

Porsche **Engineering** Magazine

Kupplung aus Keramik:

Porsche entwickelt mit der PCCC (Porsche Ceramic Composite Clutch) eine Weltneuheit und setzt sie serienmäßig im Supersportwagen Carrera GT ein.

Fahrwerk für Rollstuhl:

Der Elektro-Rollstuhl der Firma Alber setzt in seinem Segment neue Maßstäbe. Porsche Engineering war maßgeblich an der Entwicklung des Fahrwerks beteiligt.

Gesamtfahrzeug im Fokus:

Porsches Kompetenz bei der Entwicklung von Hochleistungsvarianten wird besonders am 911 GT3 RS deutlich, der speziell für den Motorsport ausgerüstet wurde.

Die Porsche Engineering Group GmbH (PEG), ein Tochterunternehmen der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, ist für die weltweiten Auftrags-Entwicklungsaktivitäten des Sportwagenbauers verantwortlich.

Porsche ist der einzige Automobilhersteller, der sein umfassendes Engineering-Wissen internationalen Kunden aus verschiedenen Branchen zur Verfügung stellt. Gemeinsam mit den Tochtergesellschaften im In- und Ausland bietet

die Porsche Engineering Group weltweit Engineering rund um die Themen Automobil und Transport unter der gemeinsamen Marke Porsche Engineering an.

Editorial
Seite 4



Drivetrain

Die Keramik-Kupplung
– eine Weltneuheit
von Porsche
Seite 5

Testing

Body & Safety



Reine Renntechnik
für Fahrspaß und
Sicherheit
Seite 9

Engine



Chassis

Für Abenteuer
bestens gewappnet
Seite 14

Porsche Engineering kann dabei auf Ressourcen von über 3.000 Mitarbeitern aus den Bereichen Konstruktion, Prototypenbau, Erprobung, Fertigungsplanung, Beschaffung, Logistik oder Produktion zurückgreifen.

Sie möchten mehr über Porsche Engineering erfahren?
Fordern Sie unsere Imagebroschüre per Mail an:
stefanie.landberger@porsche.de



Insights

Der neue Porsche 911 geht mit zwei Varianten an den Start
Seite 21



Electrics & Electronics

Complete Vehicle

Industrial Engineering

Styling

Production Support

Kompetenz in Sachen
Gesamtfahrzeug-
entwicklung
Seite 17

Special

Konstruktion
und Erprobung
seit 30 Jahren
„unter einem Dach“
Seite 22

Liebe Leser,

Leichtbau. In dieser Ausgabe stellen wir Ihnen die innovative Karosseriestruktur des Carrera GT aus Kohlefaserwerkstoffen vor. Im Rahmen der Entwicklung haben unsere Ingenieure bestehende Technologien weiter optimiert und viel Neues ausprobiert. Neben dem Monocoque wurde erstmals ein Aggregateträger aus CfK für ein Serienfahrzeug entwickelt – alltags-tauglich.

auch in der aktuellen Ausgabe präsentieren wir Ihnen eine kleine Auswahl von Projekten aus der Porsche Entwicklung. Porsche Engineering steht für innovative Lösungen. Lösungen, die wir auch Ihnen, unseren Kunden, anbieten. Denn warum sollten Sie das Rad neu erfinden?

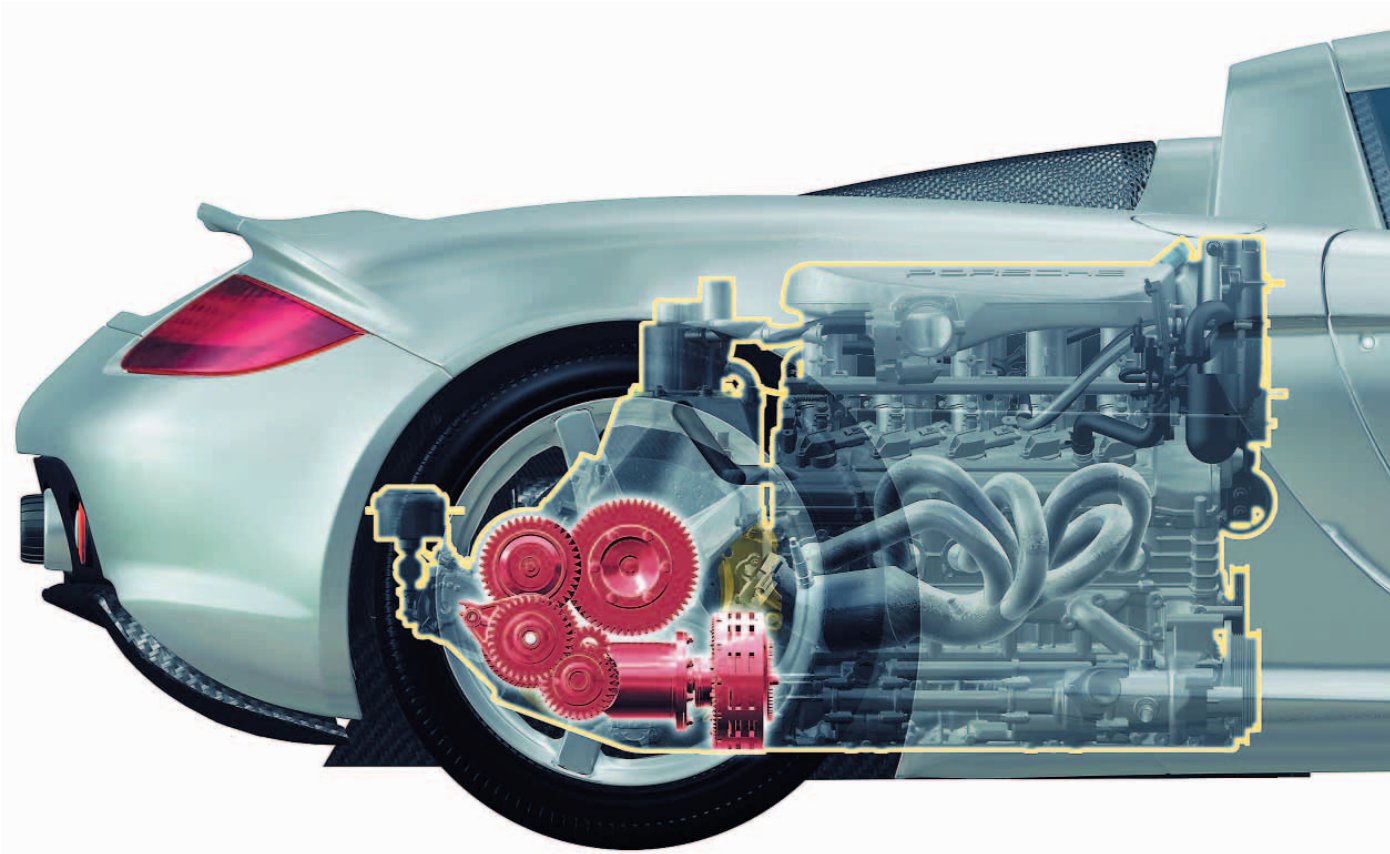
Tiefbau. Ein anderes technologi-sches Highlight ist die neue Porsche Ceramic Composite Clutch (PCCC), die zunächst speziell für den Carrera GT entwickelt wurde. Neben der Gewichtsoptimierung konnte das Antriebsaggregat mög-lichst tief positioniert werden. Voraussetzung dafür war aber eine kleine Kupplung. Auch hier steht die Alltagstauglichkeit im Mittelpunkt.

Hochleistung. Porsche Engineering ist seit vielen Jahren Partner inter-nationaler Fahrzeughersteller, wenn es um die Entwicklung von Hoch-leistungsvarianten von Serienfahr-zeugen geht. Frühe Beispiele sind der Audi RS2 oder der Mercedes-Benz 500E in den 90er Jahren. Anhand des aktuellen 911 GT3 RS zeigen wir die besonderen Heraus-forderungen bei der Entwicklung eines Hochleistungsderivates auf der Basis eines Serienfahrzeugs auf.

Querdenken. Auch eine Eigenschaft die unsere Kunden bei uns schätzen. Wir entwickeln nicht nur Automobile, sondern auch eine Reihe von ande-ren Produkten. Ein Bereich ist die Medizintechnik. Bei der Fahrwerks-entwicklung für einen Elektro-Roll-stuhl führten die Erfahrungen aus dem Automobilbereich zu erstaun-lichen Ergebnissen.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Die Keramik-Kupplung – eine Weltneuheit von Porsche



Die Keramik-Kupplung macht einen besonders tiefen Aggregateschwerpunkt möglich.

Der Supersportwagen Carrera GT wurde weltweit als erstes Serienfahrzeug mit der Keramik-Kupplung PCCC (Porsche Ceramic Composite Clutch) ausgerüstet. Die von Porsche entwickelte Zweischeiben-Trockenkupplung erfüllt die im Rennsport typischen Ansprüche: kleiner Durchmesser und geringes Gewicht bei gleichzeitig langer Haltbarkeit.

Bei der Entwicklung des Carrera GT hatte sich Porsche ehrgeizige Ziele gesetzt: Ausgehend von Rennfahrzeug-Konzepten wollte man einen alltagstauglichen Supersportwagen auf die Straße bringen, der in Kleinserie produziert werden konnte. Ein zentrales Thema war dabei unter anderem auch die Kupplung. Möglichst leicht sollte sie sein

und einen kleinen Durchmesser haben, weil bei einem Fahrzeug der Kategorie Supersportwagen vor allen Dingen auch die Lage des Schwerpunktes eine entscheidende Rolle spielt. Je kleiner die Kupplung und je kürzer daher der Abstand zwischen der Mitte der Kurbelwellenlager und der Unterseite des Motorgehäuses, desto tiefer kann

schließlich der Motor eingebaut werden und desto weiter nach unten rückt dann der Schwerpunkt. Diese für den Rennsport typischen Merkmale erfüllte bis dahin nur eine Kupplung aus Kohlefasern, die aber in puncto Lebensdauer sowie den geforderten Komfortansprüchen und der Alltagstauglichkeit nicht gerecht geworden wäre.



wärmebeständiges und langlebiges Material.

Im ersten Versuch rüstete man eine herkömmliche Kupplung mit Kurzfaserkераmik aus. Allerdings hielt dabei das konventionelle Material die Belastung durch Fliehkraft und Reibungswärme nicht aus. Durch eine neuartige, besondere Anordnung einer Gewebestruktur aus Carbonfasern als Trägerstruktur konnte die Festigkeit der Scheiben aus kohlenstoffaserverstärktem Siliziumkarbid derart gesteigert werden, dass Drehzahlen bis über 20.000 Umdrehungen pro Minute bei gleichzeitig höchsten thermischen Belastungen ohne Schäden erreicht werden können.

Der Carrera GT ist weltweit das erste Serienfahrzeug, das mit der neuen Keramik-Kupplung ausgerüstet ist.

Da es auf dem Markt kein passendes Kupplungssystem für den Carrera GT gab, entwickelten die Porsche Ingenieure gemeinsam mit ausgewählten Partnern eine komplett neue Kupplung aus innovativen Materialien für Reibscheiben und Beläge. Dabei konnten die Spezialisten auf Erfahrungen zurückgreifen, die sie bereits bei der Porsche Ceramic Composite Brake (PCCB) gewonnen hatten. Hier bewährte sich die kurzfaserverstärkte Keramik als äußerst widerstandsfähiges,



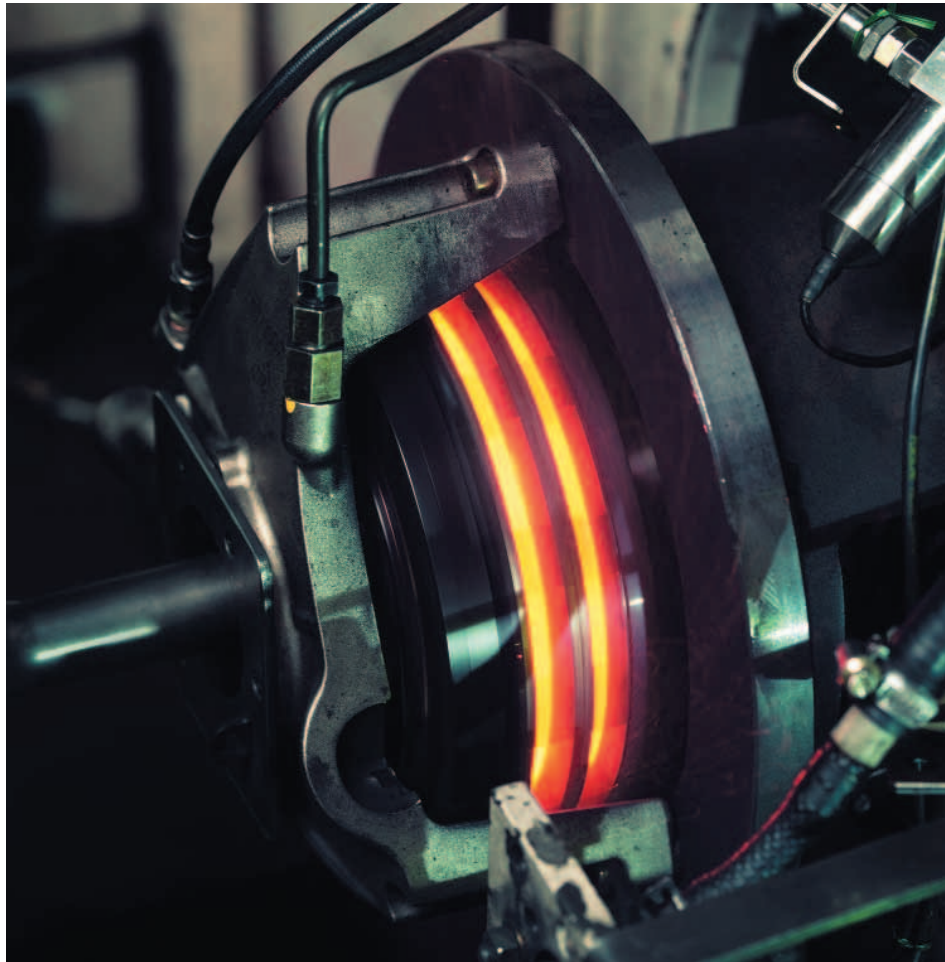
Ein Wasserstrahl schneidet mit rund 3.000 bar die Reibscheibe aus der Keramik-Platte.

Mehrere Lagen von Karbonfasergewebe werden mit kohlenstoffreichem Harz zu Plattenmaterial verarbeitet, das dann bei circa 800 Grad Celsius in Carbon umgewandelt und anschließend bei 1.400 Grad Celsius siliziert wird. Aus den so entstanden Keramikplatten werden die einzelnen Scheiben per Hochdruckwasserstrahl ausgeschnitten.

Bei den folgenden Versuchen bestätigte sich, dass diese Scheiben nun den hohen Belastungen gewachsen sind und nur sehr langsam verschleifen.

Allerdings musste auch der Komfortanspruch berücksichtigt werden. Das Anfahren mit dem extrem drehmassearmen, dynamischen Zehn-Zylinder-Motor stellte eine besondere Herausforderung an die Porsche Entwickler dar.

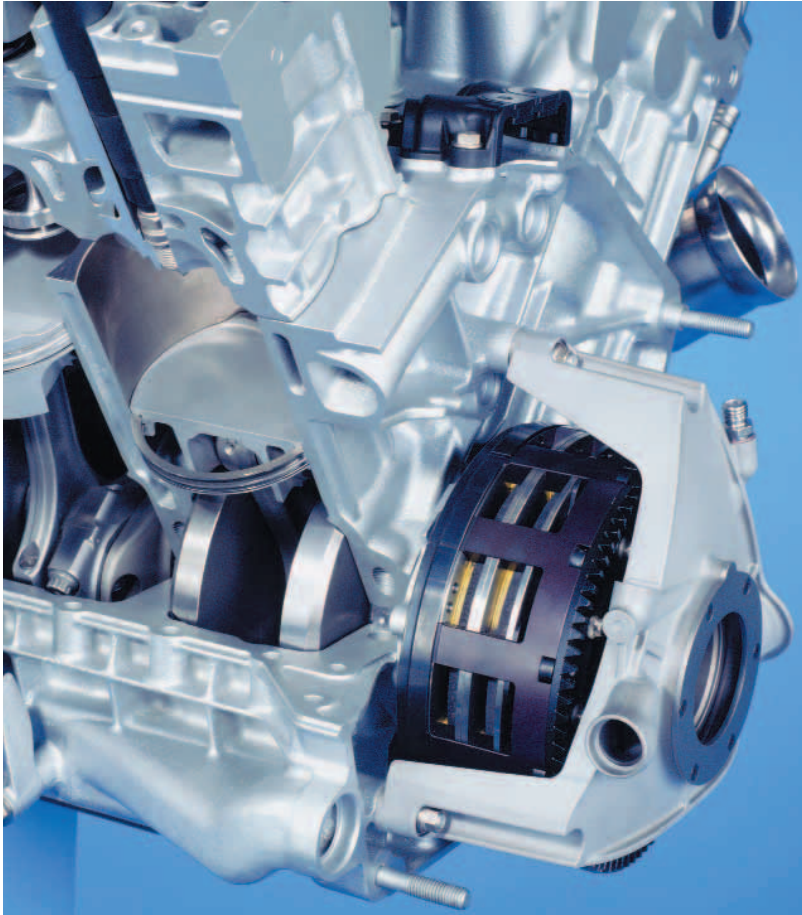
Nach langen Testreihen zur Verbundkeramik mit verschiedenen Titan-Belagträgerscheiben mit organischen Belägen konnten auf dem Kupplungsprüfstand und im Fahrzeug geeignete Materialien gefunden werden, die beim Anfahren komfortabel sind und eine hohe Lebensdauer haben. Die Synchronisierung des Schaltgetriebes wurde so weit optimiert, dass sich niedrige Schaltkräfte realisieren lassen.



Die PCCC auf dem Porsche Prüfstand im Überlast-Test.

Als bei Missbrauchsversuchen auf dem Prüfstand Temperaturen von über 800 Grad Celsius in den Keramikreibscheiben gemessen wurden war klar, dass die Werkstoffauswahl aller Bauteile in der Kupplung entsprechend sorgfältig ausfallen musste. Die thermische Belastungsgrenze der Scheiben aus karbonfaserverstärktem Siliziumkarbid liegt bei über 1.400 Grad Celsius und ist daher unkritisch.

Bei den Mitnehmerscheiben fiel die Wahl auf Belagträgerscheiben aus Titan mit aufgenieteten Sinterbelägen. Hier verbindet sich mit der Beständigkeit gegenüber Fliehkräften und hohen Temperaturen ein geringes Gewicht und damit auch eine geringe Drehmasse.



Durch den geringen Kupplungsscheiben-Durchmesser ist eine tiefe Kurbelwellenlage möglich.

Umfangreiche Versuche auf dem Prüfstand sowie ausgedehnte Erprobungen im Fahrzeug bei extremen Belastungen haben gezeigt, dass die PCCC mindestens die Lebensdauer von konventionellen Kupplungen erreichen kann. Damit haben die Ingenieure alle Vorgaben für die Kupplung des

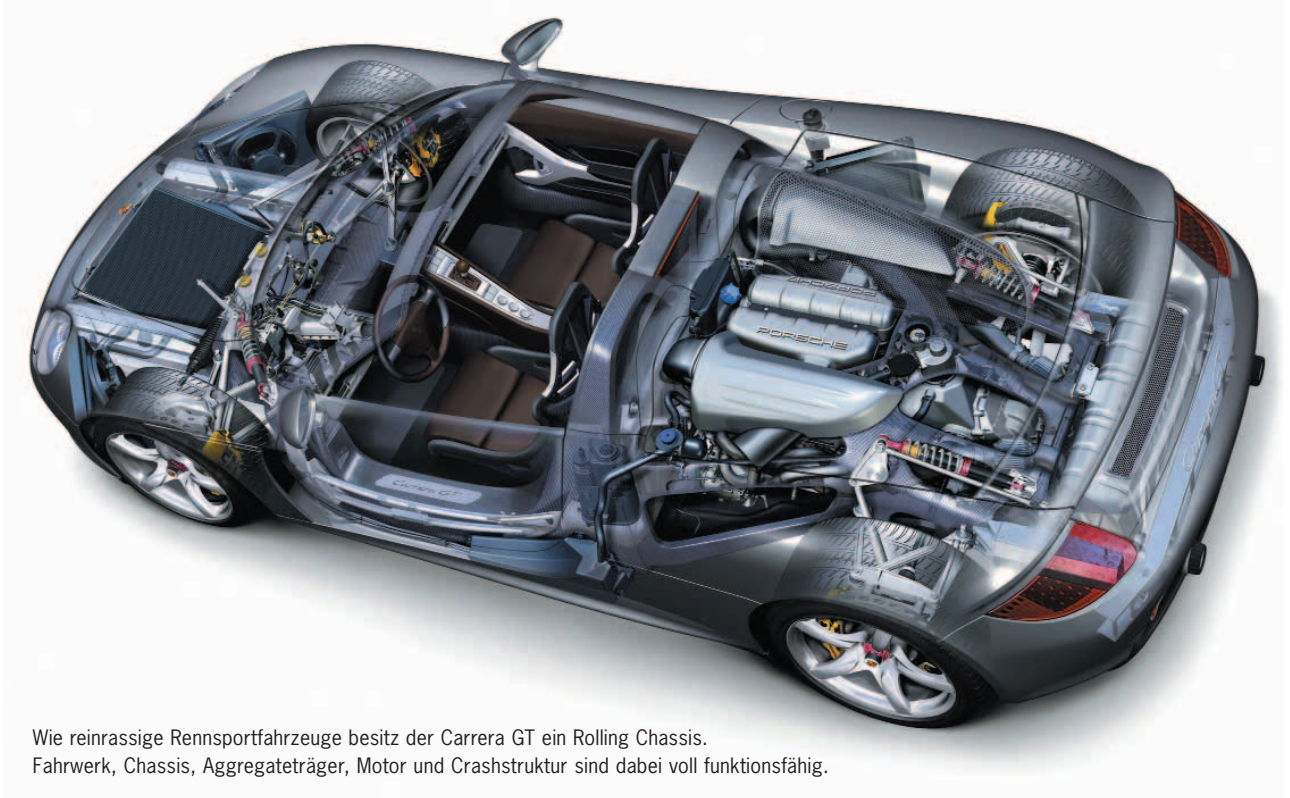
Carrera GT mehr als erfüllt. Auch wenn aufgrund des hohen Fertigungsaufwands und der bis jetzt geringen produzierten Menge die Kosten noch deutlich höher als bei einer herkömmlichen Kupplung sind, wurde mit der PCCC eine Entwicklungsrichtung aufgezeigt, die für spezifisch hoch belastete Anwendungen auch in der Serie beste Zukunftsaussichten besitzt.

Die umfangreichen Erkenntnisse, die die Porsche Ingenieure mit der Verbundkeramik, der PCCC und bei der Serienfertigung gesammelt haben, können bei der Entwicklung verschiedener Antriebe – besonders im Hochdrehzahlbereich – eingesetzt werden. Porsche Engineering bietet dieses Know-how international an. ■

Technische Informationen

Art	Zweischeiben-Trockenkupplung
Außendurchmesser	192 mm
Gewicht	3,5 kg
Material	Karbonfaserverstärktes Siliziumkarbid
Kraftübertragung	maximal mehr als 1.000 Nm
Berstdrehzahl	über 20.000 U/min

Reine Renntechnik für Fahrspaß und Sicherheit



Wie reinrassige Rennsportfahrzeuge besitzt der Carrera GT ein Rolling Chassis. Fahrwerk, Chassis, Aggregateträger, Motor und Crashstruktur sind dabei voll funktionsfähig.

Der Porsche Carrera GT ist Hightech pur. Bei der Entwicklung ist es gelungen, reine Rennsporttechnologie in ein alltagstaugliches Hochleistungsfahrzeug zu integrieren. Wie im Rennsport üblich, verwendet man beim Carrera GT ein so genanntes Rolling Chassis.

Wenig Gewicht, maximale Verwindungssteifigkeit und ein niedriger, zentraler Fahrzeugschwerpunkt – dies waren die Hauptthemen, mit denen sich die Porsche Ingenieure auseinandersetzen mussten. Wie im Rennsport üblich, ist auch beim Carrera GT das Chassis das zentrale Bauteil und setzt sich aus Monocoque, Windschutzscheiben-

rahmen und Überroll-Struktur zusammen. Schnell war man sich einig, dass das Monocoque aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CfK) gefertigt werden sollte. Denn nur Faserverbundwerkstoffe garantieren durch ihr geringes Gewicht bei gleichzeitiger maximaler Steifigkeit die gewünschten charakteristi-

schen Merkmale: höchste Fahrleistung, Dynamik und Sicherheit.

Das Monocoque vereint sämtliche strukturelle Funktionen, wie beispielsweise die Übertragung von Reaktionskräften aus Fahrwerk und Antrieb, die üblicherweise vom Karosserierohbau übernommen werden. Im Gegensatz zum konventionellen Karosseriebau mit vielen Einzelteilen wird das Monocoque nur aus wenigen, in Hochdrucköfen verbundenen CfK-Schalenelementen hergestellt.

Diese Lösung brachte aber gleich die nächste schwierige Frage mit sich: Wie soll der Hinterwagen aus-

sehen und wie verbindet man ihn optimal mit dem Monocoque?

Gerade der Aggregateträger ist im Betrieb ständig extremen Belastungen, wie Hitze, Öl, Feuchtigkeit oder auch Streusalz, ausgesetzt. Nach umfangreichen Versuchen und rechnerischen Analysen waren sich die Porsche Ingenieure sicher, dass auch der Hinterwagen aus kohlefaserverstärktem Kunststoff gefertigt werden kann. Eine revolutionäre Erkenntnis. Wurde der Werkstoff bislang doch nur in der Luft- und Raumfahrttechnik oder als Struktur- und Verkleidungsteil im Motorsport verwendet.

Das Chassis und der fest verschraubte Aggregateträger sind die wesentlichen strukturellen Bauteile und bilden eine dreh- und biegesteife Einheit – sozusagen das Rückgrat des Carrera GT. Sie tragen die Vorder- sowie Hinterradaufhängung und fangen die eingeleiteten Kräfte aus den Crashstrukturen ab. Gleichzeitig stützen und tragen sie die Verkleidungsteile und das Interieur.

Im Automobilbau wird heute meist eine selbsttragende Karosserie eingesetzt. Der Carrera GT hingegen besitzt – wie ein reinrassiges Rennsportfahrzeug – ein so genanntes Rolling Chassis. Dies bedeutet, dass bereits der Rohfahrwagen voll funktionsfähig ist. Er besteht aus



Chassis, Aggregateträger, Antrieb, Fahrwerk und Crashstrukturen.

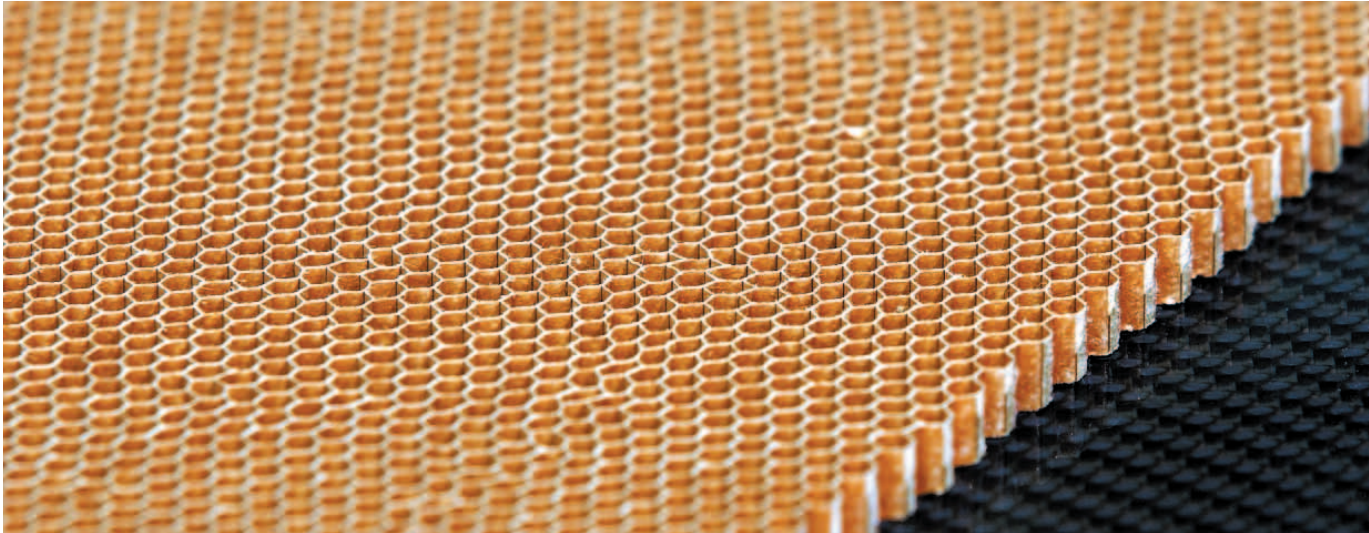
Kohlefasern werden aufwendig verarbeitet

Die Strukturteile werden in einem aufwendigen Prozess in Handarbeit, so genannter Sandwich-Bauweise, hergestellt. Das Monocoque besteht aus rund 1.000 einzelnen Zuschnitten. Am Anfang jeder CfK-Teilefertigung werden mit Kunstharz imprägnierte Kohlefasergewebe (Prepregs) in die jeweiligen Produktionsformen eingelegt. Harztyp, Fasertyp, Ausrichtung der Faser sowie die Dicke der Gewebematten sind vom Last- oder Anwendungsbereich und der späteren Funktion des Bauteils abhängig. Sie müssen dementspre-

chend definiert werden. Aufschlussreiche Informationen über das Verhalten der Struktur unter Betriebslast und unter Berücksichtigung der weltweiten Sicherheitsanforderungen hat Porsche durch umfangreiche FEM-Simulationen erhalten.

Je nach Anforderung werden beim Carrera GT als Füllkörper zwischen den CfK-Deckschichten zusätzliche Schichten von bis zu 20 Millimeter dickem Honigwabenmaterial (Honeycomb) mit Klebefilm auf den eingelegten Matten platziert. Das Wabenmaterial ist – abhängig vom Einsatz des Bauteils – aus Aluminium oder Aramidpapier gefertigt.

Darauf werden dann weitere Lagen von imprägnierten Kohlefasern



Bei besonders stark beanspruchten Bauteilen erhöht so genanntes Honigwabenmaterial zwischen den einzelnen CfK-Schichten zusätzlich die Steifigkeit.

gewebe laminiert. So wird die Steifigkeit von besonders stark beanspruchten Bauteilen deutlich erhöht.

Für die Befestigung weiterer Bauteile an der tragenden CfK-Struktur – von einfachen Verschraubungen bis hin zu hochbelasteten Anlenkpunkten von Fahrwerk oder Antrieb – werden so genannte Inserts aus Aluminium einlaminiert und im Autoklaven mit den Kohlefaserdeckschichten strukturell verbunden. Die spezifischen elektrochemischen Eigenschaften der Kohlefaserwerkstoffe in Verbindung mit den im Automobilbau gebräuchlichen metallischen Werkstoffen wurden von den Porsche Ingenieuren grundlegend untersucht. Dabei konnten für jeden Anwendungsfall spezielle Beschichtungen oder Barrieren entwickelt



Bauteile werden an Inserts aus Aluminium befestigt, die einlaminiert werden.

werden, die den hohen Qualitätsansprüchen entsprechen.

Die Form wird schließlich mit einer Folie luftdicht verschlossen, evakuiert und im Autoklaven einem Druck von 6 bis 8 bar und – je nach Anforderung – einer Temperatur von über 180 Grad Celsius ausgesetzt. Die Harzsysteme polymerisieren bei

diesem Verfahren und verbinden über die Klebefilme Honeycomb oder Inserts mit der Kohlefaser.

Da die meisten CfK-Teile trotz ihrer enormen Belastungsfähigkeit bis zu 40 Prozent weniger als vergleichbare herkömmliche Bauteile wiegen, stößt der Carrera GT in puncto Gewicht in neue Dimensionen vor.

So bringt das gesamte Monocoque nur knapp 100 Kilogramm auf die Waage.

Hohe Sicherheit durch Kohlefaserverbundwerkstoffe

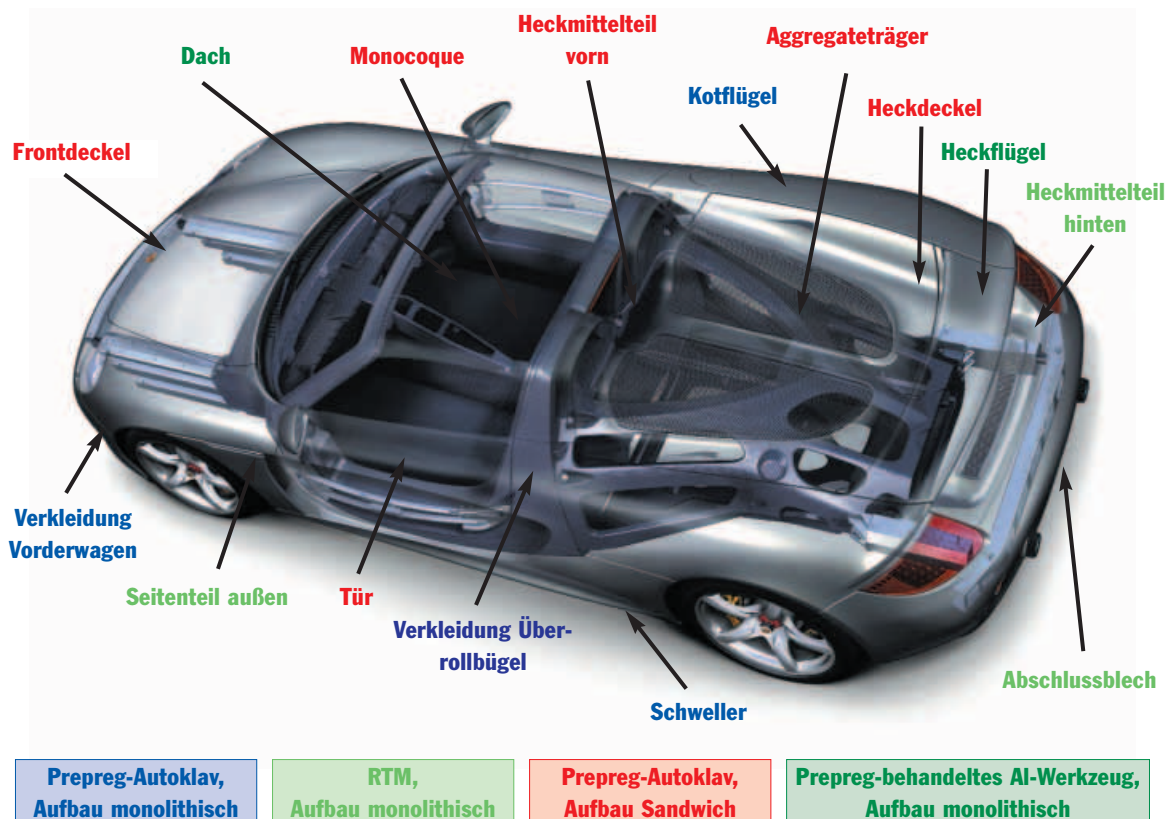
Die Porsche Entwicklungsingenieure haben sich bei den Hochleistungsbauteilen des Carrera GT für den Werkstoff Kohlefaser entschieden, da nur er höchste Fahrleistung und Fahrdynamik mit minimalem Gewicht bei maximaler Steifigkeit verbindet. Die Hightech-Faser bietet daher auch ein sehr hohes Maß an Sicherheit. Für ein offenes Serienfahrzeug erreicht der Carrera GT eine maximale Biege- und Torsions-



Chassis, Aggregateträger und Crash-Strukturen: Austenitischer Edelstahl nimmt bei einem Crash den größten Teil der Energie auf.

steifigkeit. Diese herausragende Gesamtsteifigkeit übertrifft sogar deutlich das hohe Niveau eines modernen Coupés.

Das Sicherheitskonzept des Carrera GT orientiert sich an den geltenden Anforderungen im Motorsport. Es ist so ausgelegt, dass das Monocoque bei den gesetzlich vorgeschriebenen Tests strukturell

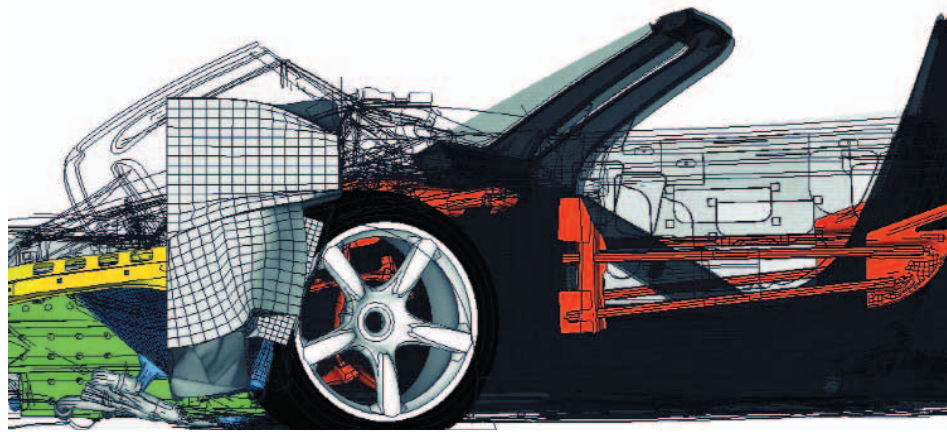


Neben Monocoque und Aggregateträger werden zahlreiche weitere Komponenten aus CfK gefertigt.

nicht beschädigt wird. Eine steife Fahrgastzelle sichert den Überlebensraum. Die Energie wird zum größten Teil von den Crash-Strukturen aus austenitischem Edelstahl aufgenommen.

Das Crash-Verhalten hat Porsche in aufwendigen virtuellen Tests untersucht. Um das Gesamtsystem zu verstehen, haben die Ingenieure umfangreiche Grundlagenforschung betrieben. In den wichtigsten Entwicklungsschritten wurden beispielsweise geeignete Simulationswerkzeuge definiert, detaillierte Materialaufbauten in einem FE-Modell abgebildet, Materialgesetze erarbeitet oder Simulation und Experiment systematisch abgeglichen. Um das Zusammenspiel von monolithischen und Sandwich-Materialien in Kombination mit metallischen Werkstoffen zu untersuchen, wurde auch jede einzelne Kohlefaser-Lage in einem Berechnungsmodell abgebildet.

Dieses Verfahren haben die Ingenieure so weit optimiert, dass das Verhalten von Kohlefasern und Stahl bei einem Crash mit sehr guter Korrelation zum Experiment berechnet werden kann.



Die Frontcrash-Simulationsberechnung – hier mit 40% Überdeckung – korreliert mit den Ergebnissen des Experiments.

Porsche Kompetenz in Sachen CfK

Porsche hat sich im Rahmen der Entwicklung des Carrera GT intensiv mit dem Material CfK und seinen Eigenschaften unter den verschiedensten Bedingungen auseinandergesetzt. So wurden zum Beispiel Langzeit- und Korrosionsverhalten, Oberflächenqualität oder Crasheigenschaften detailliert untersucht, berechnet und für den Carrera GT optimal gestaltet.

Weiterhin ist es gelungen, die CfK-Bauteile für Exterieur und Interieur in einer sehr hohen optischen Qualität zu entwickeln. Durch den vielfältige Einsatz von Faser-verbundwerkstoffen im Carrera GT besitzen die Porsche Entwickler umfangreiches Materialwissen und können kompetente Lösungen rund um das Thema CfK anbieten.

Porsche Engineering ist also der richtige Ansprechpartner, wenn es um die Entwicklung von Kohlefaserbauteilen geht – und das nicht nur im Bereich Automobil. ■

Auch im Rollstuhl für Abenteuer bestens gewappnet



Der Adventure ist selbst auf schwierigem Gelände ein sicherer Begleiter.

Der Rollstuhl Adventure der Firma Ulrich Alber setzt unter den Elektro-Rollstühlen neue Maßstäbe. Er ist modular, leicht, komfortabel sowie sicher und macht durch sein modernes Design auf sich aufmerksam. Porsche Engineering war maßgeblich an der Entwicklung des Fahrwerks beteiligt.

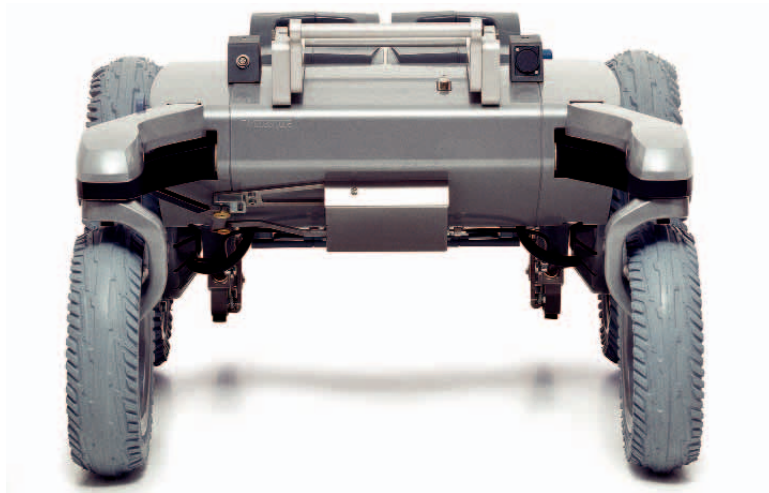
Oft endet für den Rollstuhlfahrer die Reise an zu hohen Bordsteinen, Kopfsteinpflaster oder Feld- und Waldwegen. Diejenigen Elektro-Rollstühle, die bisher solche Barrieren meistern konnten, boten dem Fahrer allerdings nur wenig Komfort und Sicherheit. Ein weiteres Handicap war die schwere Bauweise vieler Rollstühle, so dass sie nur in einem Spezial-Fahrzeug transportiert werden konnten.

Die auf Reha-Techniken spezialisierte Firma Ulrich Alber aus Albstadt-Tailfingen, fühlte sich angesichts der zahlreichen Probleme herausgefordert und startete ein ehrgeiziges Projekt. In nur drei Jahren entstand der Adventure. Dieser vollgefederte Elektro-Rollstuhl ist für den Innen- sowie Außenbereich geeignet. Selbst auf schwierigem Gelände ist er ein sicherer Begleiter.

Für die Entwicklung des Fahrwerks holte sich Alber Unterstützung bei den Ingenieuren von Porsche Engineering. Das Fahrwerk-Lastenheft für den Adventure rückte vor allen Dingen die Themen Leichtbau, komfortable Federung sowie ein rundum ansprechendes Design in den Vordergrund. Auch sollte der Rollstuhl leicht zerlegt und von einer Person ohne großen Aufwand in einem Mittelklasse-Wagen verstaut werden können.

Angesichts dieser Anforderungen hatten sich die Ingenieure schnell für eine Einzelradaufhängung wie beim Automobilbau entschieden. Jedes Rad ist voll gefedert und hydraulisch gedämpft. So bleibt der Elektro-Rollstuhl auch auf unebenem Gelände standfest und sehr komfortabel. Fahrer, die für durch Erschütterungen ausgelöste Spasmen anfällig sind, profitieren zusätzlich von der effektiven Dämpfung.

An der Vorderachse werden die Räder an zwei parallelen Längslenkern geführt. So bleibt der Nachlauf über den gesamten Federweg konstant. Das Feder- und Dämpferelement arbeitet gemeinsam mit einem Stabilisator in einem zentral gelegenen Rahmenkasten (Strangpressprofil). Der Stabilisator verringert bei unebenem Gelände deutlich die Seitenneigung, so dass sich der Fahrer stets sicher fühlt. Der Stabi-



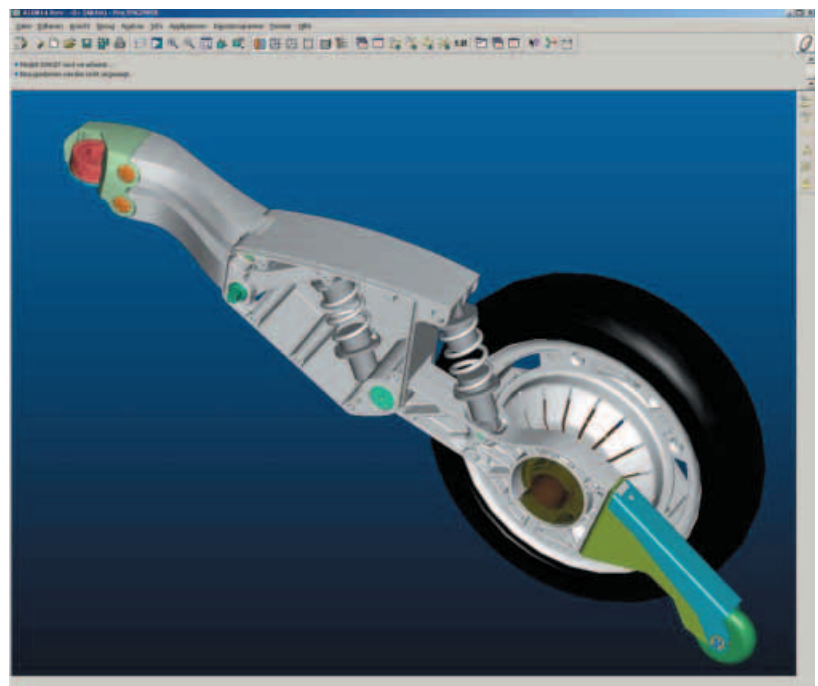
Die an zwei parallelen Längslenkern geführten Räder sind an einarmigen Gabeln aufgehängt, die alle Betriebslasten übertragen.

lisor kann für optimalen Komfort auf das Körpergewicht des Fahrers individuell abgestimmt werden.

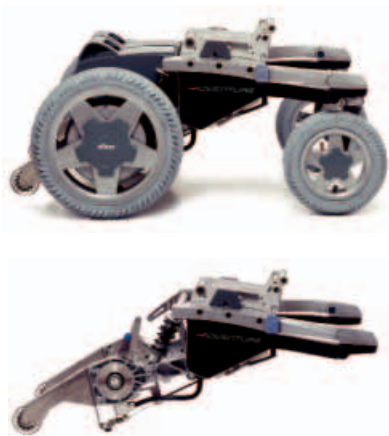
Jeder, der einmal einen Einkaufswagen geschoben hat, kennt die folgende Situation: Die Nachlaufäder geraten in Drehschwingungen und blockieren. Auch bei einem Rollstuhl kann es zu solch einer unangenehmen Situation kommen. Nach umfangreichen Versuchsfahrten auf einem von Alber eigens eingerichteten Prüfgelände entschieden sich die Ingenieure für einen leichten Rotationsdämpfer auf Basis eines Elastomers. Er verhindert bei jeder Geschwindigkeit, dass die Lenkräder in Schwingung geraten. Dabei beeinträchtigt der Rotationsdämpfer weder die Wendigkeit des Rollstuhls, noch nimmt er Platz im ohnehin engen Fußraum in Anspruch.

Die Vorderräder sind innen an einer einarmigen Gabel aufgehängt. Diese filigrane Gabel passte nicht nur ins Design-Konzept, sie überträgt auch sicher alle Betriebslasten. Der Weg zu dieser Lösung führte über ein nichtlineares Berechnungsmodell des Rollstuhls samt Fahrer, das die Porsche Ingenieure abbildeten. So konnten exakte Aussagen über die Wirkung der Kräfte beispielsweise bei einer Hindernisüberfahrt berechnet werden.

Hinten besitzt der Elektro-Rollstuhl einen Längslenker. Er nimmt das Hinterrad über Bajonett-Verbindung auf und stellt den elektrischen



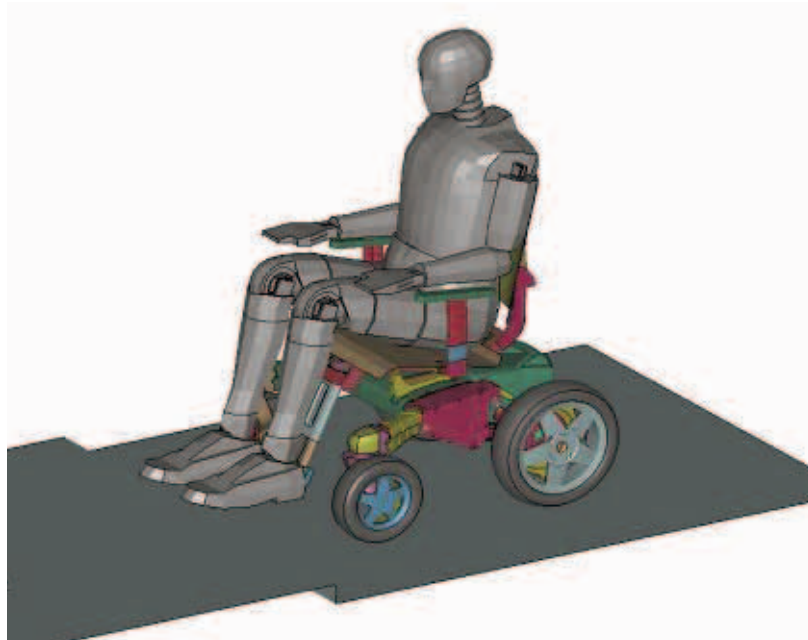
Kontakt zum Radnabenantrieb in den Hinterrädern sicher. Federung und Dämpfung sind hier sichtbar und lassen sich ebenfalls stufenlos an die Bedürfnisse des Fahrers anpassen.



Jedes Rad ist voll gefedert und hydraulisch gedämpft.

Gelenkt wird über unterschiedliche Drehzahlen der Antriebsräder, die Vorderräder lenken passiv. So kann der Rollstuhl auf der Stelle wenden. Der von Alber selbst entwickelte Radnabenmotor hat einen besonders hohen Wirkungsgrad, so dass relativ kleine Akkus eingesetzt werden können. Dies wirkt sich wiederum positiv auf Gesamtgewicht, Agilität und Reichweite aus. Durch die modulare Bauweise lassen sich Akkus, Räder und Sitze schnell und ohne Werkzeug vom Fahrwerk lösen.

Das neue Rollstuhl-Konzept hat sich bereits bewährt: Der Adventure wurde mit dem „red dot award:



Mit Hilfe eines nichtlinearen Berechnungsmodelles von Rollstuhl und Fahrer kann eine Hindernisfahrt genau berechnet werden.



product design 2004“ für herausragendes Design ausgezeichnet. Dabei erreichte Adventure das Prädikat „red dot: best of the best“. Unter 1.673 Produkten wurden 381 ausgezeichnet, 33 Produkte davon in der Kategorie „best of the best“. Der „red dot“ wird jährlich vom Design-Zentrum Nordrhein-Westfalen vergeben. ■

Technische Informationen

Gewicht	96,7 kg
Max. Zuladung	140 kg
Höchstgeschwindigkeit	12 km/h
Federweg vorn/hinten	58/58 mm
Reichweite	bis 45 km
Steigfähigkeit bei 140 kg Zuladung	18 %
Wenderadius	0,88 m

Kompetenz in Sachen Gesamtfahrzeugentwicklung



Um Hochleistungsderivate zu entwickeln sind detaillierte Kenntnisse bei der Abstimmung des kompletten Fahrzeugs notwendig. Porsches Kompetenz in diesem Bereich wird besonders am 911 GT3 RS deutlich, der speziell für den Motorsport entwickelt wurde.

Die Entwicklung von Hochleistungsvarianten auf der Basis bestehender Fahrzeugmodelle hat bei Porsche eine lange Tradition. Auch Kunden-Projekte aus diesem Bereich spielen immer wieder eine bedeutende Rolle. So wurden zum Beispiel der Audi RS2 und der Mercedes-Benz 500E gemeinsam mit Porsche entwickelt.

Bei der Weiterentwicklung eines Modells zum Hochleistungsderivat reicht es allerdings nicht aus, dass Fahrzeug einfach tiefer zu legen und mittels eines härteren Fahrwerks sowie Spoilern das Fahrverhalten zu verbessern. Gerade auch im Hinblick auf das Thema Sicherheit ist es notwendig, das komplette Fahrzeug auf die höhere Leistung und

die gesteigerte Fahrdynamik abzustimmen. Porsches Gesamtfahrzeugkompetenz in diesem Bereich wird am Beispiel des 911 GT3 RS ganz besonders deutlich.

Nach mehr als 30 Jahren entschied Porsche sich im Jahr 2003 in limitierter Auflage einen Nachfolger des legendären Carrera 2,7 RS (1972) und des 911 SC RS (1984) zu bauen. Man wollte eine reinrassige Hochleistungsvariante des 911 ent-



Die Abstimmung des 911 GT3 RS fand in enger Zusammenarbeit von Motorsport und Serien-Entwicklung statt.

wickeln, die gleichzeitig als Homologationsmodell für den internationalen GT-Rennsport verwendet werden kann. Neben einem optimalen Leistungsgewicht sollte bereits die Straßenvariante technische Feinheiten besitzen, die später auch in der Rennsport-Version zum Einsatz kommen sollten.

Damit der 911 GT3 RS die gewünschte höhere Performance gewährleisten kann, wurden Fahrwerk, Karosserie, Motor, Abgasanlage, Reifen, Aerodynamik und das Interieur modifiziert und optimal aufeinander abgestimmt.

Fahrwerksgeometrie komplett überarbeitet

Um den 911 GT3 RS fit für die Rennstrecke zu machen, senkte man zuerst den Fahrzeugschwerpunkt: Der RS liegt 30 Millimeter tiefer als der 911 Carrera. Weiter-

hin wurde das Fahrwerk hinsichtlich Federraten, Federcharakteristik und Dämpferkennlinien komplett überarbeitet. Da beim Tieferlegen von Fahrzeugen generell eine unerwünschte Vergrößerung des Beugewinkels der Achsquerlenker entsteht, kommen im 911 GT3 RS speziell entwickelte Radträger zum Einsatz. Sie ermöglichen durch ihre modifizierten Anlenkpunkte trotz tieferer Fahrzeuglage eine horizontale Stellung der Achsquerlenker. Dies führt zu einer über den Einfeder- und Ausfederweg harmonischen Sturzkennlinie. So lässt sich das Fahrzeug im Grenzbereich besser beherrschen und die Lenkpräzision wird spürbar optimiert.

In die Radträger der Vorderachse ist eine doppelte Klemmung der Federbeine integriert, die eine nochmals verbesserte Führung der Vorderachse bewirkt. Dies sorgt beson-

ders beim scharfen Anbremsen auf Rundstrecken für ein noch stabileres Fahrzeug.

Erst durch die Kombination von tieferem Schwerpunkt, geänderter Federung und Dämpfung, optimierter Stabilisatorcharakteristik und einer maßgeschneiderten Fahrwerksgeometrie kann das volle fahrdynamische Potenzial des RS ausgeschöpft werden. Der so erzielte Effekt geht weit über das reine „tiefer und härter machen“ hinaus. Dies gelingt allerdings nur, wenn besonders detailliertes Know-how über die wechselseitigen Einflüsse der einzelnen Maßnahmen vorhanden ist.

Leichter und sicherer: die Karosserie

Damit der 911 GT3 RS ein optimales Leistungsgewicht hat, wurde der Rohbau im Vergleich zum 911 GT3 leichter gemacht, ohne dabei das Thema Sicherheit zu vernachlässigen. Durch die Ausführung der Flügel und der Fronthaube aus Kevlar/Karbon wurde das Gewicht deutlich reduziert. Ein serienmäßiger Leichtbau-Überrollkäfing bietet den Insassen Schutz in mehrfacher Hinsicht. Da durch den Käfig die Anlenkpunkte an der Karosserie zusätzlich versteift werden, optimiert der 911 GT3 RS gleichzeitig auch seine Fahrwerkseigenschaften und präzisiert so das Fahrverhalten.



Spezielle Öffnungen im Bugteil leiten die Kühlerabluft gezielt über das Fahrzeug.



Der 911 GT3 RS besitzt keinen Auftrieb und garantiert so eine optimale Fahrstabilität.

Antrieb und Antriebsstrang-dynamik prägen den Charakter

Die konsequente Umsetzung des Leichtbau-Konzepts macht auch vor dem Motor nicht halt. Vor allem die rotatorischen Massen müssen möglichst gering sein. Nur so können bei gleichem Hubraum höhere Drehzahlen und eine höhere Leistung realisiert werden.

Die Porsche Entwickler konnten zum Beispiel beim Ventiltrieb insgesamt zwei Kilogramm Gewicht einsparen, indem sie hohl gebohrte Nockenwellen und leichte, neu entwickelte Tassenstößel einsetzen. Die Tassenstößel des 911 GT3 RS haben nun einen Durchmesser von nur noch 28 Millimeter und einen bogenförmigen Tassenboden. Diese so genannte Balligkeit des Bodens macht erst die Reduzierung des Durchmessers möglich, weil so die nötige Berührungsfläche von Stößel und Nocken erhalten bleibt. Auch die Ventile sind aus einem hoch-

festen, leichten Material gefertigt. Ein spezielles Ventil lässt im Kurbelgehäuse einen Unterdruck entstehen, der die Pumpverluste des Motors reduziert.

Weiterhin werden Pleuel aus Titan verbaut. Eine Leichtbaukurbelwelle, die zur Erhöhung der Festigkeit plasmanitriert wurde, und Kolben mit weniger Gewicht runden das Motor-Leichtbaukonzept ab.

Die Verbindung zwischen Motor und Getriebe erfolgt beim RS über ein Einmassenschwungrad, das eine geringere Rotationsmasse besitzt als ein Zweimassenschwungrad. Spezielle Steuergeräte berücksichtigen die damit verbundenen Parameter, so dass das Motormanagement optimal abgestimmt ist.

Eine speziell entwickelte Staudruckhaube erleichtert dem Motor das Atmen. Bei hohen Geschwindigkeiten entsteht durch die Haube ein

Überdruck an den Lufteinlässen, so dass der Motor die Luft leichter ansaugen kann und dadurch mehr Leistung – bis zu 15 PS bei Höchstgeschwindigkeit – freigesetzt wird. Allerdings muss auch hier die Wechselwirkung zwischen einzelnen Komponenten beachtet werden: Die Resonanzsauganlage muss perfekt auf die Staudruckhaube abgestimmt sein.

Das drehfreudige Aggregat schöpft nun aus einem Hubraum von 3,6 Liter 280kW (381 PS) bei 7.300 Umdrehungen pro Minute. Die maximale Drehzahl beträgt 8.200 Umdrehungen. Die Literleistung liegt bei 105,8 PS.

Optimale Aerodynamik

Um ein der Leistung angepasstes optimales aerodynamisches Verhalten zu erreichen, muss ein Kompromiss zwischen möglichst geringem Auftrieb an der Vorder- und Hinter-



Durch seinen großen Heckflügel besitzt der 911 GT3 RS hohen Abtrieb an der Hinterachse.

achse bei gleichzeitig niedrigem Cw-Wert gefunden werden. Gerade der 911 GT3 RS besitzt durch seinen großen Heckflügel höheren Abtrieb an der Hinterachse. Um dazu den Vorderachs-Abtrieb in Balance zu bringen, haben die Entwickler im Bugteil spezielle Öffnungen für die Kühlerabluft vorgesehen. So wird die Kühlerabluft gezielt über das Fahrzeug geleitet, der Abtrieb an Vorder- und Hinterachse wird damit wieder ins gewünschte Verhältnis gebracht.

Insgesamt besitzt der 911 GT3 RS keinen Auftrieb und zeichnet sich damit durch eine sehr gute Fahrstabilität bei hoher Geschwindigkeit aus.

Maßgeschneiderte Reifen

Entsprechend der höheren Fahrzeugleistung und dem möglichen Einsatz auf der Rennstrecke müssen auch die Reifen ganz speziell abgestimmt werden. Der 911 GT3 RS besitzt Ultra High Performance Reifen, die eine höhere Querschleunigung zulassen.

Interieur

Bei der Innenraumgestaltung standen beim 911 GT3 RS naturgemäß rein sportliche Akzente im Vordergrund: Die gesamte Ergonomie wurde für den Einsatz auf der Rennstrecke ausgerichtet. So besitzt der 911 GT3 RS vorschriftsmäßig einen Feuerlöscher und der Sitzbezug ist aus schwer entflammaren Material

gefertigt. Alle haptischen Elemente sind mit griffigem Alcantara überzogen, das ein Abrutschen vermeidet.

Leistungsdaten, die überzeugen

Bei der Metamorphose vom 911 GT3 zum 911 GT3 RS veränderten die Porsche Spezialisten zahlreiche Komponenten, um bei den neuen Leistungsdaten optimale Sicherheit und Langlebigkeit zu erreichen. Die Abstimmung des Gesamtfahrzeugs fand in enger Zusammenarbeit von Motorsport und Entwicklung statt, um dem Fahrzeug sowohl die geforderten Rennsporteigenschaften aber auch die Alltagstauglichkeit zu verleihen. Das Leistungsgewicht des 911 GT3 RS beträgt nun 4,86 kg/kW. Er wiegt – vollgetankt mit 90 Liter Kraftstoff – 1.360 Kilogramm.

Für den Sprint von 0 bis 200 km/h benötigt der 911 GT3 RS 14 Sekunden. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 306 km/h. Übertragen wird diese hohe Leistungskraft über ein eng gestuftes 6-Gang-Schaltgetriebe.

Auch Kunden von Porsche Engineering können die umfassende Porsche Kompetenz nutzen. Porsche ist der einzige namhafte Hersteller von Hochleistungsfahrzeugen, der seine gesamte Entwicklungskompetenz auch anderen Automobilproduzenten zur Verfügung stellt. ■



Im 911 GT3 RS wurde die gesamte Ergonomie für den Einsatz auf der Rennstrecke ausgerichtet.

Der neue Porsche 911 geht mit zwei Varianten an den Start



Erstmals seit 1977 startet Porsche wieder gleichzeitig mit zwei neuen Elfer-Modellen: dem 911 Carrera und dem 911 Carrera S. Die sechste Generation überzeugt durch überragende Technik und konsequentes Design.

Der 911 Carrera mit 239 KW (325 PS) wird von einem 3,6-Liter-Boxermotor angetrieben. Die S-Version mit einem neu entwickelten 3,8-Liter-Motor leistet 261 KW (355 PS). Bei einem Drehmoment von 400 Newtonmeter sprintet das S-Modell in 4,8 Sekunden aus dem Stand auf Tempo 100. Der Carrera benötigt für diese Disziplin exakt 5,0 Sekunden. Die Höchstgeschwindigkeit liegt bei 285 (Carrera) beziehungsweise 293 Stundenkilometer (Carrera S).

Beide 911-Modelle verfügen über ein neuentwickeltes Sechsganggetriebe und ein überarbeitetes Fahrwerk, das beim S-Modell serienmäßig eine aktive Dämpfung umfasst. Für den 911 Carrera ist dieses Fahrwerk mit der Bezeichnung „Porsche Active Suspension

Management“ (PASM) optional lieferbar. PASM bietet in der „Normal“-Stellung eine sportlich-komfortable Grundabstimmung der Stoßdämpfer, nach dem Drücken der Taste „Sport“ hingegen wird eine härtere Dämpferkennung angesteuert, die eine besonders agile und sportliche Fahrweise unterstützt. Neben PASM wird außerdem als weitere Option für beide Modelle ein um 20 Millimeter abgesenktes Sportfahrwerk mit mechanischer Hinterachs-Quersperre angeboten.

Gewachsen ist das Format der Räder und Reifen: Das Modell 911 Carrera bekommt nun serienmäßig 18J-Räder in der Größe 8J x 18 mit 235/40 ZR 18-Reifen (vorne) und 10J x 18 mit 265/40 ZR 18-Pneus (hinten). Der Typ Carrera S ist mit 19 Zoll-Felgen/Reifen in der Dimen-

sion 8J x 19 mit 235/35 ZR 19 (Vorderachse) und 11J x 19 mit 295/30 ZR 19 (Hinterachse) ausgestattet.

Das Design des neuen Porsche 911 ist eine konsequente Fortsetzung der über 40jährigen Elfer-Story. Durch die neue Exterieur-Gestaltung – unter anderem eine breitere Spur und eine stärkere Betonung der Taille – ist der Auftritt des Elfers noch dynamischer, klarer, kraftvoller und gleichzeitig eleganter geworden. Weitere markante Merkmale des evolutionären Designs sind die neuen Rundscheinwerfer mit separaten Zusatzscheinwerfern im Bugteil, stärker betonte Kotflügel, neue Doppelarm-Außenspiegel, veränderte Fugenoptik und ein aerodynamisch optimierter Heckspoiler. ■

Konstruktion und Erprobung seit 30 Jahren „unter einem Dach“

Im Jahr 1974 legte Porsche die Bereiche Erprobung und Konstruktion in Weissach zusammen. Damit schuf das Unternehmen die Basis für das heutige „Entwicklungszentrum der kurzen Wege“.

Seit 1971 ist in Weissach das Porsche Forschungs- und Entwicklungszentrum (EZW) beheimatet. Zunächst wurden dort alle Bereiche rund um die Erprobung untergebracht. Im Spätsommer 1974 zog dann auch der bis dahin noch in Zuffenhausen angesiedelte Konstruktionsbereich nach Weissach. Damit wurde die Basis für das heutige „Entwicklungszentrum der kurzen Wege“ geschaffen.

Auch wenn das Unternehmen in den letzten 30 Jahren enorm gewachsen ist, ist man stets dem zentralen Ansatz der Entwicklung treu geblieben. Darüber hinaus wurden Entwicklungsressourcen in Bietigheim, Troy (USA) und in Prag (Tschechien) ergänzend zum EZW eingerichtet.

Eine optimale Vernetzung sowie Kommunikation der rund 2.500 Weissacher Techniker und Ingenieure aus den verschiedenen Fachdisziplinen garantiert innovative Lösungen.



Sommer 1975: Seit einem Jahr sind die Bereiche Konstruktion und Erprobung gemeinsam im Porsche Forschungs- und Entwicklungszentrum Weissach untergebracht.

Von der einzelnen Komponente bis zum kompletten Antrieb, von der Konstruktionsstudie bis hin zum serienreifen Prototypen kann im EZW alles umgesetzt werden. Dabei steht allerdings nicht immer nur das Automobil im Mittelpunkt. Beispielsweise wurden in Weissach bereits Flugmotoren, Gabelstapler, Liftfaßsäulen oder Elektro-Rollstühle für externe Auftraggeber unter strenger Geheimhaltung entwickelt.

Über Porsche Engineering können internationale Kunden die gesamte Entwicklungskompetenz des Unternehmens, von der Konzeption bis zur Serienbetreuung, nutzen. ■



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

Wir lieben: Autos.

Wir bauen: Autos.

Wir entwickeln: auch anderes.

(Und denken dabei an: Autos.)

Informationen zur Porsche Kundenentwicklung unter:

Telefon +49 711 911 - 18 888, Telefax +49 711 911 - 18 999

Internet www.porsche-engineering.de, E-Mail: peg@porsche.de

Porsche Engineering
driving identities



PORSCHE

Impressum

Herausgeber

Porsche Engineering
Group GmbH

Anschrift

Porschestraße
D-71287 Weissach

Tel. +49 (7 11) 9 11-1 88 88

Fax +49 (7 11) 9 11-1 89 99

Email: peg@porsche.de

Internet:

www.porsche-engineering.com

Redaktion

Sabine Schröder
Jens Walther

Produktion

Werking
Werbekonzeption & Realisation,
Stuttgart

Druck

Gulde Druck GmbH, Tübingen

Porsche Engineering
driving identities