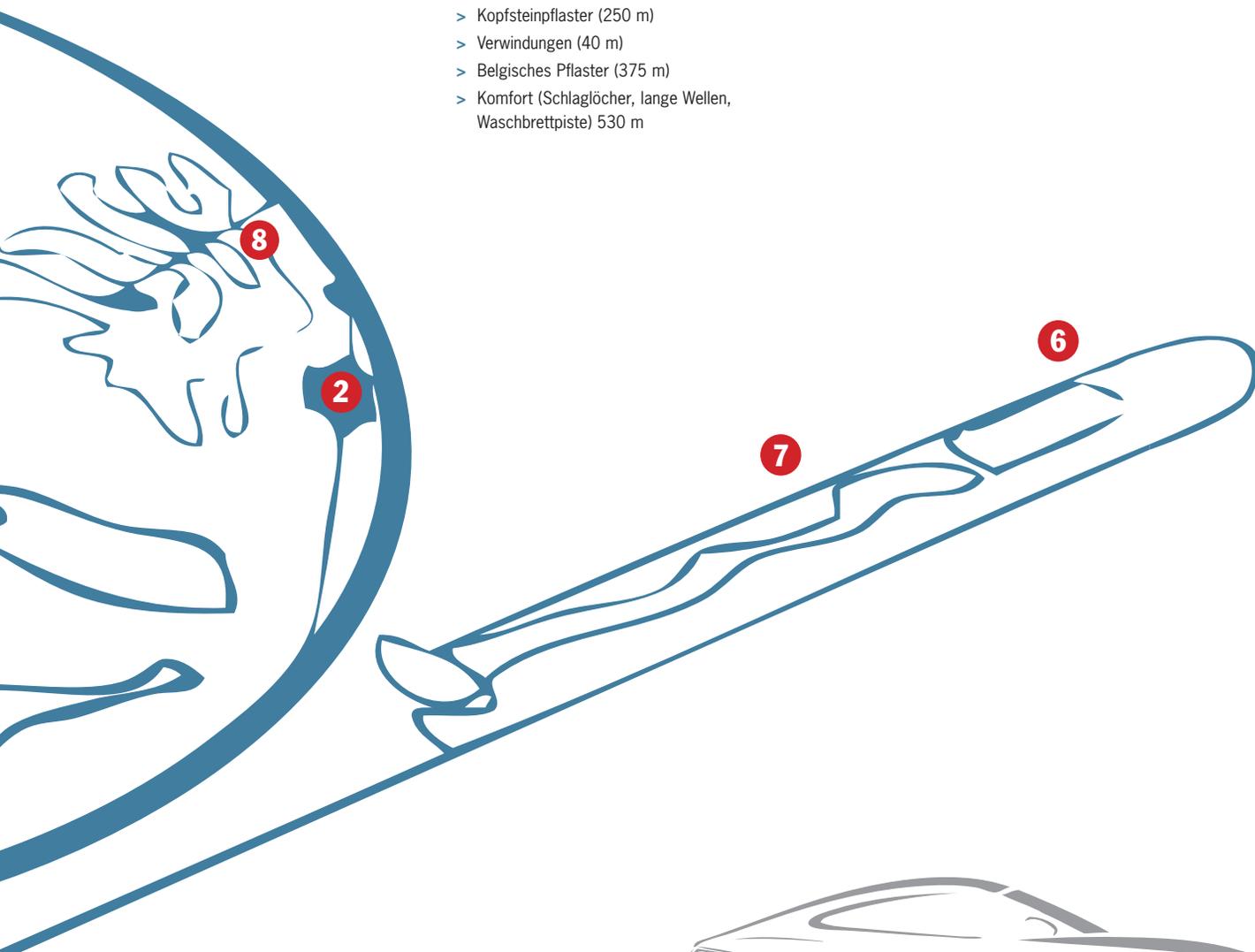


- > Gefälle im Gelände
- > „Cross-Country“-Kurs
- > Afrika-Strecke
- > Ovale Off-Road-Strecke
- > Schlammstrecke

# 8 ANDERE STRECKEN



- > Steigungshügel
- > Bordsteinerprobungsstrecke
- > Reifenbeanspruchungstests
- > Rollenbahnen
- > Bremsmessstrecke



**Nardò Technical Center**  
Porsche Engineering

# Interview

## Francesco Nobile

\_\_\_\_\_ Francesco Nobile ist seit Mai geschäftsführender Direktor des Nardò Technical Center als Teil von Porsche Engineering. Doch bereits seit Juni 2007 kennt er den Nardò Proving Ground bestens: Damals stieg er als Managing Director und Vorstandsmitglied bei Prototipo SpA ein. Nobile führt auch nach der Übernahme des Nardò Technical Center durch Porsche Engineering das rund 120 Mitarbeiter umfassende Team vor Ort weiter. Wir sprachen mit ihm über die Möglichkeiten, die Nardò zu bieten hat.

**Porsche Engineering** *Herr Nobile, was macht aus Ihrer Sicht die Einzigartigkeit der Pista di Nardò aus?*

**Nobile** Das zweifellos Einzigartige ist die Bauart dieser Strecke: Ein perfekter Kreis mit 12,6 Kilometern Umfang in Verbindung mit der ausgeklügelten Neigung der Piste für bis zu 240 Stundenkilometer Geschwindigkeit ohne Lenkeingriff, das findet man so kein zweites Mal. Die Vertikalbelastung eines Testfahrzeugs bleibt bis zu diesem Tempo niedrig, Reifen werden dadurch weniger beansprucht als zum Beispiel auf einer ovalen Rennstrecke. Und Nardò hat daneben noch viel mehr zu bieten: Etwa die Formel-1-ähnliche Handlingbahn, die mit Hügeln und Querneigungen aufwartet, führt Test-

fahrzeuge in stärkere Längs- und Vertikalbeanspruchung als eine normale, flache Formel-1-Piste. Hinzu kommen natürlich Standards wie Dynamikfläche, Pisten mit unterschiedlichsten Belägen oder die Geräuschmessstrecke ...

*Welche Gründe sprechen noch dafür, ausgerechnet in Süditalien Fahrzeuge zu testen?*

**Nobile** Mit der wichtigste Punkt ist unser Klima: Die Bedingungen in Apulien sind das ganze Jahr über ideal. Es gibt kaum Regentage und so gut wie nie Frost, das bedeutet, dass Ringbahn und andere Strecken an 365 Tagen im Jahr nutzbar sind. Zugleich bietet der heiße Sommer die Chance, Fahrzeuge und Komponenten auch

unter extremen Klimabedingungen auf ihre Standfestigkeit hin zu überprüfen. Die Entscheidung, diese Art von Teststrecke hier zu bauen, war in jeder Hinsicht visionär – bis heute ist die Pista di Nardò perfekt für das Testen von Sportfahrzeugen. Das hat sich seit der Eröffnung 1975 unter der Leitung des Fiat-Konzerns nicht geändert, auch nicht, als der Komplex 1999 an die Prototipo SpA verkauft wurde.

*Welche Möglichkeiten für die Zukunft sehen Sie für das Nardò Technical Center?*

**Nobile** Da gibt es eine ganze Menge: In naher Zukunft sind viele Optimierungen und Erweiterungen geplant. Denkbar ist beispielsweise die Vergröße-





---

## Francesco Nobile

*... ist ein intimer Kenner der Automobilbranche. So war er unter anderem Vorstandsmitglied bei der Isringhausen SpA (italienische Tochter des deutschen Herstellers von Nutzfahrzeugsitzen, 1992–1999) sowie Managing Director der Webasto Italy SpA in Mailand (1999–2007). Seit 2007 leitet Nobile die Geschäfte des Nardò Technical Center. Francesco Nobile verbrachte seine Jugend in Deutschland und spricht daher fließend Deutsch, hinzu kommen sehr gute Englischkenntnisse und Sprachkenntnisse in Spanisch. Unter anderem absolvierte er in Mönchengladbach eine Ausbildung zum Maschinenbautechniker (1982–1984). Mit der Übernahme der Geschäftsführung des Nardò Technical Center kehrte er 2007 in seine ursprüngliche Heimat am Golf von Tarent zurück.*

---

rung der Dynamikfläche, der Bau einer Spurwechselstrecke („Straight Lane“) und eines Nass-Handlingbereichs („Wet Area“) oder auch zusätzliche Werkstattbereiche, um die Nutzungsmöglichkeiten für unsere Kunden weiter zu verbessern. Belagsausbesserungen auf der Ringstrecke sind ebenfalls Thema. Hintergrund dessen ist nicht etwa die Sanierung des Testgeländes – die Anlage ist in sehr gutem Zustand. Es geht viel mehr darum, unseren Vorsprung vor anderen Teststrecken auszubauen. So stehen unseren Kunden seit Juli dieses Jahres beispielsweise Ladestationen für E-Mobility-Tests zur Verfügung.

*Verändert sich denn für die bisherigen Nardò-Kunden etwas mit der Übernahme durch Porsche Engineering?*

**Nobile** Natürlich, allerdings nur zum Positiven: Andere Automobilhersteller sind auch weiterhin herzlich willkommen, auf den Strecken hier ihre Tests durchzuführen. Wir bieten weiterhin unsere Kundenwerkstätten nach Maß, die das Arbeiten auf den Teststrecken optimal unterstützen und an die Bedürfnisse der Kunden angepasst sind. Darüber hinaus können Sie bei uns nun aber auch vom Know-how der Porsche Engineering-Experten profitieren. Entwicklung und Testing in Nardò gibt es mit Porsche Engineering als Komplettpaket. Solch eine Kombination von idealer Teststrecke und umfassender Betreuung des Kundenprojekts durch erfahrene Ingenieure, das dürfte ebenso einmalig sein wie die Pista di Nardò. ■

# ISO 26262

## Ein Sicherheitsstandard für die Automobilentwicklung

Text: Anke Schirmer

Die elektrischen und elektronischen Systeme in Fahrzeugen sind in den letzten Jahren zunehmend komplexer geworden. Sie erfüllen vielfältige sicherheitsrelevante Funktionen, ohne die ein modernes Fahrzeug nicht mehr denkbar wäre. Um potenzielle Gefahrenquellen dieser Systeme im Fahrzeug für Mensch und Umwelt zu reduzieren, wurde der neue internationale Standard ISO 26262 entwickelt, der seit November 2011 für alle Fahrzeughersteller und deren Zulieferer anzuwenden ist.

Der internationale ISO-Standard 26262 gilt seit geraumer Zeit als offizieller Status quo der Technik in der Automobilindustrie und wird dementsprechend bei allen OEMs und Zulieferern weltweit für neue und erweiterte Entwicklungsprojekte eingeführt.

Der Standard gilt für alle Serienentwicklungen von elektrischen und elektronischen Systemen in Fahrzeugen bis 3,5 Tonnen mit vier Rädern und gilt somit auch für Entwicklungen bei Porsche Engineering. Für alle Entwicklungen muss ebenfalls der Basis-Standard IEC 61508, gültig für alle E/E-Systeme außerhalb der Automobilentwicklung, beachtet werden. Beide Standards dienen der Verbesserung der Sicherheit in den E/E-Systemen. Darüber hinaus müssen sie dem Produkthaftungsgesetz Genüge tun.

### Was ist die Funktionale Sicherheit?

Unter Funktionaler Sicherheit versteht man die Definition von Anforderungen, Methoden, vorgegebenen Arbeitsprodukten und entwicklungsbegleitenden Maßnahmen, um ein tolerierbares Restrisiko aufgrund funktionaler elektrischer Ausfälle zu erreichen. Kurz: Streben nach Sicherheit. Es gilt, die Sicherheit für Mensch und Umwelt hinsichtlich der Gefährdung durch elektrische und elektronische Fehler in den

Fahrzeugen zu verbessern. Hierbei wird stets die Funktion eines Fahrzeugs als Ganzes betrachtet, nicht nur ein bestimmtes Steuergerät oder einzelne Komponenten.

### Wie wird die Einstufung der Funktionalen Sicherheit bestimmt?

Zur Identifizierung dieser sicherheitskritischen Funktionen werden für verschiedene Funktionsgruppen Gefahren- und Risikoanalysen durchgeführt. Dabei werden die Auswirkungen und die Kontrollierbarkeit der möglichen Fehler in verschiedenen Situationen des Fahrzeugs im Straßenverkehr betrachtet und bewertet. Als Ergebnis erhält man eine Einstufung des potenziellen Fehlers bezüglich der Funktionalen Sicherheit. Diese wird mit dem „Automotive Safety Integrity Level“ (ASIL) angegeben, der die Kritikalität des Fehlers beschreibt.

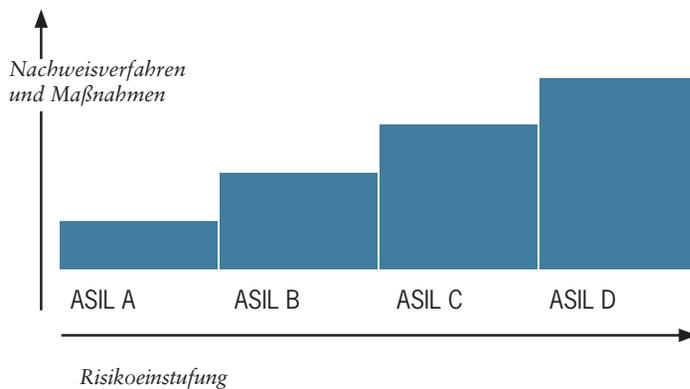
Funktional sicherheitskritische Fehler erhalten eine ASIL-Einstufung von A bis D, wobei die Einstufung D die höchste Stufe repräsentiert. Sind die möglichen Fehler als funktional unkritisch einzustufen, fallen sie in den Bereich des „QM“ (Qualitätsmanagement). Dies bedeutet, dass diese Funktionen nach den etablierten Entwicklungsprozessen und Methoden (V-Modell, Spice/CMMI, etc.) der jeweiligen Firma entwickelt werden.

## ASIL-EINSTUFUNGEN UND IHRE CHARAKTERISTIKA

- > SICHERHEITSRELEVANZ STEIGT VON ASIL A NACH D
- > ANZAHL DER GEFORDERTEN FEHLERANALYSE-VERFAHREN STEIGT VON ASIL A NACH D
- > ANZAHL DER RESTRIKTIONEN DER ZULÄSSIGEN ENTWICKLUNGSMETHODEN STEIGT VON ASIL A NACH D
- > ANZAHL DER GEFORDERTEN REVIEWS STEIGT VON ASIL A NACH D
- > GRAD DER GEFORDERTEN PERSONENUNABHÄNGIGKEIT BEIM REVIEW VON ARBEITSPRODUKTEN STEIGT VON ASIL A NACH D
- > GRENZWERTE DER ZULÄSSIGEN AUSFALLRATEN SINKEN VON ASIL A NACH D

## Automotiv Safety Integrity Level

ISO 26262



Übersichtsbild der ASIL und ihrer Aufwände bezüglich der Maßnahmen und Nachweisverfahren

### Wer kümmert sich um die Umsetzung der in der ISO 26262 geforderten Maßnahmen, Entwicklungsprozesse und Arbeitsprodukte?

Das gesamte Entwicklungsteam ist für die Umsetzung der ISO 26262 verantwortlich. Zusätzlich fordert der Standard die Rolle eines „Safety Managers“, der für die Verfolgung aller notwendigen Prozessschritte, die Einhaltung der Vorgaben und die Zusammenstellung der Arbeitsprodukte sowie deren Qualität und Inhalte verantwortlich ist.

Das Know-how aus diesen spezifischen Prozessen wird von Porsche Engineering für andere Kundenprojekte angepasst und erfolgreich eingesetzt.

### Wie wird die Funktionale Sicherheit nach der ASIL-Einstufung umgesetzt?

Für die Umsetzung der Funktionalen Sicherheit in der Entwicklung des Fahrzeugs wird ein funktionales und techni-

### Beispiele zu berücksichtigender Fahrzeugfunktionen im Rahmen der Funktionalen Sicherheit:

- > Funktionen, welche die Stabilität des Fahrzeugs beeinflussen können.
- > Funktionen, welche die Brems- und Antriebsmomente erzeugen und anfordern.
- > Funktionen, welche die Unterstützung und das Eingreifen in die Fahrzeugsteuerung ermöglichen.
- > Funktionen, welche dem Fahrer assistieren und ihn warnen.



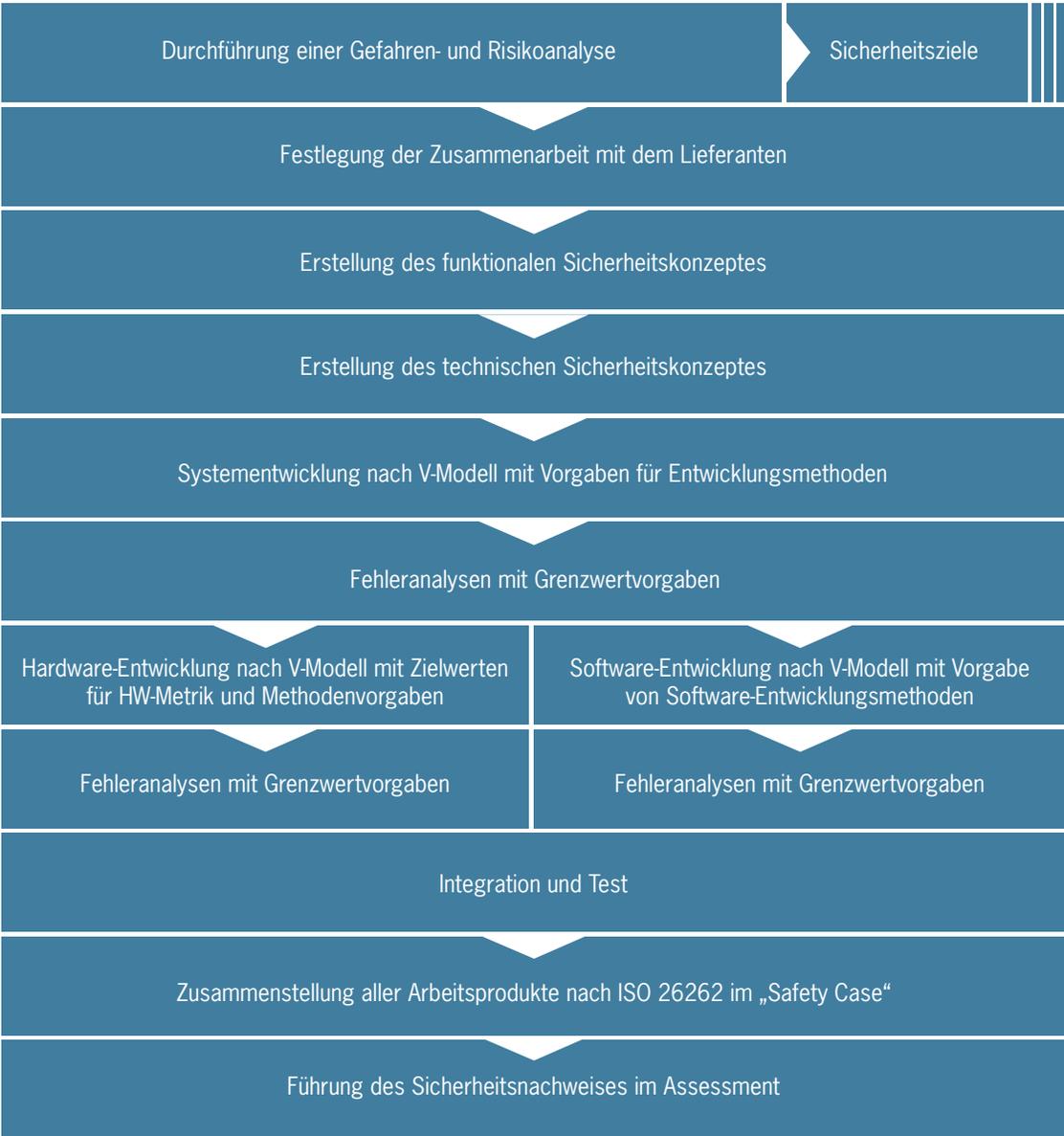
sches Sicherheitskonzept erstellt. Dieses Sicherheitskonzept bildet die Basis für:

- > die Aufteilung der Funktionen und zusätzlichen Sicherheitsfunktionen in Hardware- und Softwareteile,
- > die anzuwendenden Methoden,
- > die Fehleranalyse-Methoden (FMEA, FMEDA, FTA, etc.),
- > die notwendigen Metriken und Ausfallraten,
- > die entwicklungsbegleitenden Prozesse,
- > den Umfang von Reviews, Audits und Assessments,
- > die Auswahl und Qualifizierung von Entwicklungstools,
- > die Vorgaben an die Produktion, den Service und das Recycling.

## Zusammenfassung des Ablaufs einer Entwicklung nach ISO 26262

Definition der ISO-26262-Entwicklungsprozesse und des Zusammenarbeitsmodells innerhalb der Firma

Falls das Projekt in den Betrachtungsumfang der ISO 26262 fällt:



Diese Vorgaben gelten sowohl für den OEM als auch für jeden Lieferanten und Sublieferanten. Dabei werden die Sicherheitsanforderungen von einer Ebene an die nächste weitergegeben.

## Abkürzungen im ISO-26262-Umfeld:

---

<b>ASIL</b>	Automotive Safety Integrity Level
<b>E/E</b>	Elektrik und Elektronik (hier meist für elektrische und elektronische Systeme)
<b>FTA</b>	Fault Tree Analysis (Fehlerbaumanalyse)
<b>FMEA</b>	Failure Mode and Effects Analysis
<b>FMEDA</b>	Failure Modes, Effects and Diagnostic Coverage Analysis
<b>FuSi</b>	Funktionale Sicherheit
<b>G&amp;R</b>	Gefahren- und Risikoanalyse
<b>OEM</b>	Original Equipment Manufacturer (hier für den Automobilhersteller)
<b>QM</b>	Qualitätsmanagement

---

Die Nachweise wiederum müssen von jedem Lieferanten an seinen Auftraggeber weitergereicht und dort geprüft werden. Der endgültige Sicherheitsnachweis der Funktion im Fahrzeug wird beim OEM geführt und muss durch ein Assessment (ab ASIL B) nachgewiesen werden.

Porsche Engineering übernimmt in seiner Rolle als „Safety Manager“ genau diese Aufgaben und sorgt für die entsprechende Durchführung in den Projekten. Gleichzeitig übernehmen andere Porsche Engineering-Mitarbeiter die Moderation von Fehleranalyse-Methoden. Hierbei handelt es sich um System-FMEAs für mechatronische Systeme, Fehlerbaumanalyse als Nachweisverfahren für die Funktionale Sicherheit und als Methode zur Identifikation möglicher „Liegenbleiber“ in stark vernetzten Systemen und alle anderen Aufgaben und Rollen im Sinne der ISO 26262.

### Funktionale Sicherheit bei Porsche Engineering

All diese Aspekte der Funktionalen Sicherheit werden in den Entwicklungsprojekten von Porsche Engineering berücksichtigt und umgesetzt.

Dabei werden sowohl die funktionalen Sicherheitsprozesse von Porsche als auch die eigens für die Kundenentwicklung von Porsche Engineering definierten Prozesse angewandt. Wie

im Vorfeld erwähnt, unterscheiden sich diese. Die Aufgaben in Bezug auf funktionale Sicherheit werden teilweise aus Sicht des OEMs durchgeführt, aber auch – insbesondere bei externen Kundenprojekten von Porsche Engineering – aus Sicht des Lieferanten.

Durch die von Porsche Engineering entwickelten Tools wird die Anwendung der ISO-26262- und IEC-61508-Standards deutlich vereinfacht und vereinheitlicht. Dies spart Zeit und Kosten und reduziert die Mehraufwendungen für sicherheitskritische Systeme.

Bei den Tools handelt es sich um intranetbasierte Applikationen, welche die Projektstrukturen und deren Arbeitsprodukte innerhalb des Unternehmens projektübergreifend vereinheitlichen. Sie unterstützen die Umsetzung der Anforderungen zur Entwicklung von funktional sicherheitskritischen Systemen.

---

## Aufgabenspektrum von Porsche Engineering in Bezug auf die ISO 26262

- > DEFINITION DER PROZESSE AUS OEM-SICHT
  - > DEFINITION DER PROZESSE AUS ZULIEFERERSICHT
  - > SAFETY MANAGER
  - > FUSI-BERATER
  - > MODERATOR DER SYSTEM-FMEA
  - > MODERATOR DER FEHLERBAUMANALYSE
  - > MODERATOR DER G&R
  - > REVIEWER
  - > DURCHFÜHRUNG VON SCHULUNGEN
    - ANGEPASST AN DIE ZIELGRUPPE
    - ANGEPASST AN DIE ABTEILUNG/FIRMA
  - > TOOLENTWICKLUNG
- 

Funktionale Sicherheit ist eine zentrale aktuelle und zukünftige Herausforderung in allen Bereichen der elektrischen und elektronischen Entwicklung. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Porsche Engineering tragen durch ihre beratenden und entwicklungsbegleitenden Tätigkeiten dazu bei, das Restrisiko aufgrund funktionaler Ausfälle in E/E-Systemen signifikant zu reduzieren. Hiervon profitiert jeder Kunde, egal ob aus der Automobilindustrie oder einem anderen Bereich der E/E-Entwicklung. ■



Alles andere  
als Hochstapeln –  
**30 Jahre Zusammenarbeit  
mit Linde Material Handling**

\_\_\_\_\_ Seit über 30 Jahren kooperieren Linde Material Handling und Porsche Engineering unter anderem im Rahmen des Produktdesigns der Linde-Flurförderzeuge. Fritz Müller, ehemaliger und langjähriger Key Account Manager bei Porsche Engineering, hat diese Zusammenarbeit über viele Jahre hinweg betreut und pflegte kontinuierlich den Kontakt mit Udo Herrmann, dem Vorentwicklungsleiter bei Linde Material Handling. Um einen genaueren Einblick in die Besonderheiten dieser langjährigen Zusammenarbeit zu erlangen, haben wir die beiden Herren zum Interview gebeten.

*Interview: Frederic Damköhler, Nadine Guhl Fotos: Jörg Eberl*



### **Herr Herrmann, vor welchen Herausforderungen steht die Branche der Flurförderzeuge beziehungsweise Nutzfahrzeuge in nächster Zeit?**

*Herrmann:* Die Herausforderungen für unsere Branche ergeben sich vor allem aus den unterschiedlichen Anforderungen der Märkte. Linde möchte in den verschiedenen Marktsegmenten überall auf der Welt durchgängig auftreten. Die große Herausforderung dabei ist, den jeweils spezifischen Marktanforderungen voll und ganz zu entsprechen. In Low-Cost-Märkten geht es hauptsächlich um Funktionalität und niedrige Kosten, während in High-End-Marktsegmenten Themen wie Performance, Design und Ergonomie zusätzlich eine wichtige Rolle spielen. Hieraus ergibt sich die Schwierigkeit, mit dem jeweiligen Angebot sowohl unserem Linde-Anspruch und natürlich vor allem den Kundenerwartungen gerecht zu werden.

### **Inwiefern kann ein Entwicklungsdienstleister hier unterstützen beziehungsweise wo stößt er dabei an Grenzen?**

*Herrmann:* Lassen Sie mich an dieser Stelle direkt auf Porsche Engineering eingehen. Insgesamt bauen wir sehr gerne auf die Erfahrungen und Anregungen aus dem Automobilbereich. Stapler haben genau wie Autos meistens vier Räder. Aber hier hören die Gemeinsamkeiten bei Weitem nicht auf: Porsche Engineering ist genau wie wir international aufgestellt und bedient Kunden überall auf der Welt, >

---

#### **Udo Herrmann**

*Bevor der gelernte Kfz-Mechaniker im Jahr 1992 zu Linde Material Handling kam, studierte Udo Herrmann über den zweiten Bildungsweg Maschinenbau an der FH Darmstadt. Nach einer Anstellung im Bereich Entwicklung/Konstruktion Kurbelwellen-Schleifmaschinen bei Naxos-Union folgte der Schritt zu Linde Material Handling. Dort war Udo Herrmann in unterschiedlichen Positionen in der Entwicklung/Konstruktion unter anderem als Abteilungs- und Projektleiter tätig. Seit 2005 ist Udo Herrmann Leiter der Vorentwicklung Fahrzeuge.*

---

---

*„Die Besonderheit von Linde liegt in der Kombination aus einem hochleistungsfähigen Investitionsgut und der hochemotionalen Marke. Leidenschaft und Besitzerstolz gelten als Kernbestandteile der Marke, und genau darin liegt auch eine wesentliche Gemeinsamkeit mit Porsche.“*

---

 Dr. Ralf Dingeldein, Vertriebsbereichsleiter Neufahrzeuge bei Linde Material Handling

was in Bezug auf die bereits erläuterten Marktsegmente von großer Bedeutung ist. Wir haben enorm von der Zusammenarbeit profitiert und so innerhalb kurzer Zeit große Entwicklungssprünge aus dem Automobilbereich in unsere Branche übertragen. Die Zusammenarbeit erstreckt sich über die unterschiedlichsten Bereiche, angefangen beim Styling über IT-Anbindung bis hin zu Elektronik- oder Antriebsthemen. Grenzen in der Zusammenarbeit sind insofern gegeben, als dass sich kostenintensive Technologiethemen teilweise nur schwer in Low-Cost-Märkte übertragen lassen, da hier alles auf möglichst niedrige Herstellungskosten abzielt. In letzter Zeit zeigt sich ein gewisses Auseinanderdriften von Pkw- und Staplerwelt. Ein Stapler ist nach wie vor eine Arbeitsmaschine, wohingegen ein Pkw mehr emotional betrachtet wird. Einige Themen aus dem Automobilbereich lassen sich daher bei Flurförderzeugen nicht im gleichen Ausmaß abbilden.

**Herr Müller, erinnern Sie sich noch an Ihr erstes Projekt zusammen mit Linde Material Handling?**

*Müller:* Mein erstes Projekt mit Linde Material Handling war die zweite Generation des H30 – BR393. Die Zusammenarbeit reicht jedoch noch weiter zurück. Das allererste Kooperationsprojekt überhaupt war der H30 – BR351: ein Stylingprojekt mit dem Ziel, die reine Arbeitsmaschine in ein Fahrzeug mit gefälligerer äußerer Anmutung umzuwandeln. Seit dem damaligen Projektbeginn im Jahre 1982 existiert der noch heute geltende Rahmenvertrag zwischen unseren beiden Unternehmen.

**Gab es während dieser langen Zeit auch Schwierigkeiten in der Zusammenarbeit? Wie wurden diese gelöst?**

*Herrmann:* Grundsätzlich ist die Umstellung auf völlig neue Produktgenerationen, wie zum Beispiel auf den 39X, nie ganz einfach. Ein solcher Prozess erfordert von allen Beteiligten viel Geduld, Ausdauer und Sensibilität in der Zusammenarbeit. Hier sind kontinuierliche Anstrengungen nötig, insbesondere unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen Automobilen und Flurförderzeugen.

*Müller:* Als Ingenieurdienstleister müssen wir uns stets voll und ganz in den Kunden hineinversetzen, um seine Wünsche und Anforderungen erfassen und umsetzen zu können. Obwohl das für uns einerseits Alltag ist, werden wir damit immer wieder vor neue Gegebenheiten und Herausforderungen gestellt. Nur durch vertrauensvolle Kommunikation mit-



*Ein Erfolgsfaktor für langfristige Kundenbeziehungen: Offene und vertrauensvolle Kommunikation wird in allen Kundenprojekten großgeschrieben*

einander, die natürlich ein gewisses Maß an Sensibilität, aber auch an Offenheit voraussetzt, können Projekte gemeinsam erfolgreich bewältigt werden.

#### **Inwiefern passen Linde-Flurförderzeuge und Porsche zusammen?**

*Herrmann:* Analog der Performance, die ein Porsche auf die Straße bringt, bewegen auch unsere Stapler performant, schnell und vor allem sicher Lasten von einem Ort zum anderen. Linde und Porsche vereint zudem der hohe Qualitätsanspruch und ein einzigartiges Produktdesign. Genau wie bei Porsche sollen auch bei unseren Fahrzeugen über das spezielle Design Emotionen ausgelöst und Unternehmens-

werte wiedergespiegelt werden. Man muss dem Fahrzeug die Leistungsfähigkeit ansehen – hochwertige Qualität, Robustheit und Solidität müssen eindeutig zum Ausdruck kommen. Genau wie Porsche betreiben wir keine Verkünstelung, wo nichts dahintersteckt.

#### **Was ist das Besondere an der langjährigen Kundenbeziehung zwischen Linde Material Handling und Porsche Engineering?**

*Müller:* Ganz besonders ist das hohe Maß an gegenseitigem Vertrauen, das im Laufe der Jahre entstanden ist. Auch die Zusammenarbeit, die mittlerweile wie unter Kollegen in der eigenen Firma abläuft, schätze ich besonders. Es ›

„Wir haben enorm von der Zusammenarbeit mit Porsche Engineering profitiert und so innerhalb kurzer Zeit große Entwicklungssprünge aus dem Automobilbereich in unsere Branche übertragen.“ Udo Herrmann



handelt sich bei unserer Beziehung um keine statische Angelegenheit, wir lernen ständig dazu, Ansprechpartner wechseln, und dennoch hat sich ein hohes Vertrauen etabliert.

*Herrmann:* Man hat in dieser Beziehung keine Hemmungen, auch prekäre Themen anzusprechen. Selbst wenn Schwierigkeiten oder Probleme aufkommen, werden diese offen und gemeinsam geklärt.

*Müller:* Die Zusammenarbeit erfolgte stets auf persönlichem und direktem Wege zwischen den involvierten Fachbereichen – ohne die Zwischenschaltung von anderen Instanzen. Durch diesen direkten Draht wissen beide Seiten immer, mit wem sie es zu tun haben und wer der direkte Ansprechpartner ist.

#### **Welche Impulse erwarten Sie sich in Zukunft für Linde Material Handling durch die Zusammenarbeit mit Porsche Engineering?**

*Herrmann:* Insgesamt erhoffe ich mir weiterhin Impulse für Trends und technische Themen aus dem Automobilbereich, die auf unsere Branche übertragbar sind. Ich denke dabei besonders an solche Themen wie die zunehmende Elektrifizierung oder auch Kommunikationsmittel oder Displays, was künftig auch bei Flurförderzeugen immer wichtiger sein wird. Hier ist der Automobilbereich meist eine Generation weiter. Und nach wie vor wird sicher die Formensprache, sprich das Styling, eine wichtige Rolle spielen.

#### **Herr Herrmann, wenn Sie einen Tag lang Entwickler bei Porsche Engineering sein dürften, was würden Sie gerne entwickeln?**

*Herrmann:* Ein Tag ist leider sehr kurz, das schränkt natürlich ein ... Ich würde aber sehr gerne in die Motorenentwicklung eintauchen. Als gelernter Kfz-Mechaniker habe ich bereits bei VW, Audi und Porsche gearbeitet und habe daher eine starke persönliche Bindung zur Automobilbranche. Der Motor ist das Herz eines jeden Fahrzeugs und der Sound sowie die Leistungsfähigkeit eines Porsche 911 sorgt auch bei mir für Gänsehaut. ■

### **30 JAHRE ZUSAMMENARBEIT: LINDE MATERIAL HANDLING UND PORSCHE ENGINEERING**

Nachdem Porsche bereits Drehwerks- und Kettenantriebe für Linde konzipiert hatte, wurde der Sportwagenhersteller Anfang der 1980er Jahre mit dem Design einer neuen Generation von Gabelstaplern beauftragt. Seit damals kommt dem Thema Styling im Rahmen der Zusammenarbeit eine besondere Bedeutung zu. Das Porsche-Styling für Linde ist inzwischen zu einem vielfach preisgekrönten Markenzeichen geworden. So wurden beispielsweise die Linde-Gabelstapler jüngst erneut mit dem begehrten „red dot award for product design“ des renommierten Design-Zentrums Nordrhein-Westfalen ausgezeichnet: Die Elektro-Gegengewichtsstapler E20 – E50 erhielten 2011 diese Auszeichnung und stehen damit ganz in der Tradition der mehr als 20 Designauszeichnungen seit Beginn der Kooperation.

**911 CARRERA-MODELLE:** Kraftstoffverbrauch (in l/100km) kombiniert 11,7-8,2; CO<sub>2</sub>-Emission 275-194 g/km

## Leistungssteigerung

# 911 Carrera S

— Mit dem Individualisierungsprogramm von Porsche Exclusive/Tequipment erhält der Kunde die Möglichkeit, sein Fahrzeug ganz nach seinen Wünschen maßschneidern zu lassen. Im Rahmen dieses Programms ist die Leistungssteigerung (Leistungskit) der Seriensaugmotoren eine im Hause Porsche seit Langem gepflegte Tradition. Für den Kunden wird hier die Möglichkeit geboten, die Serientopmotorisierung hinsichtlich der Leistung nochmals zu verbessern, ohne auf die Komfortmerkmale der aktuellsten Carrera-Baureihe verzichten zu müssen.

*Text: Dirk Becker, Stephan Hübner Fotos: Jörg Eberl, Jürgen Koch*



**911 CARRERA S MIT LEISTUNGSSTEIGERUNG:** Kraftstoffverbrauch (in l/100km)  
innerorts 13,8–12,2 · außerorts 7,1–6,7 · kombiniert 9,5–8,7; CO<sub>2</sub>-Emission 224–205 g/km

Seit Juni dieses Jahres ist die Leistungssteigerung für den Motor des 3,8-Liter-Carrera S der neuen 911-Baureihe erhältlich. Die Leistung wächst von 294 kW (400 PS) auf 316 kW (430 PS) an und erreicht damit ein Niveau, das bisher ausschließlich den Fahrzeugen der GT-Baureihe vorbehalten war.

Erreicht wird dieses Leistungsziel, ohne dass die Motordrehzahl gegenüber der Serie angehoben oder das hohe Drehmoment von 440 Nm zugunsten der Mehrleistung zurückgenommen wurde. Auch weiterhin gilt die Philosophie, die Fahrcharakteristik der Carrera-Sportwagen mit druckvollem Antritt auch aus niedrigeren Drehzahlen beizubehalten.

Wie bereits im vorangegangenen Kit-Projekt für den 911 der bisherigen Baureihe wurde auch das Leistungskit für den Nachfolger in enger Zusammenarbeit der Fachabteilungen der Porsche AG und von Porsche Engineering entwickelt. Basierend auf einem Funktionsgrundkonzept, das gemeinsam definiert wurde, erfolgte die technische Umsetzung zu einem kundentfähigen Produkt durch die Ingenieure und Fachleute aus dem Standort Bietigheim-Bissingen, dem Entwicklungszentrum Weissach und dem Produktionsstandort Zuffenhausen.

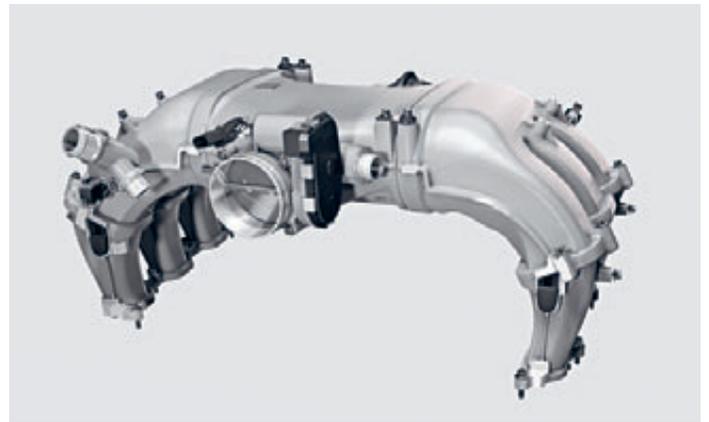
Die Übernahme des Motorhubvolumens und die maximale zulässige Motordrehzahl des Basistriebwerks bilden Randbedingungen, die sowohl aus technischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll sind.

Das Ziel – die Erhöhung der Motorleistung – ist somit durch die Erhöhung des Luftaufwandes, das heißt durch Vergrößerung der dem Motor pro Arbeitstakt zugeführten Luftmenge, zu erreichen.

Anders als bei einem fremd aufgeladenen Motor, der durch technische Hilfsmittel (zum Beispiel Turbolader, Kompressor) zusätzlich Luft in den Brennraum presst, werden für das Leistungskit physikalische Effekte, genauer gesagt Druckwellenvorgänge in der Sauganlage, ausgenutzt, wodurch bei jedem Ansaugvorgang eine zusätzliche Luftmenge in den Brennraum gelangt.

Die Leistungssteigerung für den Carrera S besteht aus einem umfangreichen Paket von Bauteilen:

Strömungsoptimierte Zylinderköpfe mit polierten Kanälen, eine doppelt schaltbare Resonanzsauganlage, Einlassnocken-



*Das Highlight der Leistungssteigerung des Carrera S ist die neu entwickelte variable Resonanzsauganlage mit 6 plus 1 schaltbaren Klappen, welche zwischen leistungs- und drehmomentoptimierten Geometrien umschalten.*

wellen mit vergrößertem Ventilhub und angepasstem Ventildruckpaket sowie eine Sportabgasanlage sind die wesentlichen Leistungsbausteine, die durch weitere neue Baugruppen im Peripheriebereich flankiert werden.

Last, but not least eine grundlegend überarbeitete Motorsteuerung (Mapping), die es erst ermöglicht, die zusätzliche Verbrennungsluft in Leistung umzusetzen.

### **Zylinderköpfe**

Erstmals kommen beim Leistungskit für den Carrera S – abweichend zum Serienmotor – maschinell polierte Gaswechselkanäle in den Zylinderköpfen zum Einsatz. Dem Poliervorgang vorgeschaltet ist eine lokale, dreistufige Kanalkonturbearbeitung, die sich bereits beim Kit des Vorgängermotors bewährt hat.

Ausgehend von einem Serienrohteil werden nach der maschinellen Bearbeitung im Einlasskanal die Gaswechselkanäle durch Strömungsschleifen entgratet und poliert. Bei diesem Vorgang wird ein pastöses Schleifmedium unter genau definierten Randbedingungen (Druck, Temperatur, Volumenstrom) durch die Kanäle gepresst. Dadurch, dass die Bewegung des Schleifmediums jener der Gasströmung gleicht, ergibt sich ein ideales, gleichbleibendes Schleifbild, das mit manueller Nachbearbeitung so nicht erzielt werden kann. Das Ergebnis drückt sich in einer weiteren Verbesserung des dimensionslosen Strömungsbeiwertes Alpha-K aus, eine >

Kennzahl für die Durchströmbarkeit der Ladungswechselkanäle. Dies führt im Zusammenspiel mit dem vergrößerten Ventilhub und der doppelt schaltbaren Resonanzsauganlage zu einer Erhöhung des Luftaufwandes.

## Sauganlage

Eine Aluminiumguss-Sauganlage mit sechs aufeinander abgestimmten, längenschaltbaren Ansaugkanälen ist wesentlich für die zusätzliche, gasdynamische Aufladung des Triebwerks verantwortlich. Für jede Zylinderbank wird mit jeweils drei Schaltklappen eine Kanalzuschaltung der Leistungskanalgeometrie zur Drehmomentkanalgeometrie und Leistungskanalgeometrie realisiert. Die Klappenansteuerung erfolgt motorkennfeldgesteuert über Unterdruckstell Dosen, die von der Unterdruckpumpe des Motors versorgt werden.

Die Kombination von Schwingrohr- und Resonanzaufladung wird so optimal ausgenutzt. Wie kein anderes Motorbauprinzip ist der Sechszylinder-Boxer hierfür prädestiniert.

Zusätzlich besitzt die Sauganlage im Sammlervolumen eine Resonanzklappe, die eine Trennung der beiden Zylinderbänke voneinander ermöglicht und so zu einem weiter verbesserten Drehmomentverlauf im Teillastbereich beiträgt.

Gegenüber der Vorgänger-Sauganlage konnte durch gezielte Leichtbaumaßnahmen circa 25 Prozent Gewicht eingespart werden. Das Ziel der allgemeinen Gewichtsreduzierung am



*Verbesserung des Drehmomentverlaufs im Teillastbereich: Die Aluminiumguss-Sauganlage verfügt im Sammlervolumen über eine Resonanzklappe, die eine Trennung der beiden Zylinderbänke voneinander ermöglicht.*

Fahrzeug wird unter anderem durch ein verbessertes Gießverfahren mit reduzierten Wandstärken (im Mittel 2,5 bis 3 Millimeter Wandstärke) erreicht, ohne hierdurch Nachteile in der Dauerhaltbarkeit in Kauf zu nehmen. Durch geeignete Konstruktionsmaßnahmen konnte die Montagezeit der Sauganlage auf dem Motor ebenfalls deutlich reduziert werden.



*Gegenüber der Serienversion (linke Abbildung) wurden die Einlasskanäle der Zylinderköpfe beim Leistungskit des 911 Carrera S zusätzlich bearbeitet und poliert (rechte Abbildung).*

## Einlassnockenwelle

Ein weiterer Baustein sind Einlassnockenwellen mit einem im Vergleich zur Serie vergrößerten Ventilhub. Diese spielen ihre Vorzüge bei hohen Drehzahlen durch eine zusätzlich in den Brennraum zugeführte Luftmasse aus und erlauben das geforderte Leistungsplus bei hohen Drehzahlen. Die aus der Serie bekannte Ventilhubumschaltung auf eine kleinere Einlassnocke für den Teillastbereich, wie sie auch beim Serienmotor verwendet wird, ist weiterhin vorhanden.

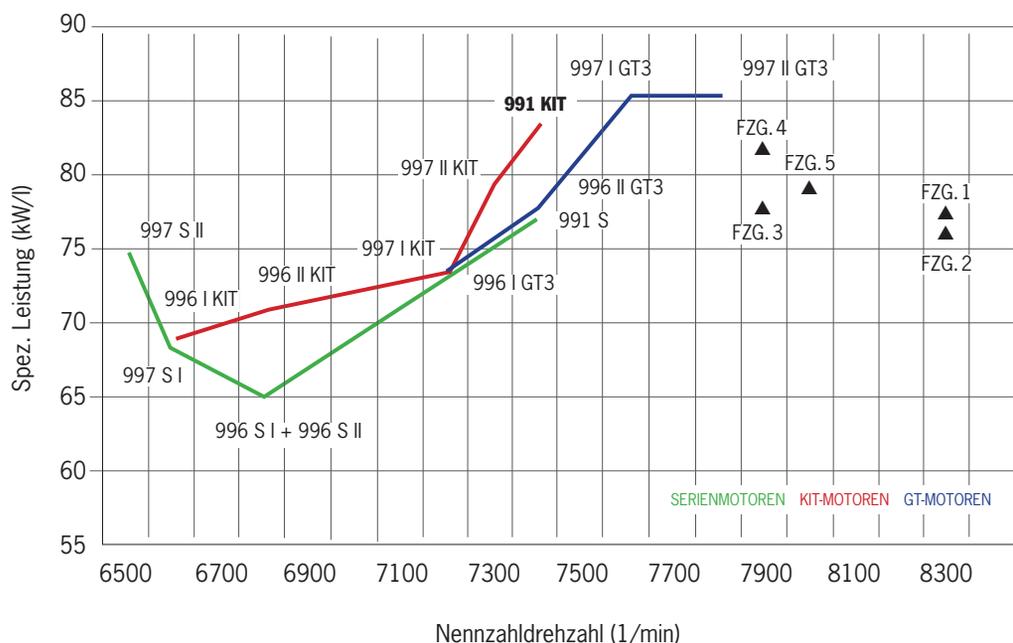
## Weitere Umfänge

Ergänzender Bestandteil des Kit-Pakets ist ein zusätzlicher Wasserkühler, der die gestiegene Wärmemenge des Aggregats sicher abführt und für einen gesunden Temperaturhaushalt sorgt. Die Sportabgasanlage entdrosselt den Abgasstrang und

begeistert mit ihrem kernigen Klang. Das Sport Chrono Paket, dynamische Motorlager und eine kitspezifische Motorabdeckung runden das Paket ab.

## Technik

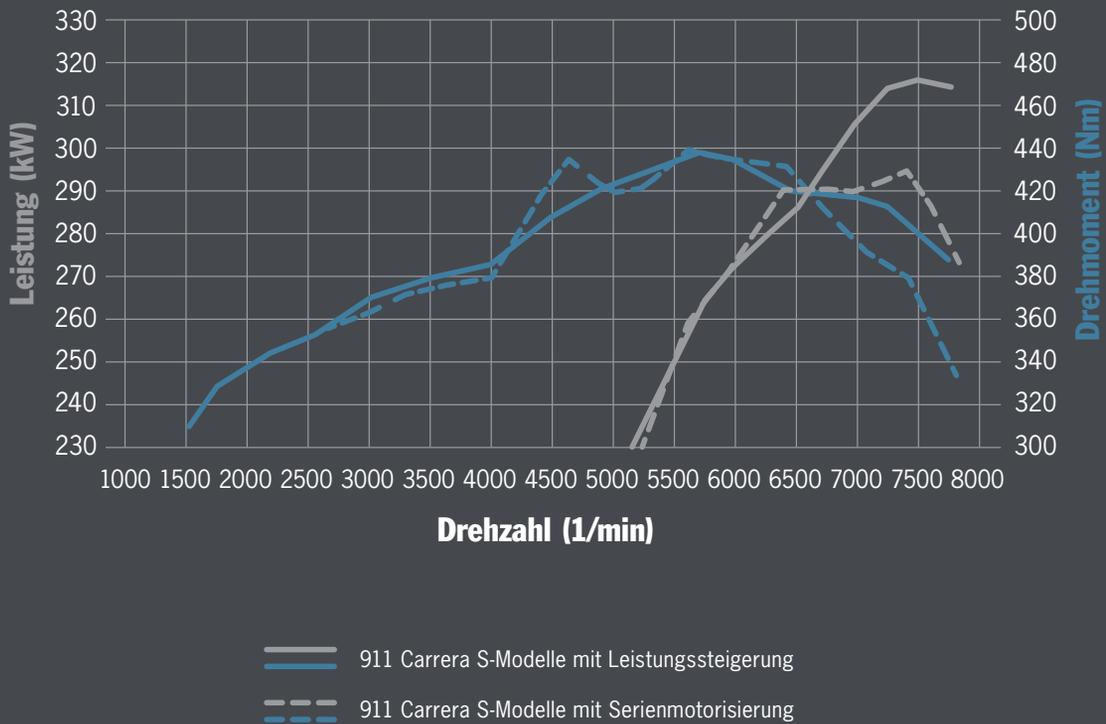
Die Literleistung des Triebwerks beträgt 83 kW/Liter (113 PS/Liter). Hier lässt sich die Besonderheit des Kits erkennen, insbesondere mit Blick auf das dafür erforderliche Drehzahlniveau. Man erkennt im Diagramm (nächste Seite), dass die hohen Leistungswerte bei Drehzahlwerten erreicht werden, die dem Serienmotor entsprechen. Es müssen somit also keine Hochdrehzahlkonzepte bemüht werden, die in ihrer Fahrbarkeit im Alltag an Attraktivität einbüßen. Dass diese Spitzenwerte ohne Mehrverbrauch (im NEFZ) gegenüber der Serienmotorisierung erreicht werden, drückt ebenfalls die Einzigartigkeit des neuen Motors aus. >



Entwicklung der Literleistung im Verhältnis zur Drehzahl der Porsche 911 Carrera-Generationen, außerdem im Vergleich zu Mitbewerbern (Fahrzeug 1-5)



Durch das Kit-Paket konnte beim neuen 911 Carrera S (Typ 991) die Leistung besonders im oberen Drehzahlbereich gesteigert werden



## Geschichtliche Übersicht der Porsche-Werksleistungssteigerungen seit der Baureihe Carrera 996

BAUREIHE CARRERA	JAHR	BASIS-MOTOR	LEISTUNG (kW)	LEISTUNGS-DELTA (kW)	LEICHTMETALL-SAUGANLAGE	MODIFIZIERTE ZYLINDERKÖPFE	DREHZAHL-STEIGERUNG	SPORT-ABGASANLAGE	VENTILE/SITZRINGE	NOCKENWELLEN	ANGEPASSTE MOTORAPPLIKAT.
991	ab 06/12	3,8l	294 auf 316	22	•	•		•		•	•
997 II	ab 06/09	3,8l	283 auf 300	17	•	•	•	•			•
997 I	ab 08/05	3,8l	261 auf 280	19	•		•	•	•		•
996 II	ab 01/02	3,6l	235 auf 254	19	•	•		•		•	•
996 I	bis 12/00	3,4l	221 auf 235	14	•	•	•		•	•	•

### Projektumfänge

Mit dem neuen Leistungskit für den Porsche Carrera S haben die Porsche-Ingenieure und -Techniker erneut unter Beweis gestellt, dass die Erhöhung der Performance nicht auf Kosten des Verbrauchs erfolgen muss. Die Entwicklung solcher Umfänge wie Resonanzsauganlage mit Schaltklappeneinheiten, Zylinderköpfe mit Kanalloptimierung, Einlassnockenwellen mit geändertem Ventilhub und einer Reihe von flankierenden Änderungen an Peripheriebauteilen von der Konzeptidee bis zur Serie wurden in einem engen Zeitplan erfolgreich abgeschlossen.

In der Frühphase des Projektes wurde das veränderte Ventiltriebskonzept an Zylinderkopf-Attrappen verifiziert. Entwicklungsbegleitend wurde eine Reihe von Vollmotoren aufgebaut, woran die Erprobung der nachfolgenden Untersuchungen durchgeführt wurde.

Egal, ob sich die Ingenieure und Techniker aus dem Hause Porsche einem Sportwagen- oder einem anderen Projekt widmen: Das Ergebnis heißt stets Porsche Intelligent Performance. ■

### Leistungssteigerung

## 911 Carrera S

#### Technische Daten:

Leistungssteigerung von 294 kW (400 PS) auf 316 kW (430 PS). Verbesserung der Beschleunigung auf 4,0 Sekunden für den Sprint von null auf 100 km/h beim 911 Carrera S Coupé mit PDK im Sport-Plus-Modus. Die Höchstgeschwindigkeit steigt auf bis zu 308 km/h (abhängig von der Fahrzeugvariante). Der Kraftstoffverbrauch bleibt trotz der Mehrleistung unverändert (im NEFZ).

---

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



# Die Boxster- Revolution

\_\_\_\_ Erstmals in der Geschichte von Porsche ist ein Generationswechsel so eindeutig und auf den ersten Blick erkennbar. Der neue Boxster besticht durch seine Leichtigkeit, die sich im Gewicht und Kraftstoffverbrauch sowie in der Schnelligkeit und Agilität widerspiegelt.



*Das neu gestaltete Heck des Boxsters:  
markant und ausdrucksstark*



Trotz seines vergleichsweise geringen Verbrauchs von weniger als acht Litern mit dem Porsche-Doppelkupplungsgetriebe (PDK) schafft es der neue Boxster, die Fahrleistung noch zu steigern. Das Prinzip Porsche Intelligent Performance wurde voll und ganz umgesetzt.

### Intelligenter Leichtbau und Design

Durch intelligenten Leichtbau konnte das Fahrzeuggewicht trotz gestiegener Anforderungen an Sicherheit und Torsionssteifigkeit im Vergleich zum Vorgängermodell um 35 Kilogramm reduziert werden. Somit ist der neue Boxster der leichteste Sportwagen seiner Klasse mit einem Leistungsge-  
wicht von nur 5,69 kg/kW (Boxster S).

Auch in Sachen Design wurden umfassende Änderungen vorgenommen. Völlig neu gestaltet ist das Heck des Boxsters. Den alten Verdeckkasten sucht man vergebens. Der moderne Heckflügel mit integrierten Heckleuchten verbindet eine ausdrucksvolle Kante über die gesamte Fahrzeugbreite und die darunterliegende zentrale Leuchteinheit. Die neuen, komplett in LED-Technik ausgestatteten Heckleuchten sind durch ihre um die Fahrzeugecke herumgezogene Form perfekt in das Heckteil integriert. Abgeschlossen wird das Heck durch neu gestaltete Endrohre, die tief und zentral liegen. Typisch für das weiterentwickelte Design ist die Schulterlinie, die aus dem stark nach oben gewölbten Kotflügel bis ins Fondseitenteil läuft. Besonders charakteristisch ist der neue dynamische Einzug in der Tür, der die Ansaugluft zum markanten Einlass im Fondseitenteil führt. Man sieht, wo das Herz des Roadsters schlägt. Die Proportionen haben sich nachhaltig verändert. Der Radstand ist um 60 Millimeter gewachsen

*Die groß dimensionierten Lufteinlässe geben dem Boxster einen kraftvollen Ausdruck*

# 5,69 kg/kW

*Der neue Boxster ist der leichteste Sportwagen seiner Klasse*

und die Spurweite vorn um bis zu 40 sowie hinten um bis zu 18 Millimeter, wodurch die Räder bündig mit der Karosserie abschließen.

### Motor und Getriebe

Mit dem neuen Porsche Boxster wird die dritte Generation des Mittelmotor-Roadsters aufgelegt. Der klassische Sechszylinder-Boxer-Motor macht den Zweisitzer zu einem Musterbeispiel an Performance und Effizienz. Dabei wird das Prinzip des Downsizings berücksichtigt und der Hubraum bei gesteigerter Leistung und abnehmendem Verbrauch reduziert. Die Antriebe beider derzeit verfügbaren Boxster-Modelle sind nun mit Benzin-Direkteinspritzung, Thermomanagement, Bordnetzrekuperation und Auto-Start-Stopp-Funktion versehen. Sie sind damit einerseits noch leistungsstärker als bisher und andererseits um mehr als 15 Prozent sparsamer. >





Das neue Fahrwerk führt zu höherer Agilität und Fahrstabilität

## Fahrwerk und Bremsen

Die Agilität und Sportlichkeit ist dem Boxster durch den Mittelmotor schon in die Wiege gelegt. Durch das neue Fahrwerk wird das Niveau jedoch nochmals auf eine neue Stufe gehoben. Durch die breitere Spur und den gewachsenen Radstand wird eine noch bessere Fahrstabilität und Agilität gewährleistet, was regelmäßig aus Test- und Vergleichsfahrten auf der Nürburgring-Nordschleife hervorgeht. Hier liefert der neue Boxster eine um 12 Sekunden schnellere Zeit als ein vergleichbar ausgestattetes Vorgängermodell und kann mit 7:58 Minuten erstmals die 8-Minuten-Marke knacken. Dabei wird höchste Fahrperformance durch das weiterentwickelte Porsche Active Suspension Management, die dynamische Motorlagerung und das Porsche Torque Vectoring gewährleistet. Das intelligente Zusammenwirken der Hinterachsquersperre mit radselektiven Bremsengriffen, eine Zusatzfunktion des Porsche Stability Managements, führt durch gezielte Bremsengriffe am kurveninneren Hinterrad zu einem verbesserten Lenkverhalten und einer exakteren Lenkpräzision des Fahrzeugs.

Darüber hinaus wird auf die Funktion Segeln vom neuen 911 Carrera zurückgegriffen. Das Prinzip, Motorleistung nur dann abzurufen, wenn sie auch tatsächlich gebraucht wird, übernimmt der Boxster in Verbindung mit dem PDK-Getriebe. Durch das antriebslose Rollen beziehungsweise Segeln, bei dem der Motor im Leerlauf mit entsprechend niedrigem Verbrauch läuft, können auf 100 Kilometer bis zu einem Liter eingespart werden.

Ein leistungsfähigeres Fahrwerk erfordert auch eine optimierte Bremsanlage – eine Selbstverständlichkeit bei Porsche. Umgesetzt wurden neue, steifere Bremsattel an der Vorderachse, eine verbesserte Belagführung und größere Bremsfläche. So wurde beispielsweise die Bremsscheibenkühlung optimiert und zur Steigerung der Verkehrssicherheit ein pulsierendes Bremslicht installiert, welches aktiv wird, sobald die ABS-Regelung eingreift.

## Veränderung der Leistungsdaten mit der neuen Fahrzeuggeneration des Boxsters

Boxster	Neu (Typ 981)	Bisher (Typ 987)	Δ
Hubraum	2.706 cm <sup>3</sup>	2.893 cm <sup>3</sup>	-187 cm <sup>3</sup>
Leistung	195 kW (265 PS) bei 6.700/min	188 kW (255 PS) bei 6.400/min	+7 kW (10 PS)
Drehmoment	280 Nm bei 4.500–6.500/min	290 Nm bei 4.400–6.000/min	-10 Nm
Verbrauch mit PDK	7,7 l/100 km	9,1 l/100 km	-1,4 l/100 km (-15,4 Prozent)

911 CARRERA-MODELLE: Kraftstoffverbrauch kombiniert 11,7–8,2 l/100 km; CO<sub>2</sub>-Emission 275–194 g/km

## Verdeck

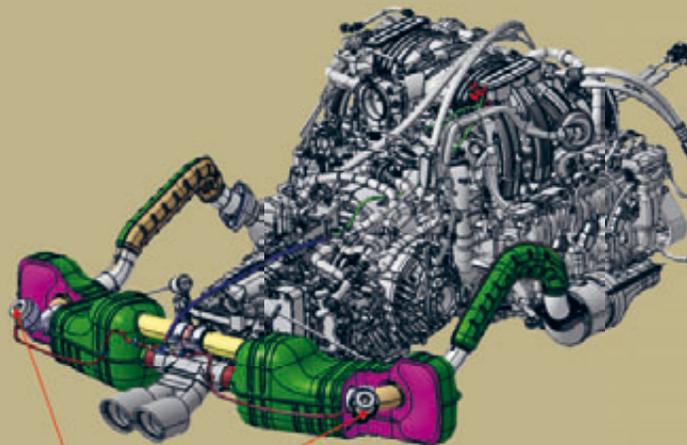
Für noch mehr Komfort sorgt die neue vollautomatische Verdeckbetätigung. Das Verdeck öffnet und schließt nun mittels zweier Elektromotoren vollelektronisch in weniger als neun Sekunden bei einer Geschwindigkeit von bis zu 50 km/h. Durch den neuen Verdeckstoff in Akustikausführung konnte außerdem eine Absenkung der Innengeräusche von rund 75 Dezibel auf 71 Dezibel bei 100 km/h erreicht werden, was einer gefühlten

Halbierung des Pegels entspricht. Im Zuge der neuen Dachgeometrie wurde der vordere Magnesium-Dachrahmen so vergrößert, dass er in geöffnetem Zustand den Verdeckkasten abdeckt, sodass ein Deckel komplett entfallen konnte – wieder ganz nach dem Prinzip des intelligenten Leichtbaus. ■

[www.porsche.de/Boxster](http://www.porsche.de/Boxster)

## Porsche (Sound) Engineering und der neue Boxster

*Die für die Sounderzeugung maßgeblichen Abgasklappen werden mittels Unterdruck aus dem Motorbereich gesteuert*



Unterdruckgesteuerte Abgasklappen

Die Sportabgasanlage, die optional zum neuen Boxster entweder direkt ab Werk oder auch als Nachrüstumfang angeboten wird, wurde von Porsche Engineering in enger Zusammenarbeit mit den Abgas- und Akustikexperten aus dem Entwicklungszentrum Weissach entwickelt. Bei dieser Sportabgasanlage wird der Abgasstrom, abhängig von der Fahrsituation (Fahrzeuggeschwindigkeit, Motordrehzahl, Gang), bei Bedarf nicht vollständig durch den jeweiligen Endschalldämpfer geleitet, wie das bei der Serienausführung der Fall ist, sondern teilweise über ein entsprechend ausgeführtes Rohrleitungssystem am Dämpfungsvolumen vorbei direkt in die Umgebung ausgestoßen. Dabei spielt die richtige Aufteilung und Leitung des ungedämpften und auch des gedämpften Abgasstroms eine entscheidende Rolle für die Erzielung des

Porsche-typischen Sounds. Gesteuert wird der Soundeffekt durch kennfeldgesteuerte Abgasklappen im Abgasstrom, die mittels Unterdruckansteuerung aus dem Motorunterdrucksystem betätigt werden (siehe Abbildung). Durch die Betätigung der entsprechenden Sport-Taste in der Fahrzeugkonsole lassen sich die Klappen auch während der Fahrt mechanisch öffnen oder schließen, ganz nach dem jeweiligen Wunsch des Fahrers. Dabei wird durch ein entsprechend ausgeführtes Klappenkennfeld die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Geräuschgrenzwerte sichergestellt. So ist ein Öffnen der Klappenanlage im innerstädtischen Bereich oder im Stand beispielsweise ausgeschlossen, auch wenn der Fahrer eine entsprechende Tastenanforderung über die Konsole einleiten möchte.

# 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.

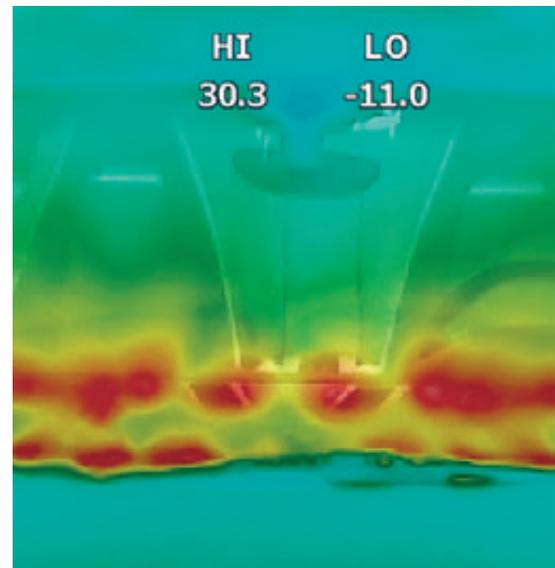
Alle Systeme und Komponenten, die davon durchströmt werden, können auf dem Prüfstand analysiert werden – und dies nicht nur thermodynamisch, denn der Thermodynamik-Prüfstand ist mit einem Batterie-Prüfstand koppelbar. Hierfür simulieren die Porsche-Ingenieure das gesamte Fahrzeug um die Batterie herum, 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 Entfrostonung 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

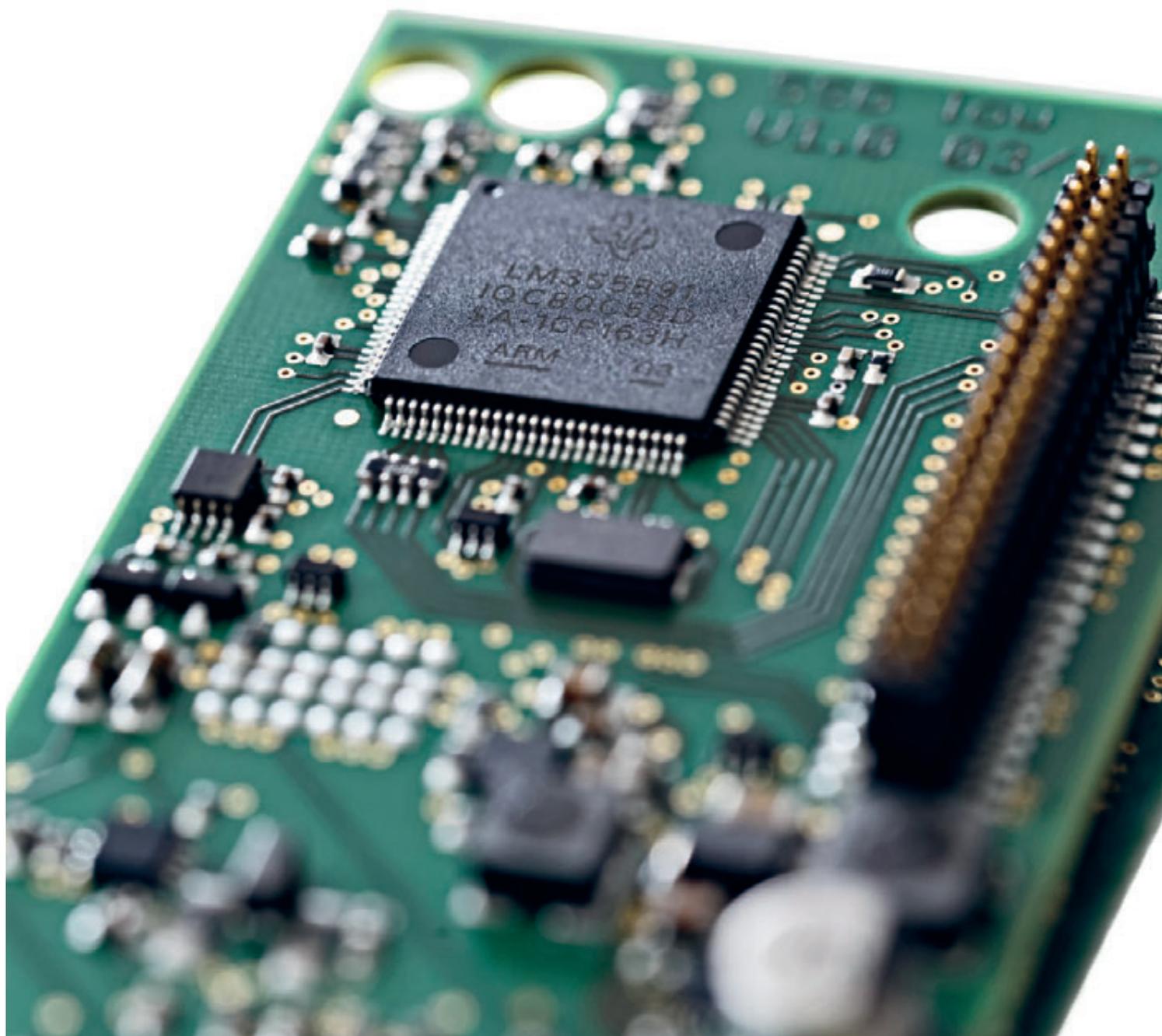
### Flexibler Einsatz

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

# Prototypensteuergerät

\_\_\_ In der Automobilindustrie ist heutzutage der Einsatz von Prototypensteuergeräten zur Entwicklung neuer Fahrzeuge und Produkte gängige Praxis. Porsche Engineering bietet durch eine anforderungsorientierte Hard- und Softwareplattform die jeweils geeignete Lösung für unterschiedlichste Einsatzgebiete.

*Text: Norbert Nentwig, Ulf Schlieben, Jens Müller, Andreas Müller Fotos: Jörg Eberl*



Um sich im Wettbewerb behaupten zu können, ist es für ein Unternehmen wichtig, kontinuierlich und auf schnellem Wege Innovationen für Fahrzeuge zu entwickeln und diese zur Serienreife zu bringen. Eine entsprechende Umsetzung erfordert schlanke Produktentstehungsprozesse mit geeigneten Toolketten. Porsche Engineering kann hierfür zukünftig mit den modular aufgebauten Prototypensteuergeräten eine flexible und kostengünstige, aber auch robuste Lösung für jeden Anwendungsfall anbieten.

### Warum eine Porsche Engineering-eigene Prototypenhardwareplattform?

Elektronische Steuergeräte in Fahrzeugen sorgen für einen verbesserten Komfort, dienen der Sicherheit und reduzieren die Umweltbelastung. Um all diese Funktionen abbilden zu können, sind immer mehr Steuergeräte nötig und die Notwendigkeit des Informationsaustausches nimmt zu. Während des Entwicklungsprozesses werden in der Prototypenphase sehr viele Tests, Simulationen und Messungen durchgeführt, um dann in mehreren Iterationsschritten eine Ab-

bildung der gewünschten Funktion auf der vom Zulieferer gebauten Zielhardware zu erhalten. Um diesen Prozess abzukürzen und sobald wie möglich unter realen Bedingungen im Fahrzeug eine Verifizierung der Simulation durchführen zu können, wurde die Entwicklung einer kostengünstigen Prototypenplattform ins Leben gerufen.

### Welche Vorteile bieten die Prototypensteuergeräte von Porsche Engineering?

- > kostengünstige Hardware
- > Komplettlösung: „Alles aus einer Hand“
- > flexible und offene Architektur durch den Einsatz von Standardkomponenten

### Wie sieht der modulare Aufbau der Plattformen aus?

Als Basis der Steuergeräte werden die Prozessorfamilien der ARM-Cortex-Reihe verwendet, die eine große Bandbreite an Leistungs- und Funktionsumfang bieten. Die Basis-Software, Treiber

und Schnittstellen sind hierbei für alle Prozessoren gleich, was den Entwicklungsaufwand deutlich vereinfacht. Die Einsatzbereiche unterteilen sich nach Leistung, Handhabung, Sicherheit und Umweltparameter.

Die untenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die verschiedenen Eigenschaften der Schnittstellen-Steuergeräte (im Folgenden SSG genannt) vom Typ SSG-LOW, SSG-MID und SSG-HIGH. Zum Verständnis der Hardware- und Software-Struktur werden am Beispiel des SSG-LOW nachfolgend die Eigenschaften und Besonderheiten erklärt.

### Schnittstellen-Steuergerät LOW

Das SSG-LOW deckt das untere Leistungsspektrum der Steuergeräte-Plattform ab, hierzu gehören Themen wie Sensorauswertung, Sensorsimulation, Nachbildung von LIN-Knoten, Loggerfunktionalität und die Nachbildung von Diagnose-Tester-Funktionen. Des Weiteren ergibt sich dadurch die Möglichkeit, kundenspezifische Hardwareerweiterungen zu implementieren. >

FUNKTIONALITÄT	SSG-LOW	SSG-MID	SSG-HIGH
Basis-IO	■	■	■
Individual Software	■	■	■
Matlab/Simulink	—	■	■
HMI/Display	—	■	—
Umweltbedingungen	Innenraum	Innenraum	Motorraum
Sicherheit			IEC 61508 SIL 3 ISO 26262 ASIL D
Anwendung	Sensoren, HW-Gateway, Diagnose	Logger, Netzwerk-Gateway, HMI, Simulationen	Getriebe, Motor, Batterie- management, EV-Manager

Aktuell ist eine Version mit On-Board-Diagnose-(OBD-)Steckergehäuse fertiggestellt und bereits im Einsatz.

### Hardware-Beschreibung

Das SSG-LOW besteht aus einer Grundplatine und einem Erweiterungsboard (siehe Abbildung unten). Auf der Grundplatine befinden sich der Prozessor, die Hardwareein- und -ausgänge sowie die Spannungsversorgung. Auf dem aktuellen Erweiterungsboard für das OBD-Steckergehäuse (siehe Abbildung rechte Seite oben) befinden sich ein Bluetoothmodul zur Kommunikation sowie ein Micro-SD-Kartenslot, um Logging-Funktionalitäten abbilden zu können. Das Erweiterungsboard ist über einen 50-poligen Stecker angebunden und kann an spezielle Kundenwünsche angepasst werden. Momentan befindet sich eine Variante für den

Einbau in ein Aluminiumgehäuse in der Entwicklung.

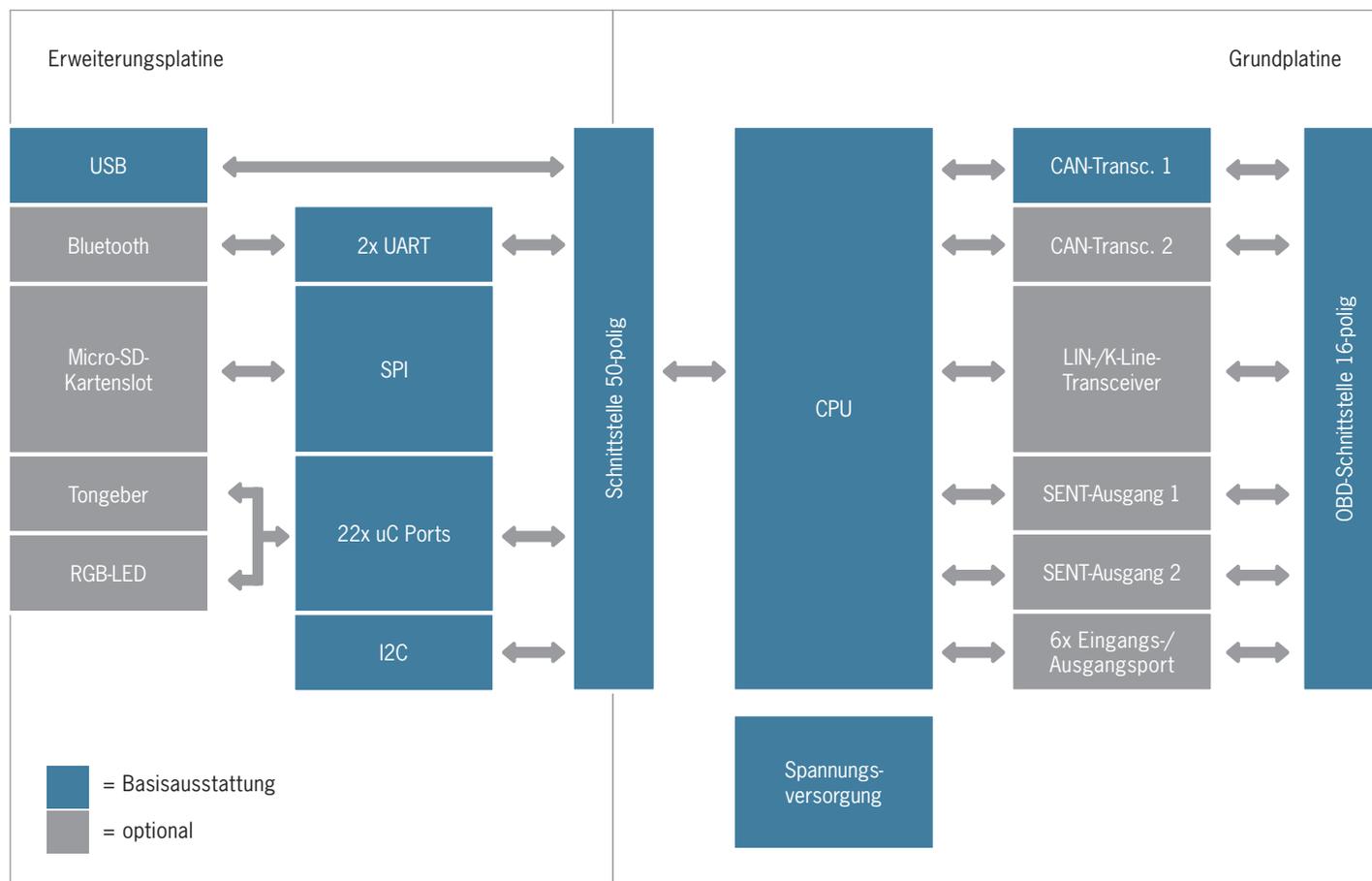
### Software-Beschreibung

Unter anderem durch die Komplexität moderner Mikroprozessoren ist eine flexible und modulare Softwarearchitektur erforderlich, die folgenden Anforderungen gerecht wird:

- > strukturierter Software-Entwurf
- > Wiederverwendbarkeit von Komponenten
- > hardwareunabhängiger Funktionsentwurf (separiertes Verhalten von der Hardware-Architektur)
- > Portierbarkeit der Funktionen auf unterschiedliche Hardware-Plattformen ohne Codeänderung
- > Verwendung von Hersteller-Bibliotheken

Die Software für den ARM-Cortex-M3-Prozessor des Schnittstellensteuergerätes LOW ist nach dem Prinzip einer Softwarebibliothek entwickelt worden. Jeder Hardwarebaustein hat seine eigenen Initialisierungen und Funktionen, sodass die benötigte Hardware je nach Bedarf angesprochen werden kann. Durch diesen Schritt ist es für zukünftige Entwicklungen mit gleicher Prozessorarchitektur problemlos möglich, auf bestehende Funktionen zurückzugreifen und diese einzusetzen.

Aufgrund der modularen Hardware kann die Grundplatine inklusive Spannungsversorgung, CAN, LIN, SENT und Prozessor auch in anderen Hardwareentwicklungen eingesetzt werden. Unter Zuhilfenahme der Softwarebibliothek sind Grundfunktionen schnell eingebunden und die eigentliche Funktionsentwicklung kann priorisiert werden.

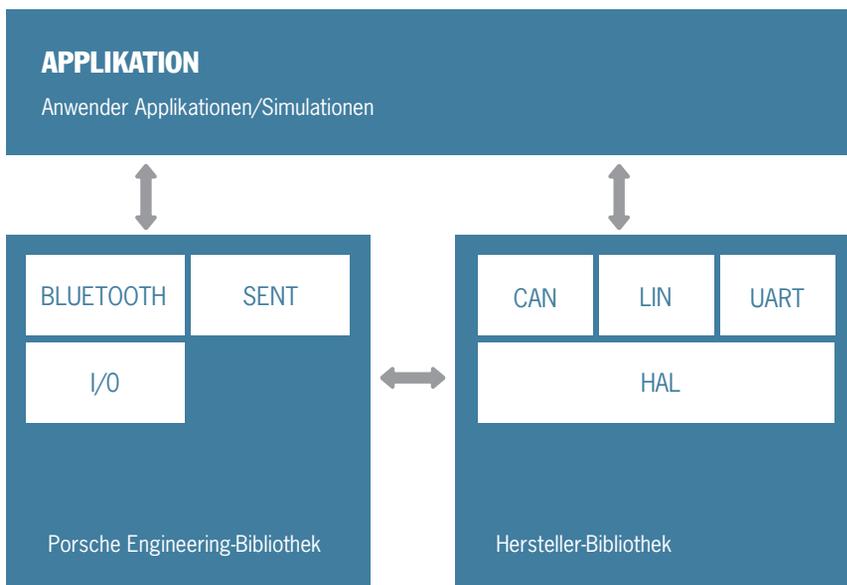


Blockschaltbild des SSG-LOW, bestehend aus einer Grundplatine und einem Erweiterungsboard



OBD-Gehäuse und -Innenleben

## Softwarearchitektur



Da jedes Projekt auf die eigens für das SSG-LOW entwickelte Bibliothek zugreift, werden Änderungen sofort übergreifend wirksam. Das Einbinden neuer Projekte ist durch diese Vorarbeit mit geringem Aufwand umsetzbar.

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des SSG-LOW entsteht parallel zur Embedded Software auch eine Windows-Oberfläche zum Verwalten der einzelnen Softwarestände und zur Dokumentation der bereits eingesetz-

ten Geräte. Durch einen integrierten Bootloader lässt sich ein älterer Softwarestand jederzeit updaten. Weitere Funktionen der Windows-Oberfläche sind beispielsweise Funktionstests, die Überwachung der Abläufe oder das Anzeigen von Betriebszuständen.

Zum jetzigen Entwicklungsstand sind mit dem SSG-LOW fünf verschiedene Projekte umgesetzt. Dazu zählt unter anderem das Starten der Kraftstoffvorförderpumpe per Diagnosebefehl, das Aktivieren beziehungsweise Deaktivieren des Rollenprüfstandsmodus für Allrad- und Heckbetrieb, die Simulation eines Steuergerätes und auch die Einbindung in die Software „TargetSetup-Center“. ■

**911 CARRERA-MODELLE:** Kraftstoffverbrauch kombiniert  
11,7–8,2 l/100 km; CO<sub>2</sub>-Emission 275–194 g/km



# Elektromagnetische Verträglichkeit in der Produktentwicklung

\_\_\_ Porsche Engineering verfügt am Standort Bietigheim-Bissingen über ein eigenes Zentrum für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Zentrum), das vielfältige Möglichkeiten für EMV-gerechte Entwicklungen bietet. Über den Automotive-Bereich hinaus werden Tests für Kunden aus unterschiedlichen Branchen wie zum Beispiel der Industrie-, Medizin- und Haushaltstechnik durchgeführt.

*Text: Jan Spindler, Ralf Fanz, Florian Dietze Fotos: Jörg Eberl*

Bedingt durch die wachsende Zahl an elektronischen Baugruppen und Funkdiensten im Alltag hat die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Für elektronische Systeme gelten gesetzliche und kundenspezifische Anforderungen, die sicherstellen, dass sie erstens ihre elektromagnetische Umgebung nicht unzulässig stören und zweitens unempfindlich gegenüber Störungen anderer Systeme und Einrichtungen sind. Abhängig von Einsatzumgebung und Kunde müssen Grenzwerte im Bereich der Störabstrahlung und Anforderung bezüglich des Prüflevels bei der Störeinkopplung erfüllt werden.

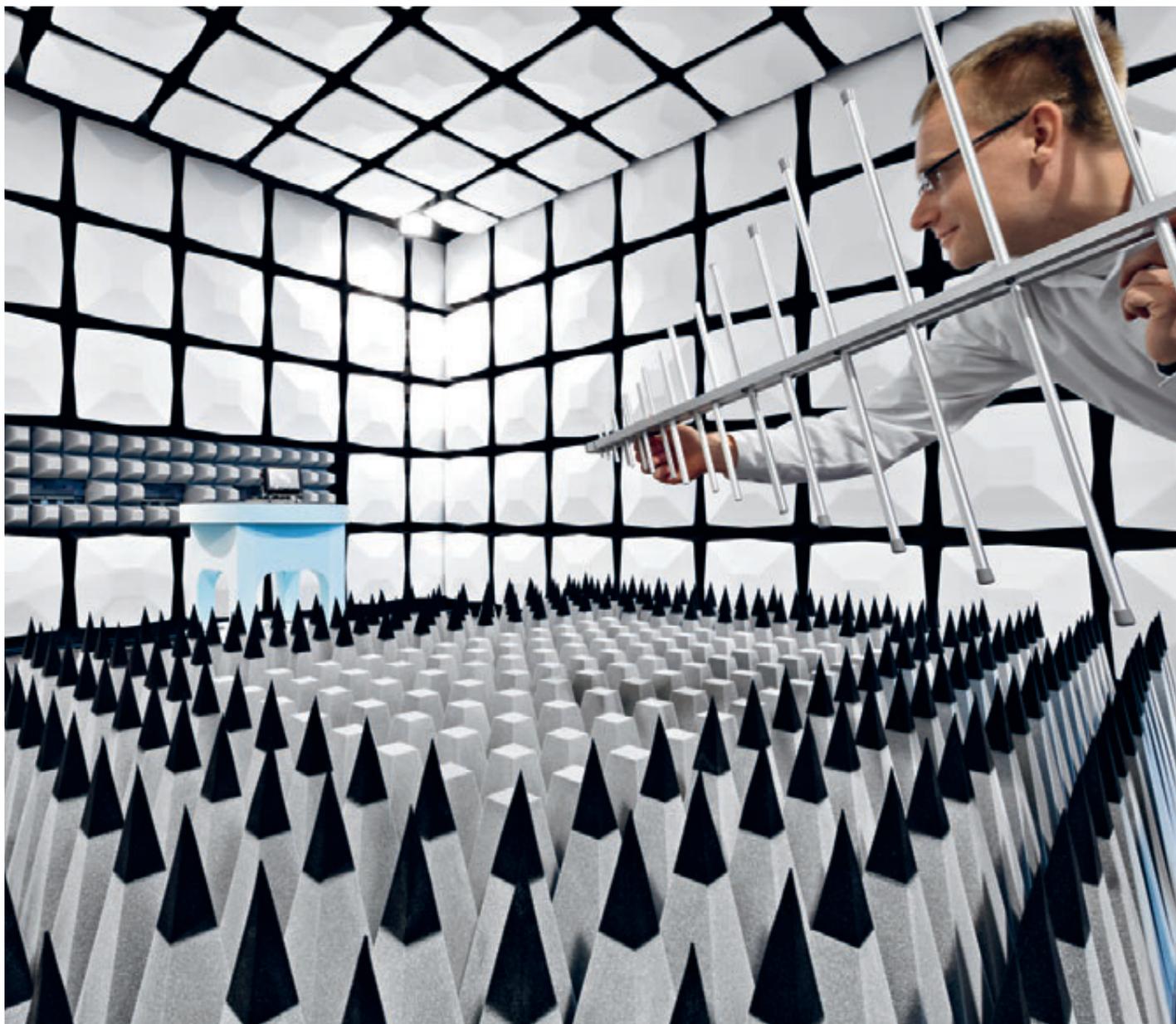
## EMV als Stärke verstehen

Die Abnahmemessung ist ein Kriterium für die Marktfreigabe. Um die problemlose und pünktliche Markteinführung eines Produktes sicherzustellen, sollten entsprechende Anforderungen und Kriterien von Anfang an im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden. So lassen sich zeitintensive Nachbesserungen und Verifikationsmessungen vermeiden, was letzten Endes zu Wettbewerbsvorteilen führen kann. Werden Probleme erst im fortgeschrittenen Entwicklungsprozess ermittelt, sind Änderungen schwerer umsetzbar. >



## EMV-Fahrzeugmessung

Eines der alltäglichen Messverfahren ist die Störemission-Fahrzeugmessung. Vom Porsche Communication Management über GPS-Antenne und TV-Modul wird alles unter die Lupe genommen. Hierfür stehen bei Porsche Engineering zwei moderne Messwarten zur Verfügung. Mithilfe des Rollenprüfstandes können Tests bei Geschwindigkeiten bis zu 50 km/h durchgeführt werden.



*In der Vollabsorberhalle wird eine Störausstrahlungsmessung durchgeführt*

Im Idealfall können die EMV-Störungen durch Schirmmaßnahmen und einfache Filter reduziert werden. Greifen diese Maßnahmen nicht, müssen Redesigns erfolgen. Die umfangreichen Anpassungen und Nachmessungen führen zu nicht miteinkalkulierten Kosten, welche erfahrungsgemäß exponentiell steigen, je später ein EMV-Problem erkannt wird.

### **Integration in den Entwicklungsprozess**

Üblicherweise liegt der Fokus der Entwicklung auf der Funktionalität. Oft ist zu Beginn einer Entwicklung noch nicht klar, welche Anforderungen für den Zielmarkt gelten und

welcher Umfang erfüllt werden muss. Trotzdem sollte das Thema EMV von Anfang an bedacht werden. Unabhängig von den geltenden Grenzwerten können grundlegende Aspekte beachtet werden. Dazu zählen Platinenlayout und -aufbau, die Auswahl der Bauelemente und ein durchgängiges Massekonzept. Durch intensive Vorarbeit können oft Schwachpunkte in dieser frühen Phase aufgedeckt werden. Der Umfang, die geltenden Normen, Grenzwerte und Anforderungen sollten baldmöglichst definiert werden. Idealerweise erfolgt das in Form eines Lastenheftes oder Anforderungskatalogs. Langfristig fließen die über die Zeit gewonnenen Erkenntnisse in verschiedenste Projekte ein und können schließlich zu einer gesamtheitlichen Verbesserung beitragen.

## Porsche Engineering als Entwicklungspartner

In einer Vielzahl von Projekten hat das Porsche Engineering EMV-Zentrum bereits seine Stärke als zuverlässiger und flexibler Partner unter Beweis gestellt. Das Ziel des Zentrums ist es, Probleme aufzudecken und zu dokumentieren und folg-

---

*Das Besondere ist die langfristig ange setzte Begleitung von Kundenprojekten.*

---

lich die entsprechenden Maßnahmen zur Optimierung oder Abhilfe zu entwickeln. Die Ansätze zur Störeranlyse müssen dabei nicht immer einer Norm entsprechen. Um Störquellen zu finden und Koppelwege zu erkennen, wird teilweise

*Die neue Generation des 911 Carrera Cabriolet wird auf dem Rollenprüfstand getestet*



Messequipment eingesetzt, das von den Porsche-Ingenieuren eigens auf die individuellen Bedürfnisse angepasst wird. Darüber hinaus können spezielle Aufbauten für applikationsrelevante Umfänge eingesetzt werden. Durch das umfangreiche Repertoire an Entstörmaterialien kann verschiedensten Ansätzen nachgegangen und deren jeweilige Wirkung sofort in der Absorberhalle geprüft werden.

Das Porsche Engineering EMV-Zentrum kann sowohl die klassische Layout-Beratung durchführen, ein Review bezüglich des Testplans zur Verfügung stellen oder beim Aufbau eigener EMV-Kompetenzen unterstützen.

Für die Mitarbeiter des EMV-Zentrums stehen die individuelle Beratung der Kunden und die schnelle und lösungsorientierte Bearbeitung der Projekte im Fokus der täglichen Arbeit. Das Besondere am EMV-Zentrum in Bietigheim-Bissingen ist die langfristig ange setzte Begleitung von Kundenprojekten. Von der ersten Idee bis zur Qualifikation und zur Serie – das komplette Spektrum kann aus einer Hand angeboten werden. ■

*Ein Ingenieur wertet Messergebnisse aus*



# EMV-Engineering-Seminar



Analyse der Störquellen mit Untersuchung der Koppelpfade an einer Fahrzeugkomponente

Im März dieses Jahres fand bei Porsche Engineering erstmalig ein In-house-Seminar zum Thema elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) statt, welches in enger Kooperation mit der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG durchgeführt wurde. Mit 28 Entwicklern aus den verschiedensten Bereichen der Elektrik- und Elektronikentwicklung widmete man sich einen ganzen Tag der EMV. Ziel der Veranstaltung war es, den Besuchern einen Einblick in die EMV-ge-

rechte Entwicklung zu geben und Ansätze zu präsentieren, die sie in ihrem Alltag umsetzen können.

## Grundlagen der EMV

Mittels verschiedener praxisnaher Beispiele wurden den Seminarteilnehmern die theoretischen Aspekte der EMV und Entstörung erläutert und dazugehörige Maßnahmen präsentiert. In verschiede-

nen Kurzvorträgen stellten die Mitarbeiter von Porsche Engineering die wesentlichen Unterschiede zwischen der EMV im Industrie- und im Automobilbereich dar. Bei Letzterem wurde zusätzlich zwischen Komponentenebene und Gesamtfahrzeug unterschieden.

Im anschließenden Workshop waren die Seminarteilnehmer persönlich gefordert und setzten die Theorie direkt in die Praxis um. Innerhalb des EMV-Labors galt



## Leitfragen zur Vorbereitung auf eine erfolgreiche EMV-Messung

---

- > Existiert ein eindeutiger Prüfplan?
  - > Sind die Betriebszustände für die jeweiligen Verfahren definiert?
  - > Wie können die Betriebszustände realisiert werden?
  - > Was gilt es bei Störfestigkeitstests zu überwachen und wie ist dies zu realisieren?
  - > Welches Equipment ist für die Messung notwendig (Kabelbäume, Überwachungstools, Peripherie)?
  - > Wie muss der Prüfaufbau definiert werden?
  - > Wie ist das Massekonzept realisiert?
- 

dieser Punkte oft die Durchlaufzeit im EMV-Labor erheblich.

### Feedback

Das Seminar ermöglichte einen intensiven Austausch zwischen EMV-Experten und Entwicklern. Über die Vorträge und den Workshop hinaus war ausreichend Zeit für persönliche Gespräche, um direkt vor Ort Fragen zu beantworten und besondere Herausforderungen, mit denen die Teilnehmer bereits konfrontiert wurden, zu diskutieren. Aufgrund des positiven Feedbacks ist eine Neuauflage des Seminars geplant. ■

es, drei Stationen zu durchlaufen. Dabei wurden an Messaufbauten für Industrie- und Gesamtfahrzeuge Tipps und Tricks erläutert. Großes Interesse galt der Station „Strukturiertes Vorgehen zur Entstörung“. Hier wurde am Prüfling die strukturierte Vorgehensweise zur Störereanalyse präsentiert und ebenso das verwendete Messequipment vorgestellt.

Auch wenn dies aufwendig erscheint, so reduziert sich durch Berücksichtigung

## IMPRESSUM

# Porsche Engineering

MAGAZIN

AUSGABE 2/2012



### HERAUSGEBER

Porsche Engineering Group GmbH  
Porschestraße  
71287 Weissach  
Tel. +49 711 911 0  
Fax +49 711 911 8 89 99  
Internet: [www.porsche-engineering.de](http://www.porsche-engineering.de)

### REDAKTIONSLEITUNG

Frederic Damköhler

### REDAKTION | KOORDINATION

Nadine Guhl

### GRAFISCHE GESTALTUNG

VISCHER&BERNET, Stuttgart

### ÜBERSETZUNG

RWS Group GmbH, Berlin

### GESAMTHERSTELLUNG

Henkel GmbH Druckerei, 70499 Stuttgart

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers. Für die Rücksendung unverlangt eingegangener Fotos, Dias, Filme oder Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden. Porsche Engineering ist eine 100%ige Tochtergesellschaft der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG.



Porsche empfiehlt **Mobil 1**

Mehr unter [www.porsche-consulting.com](http://www.porsche-consulting.com)

**Unternehmen.**

**Sportwagen.**

**Die Nase vorne hat am Ende, wer am effizientesten fährt.**

**Porsche Consulting.**



**PORSCHE**