

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Porsche Boxster technisch bekeken



High-tech wedergeboorte van de oer-Porsche

# Opwindende sportmachine

**Zelfs een techneut gaat uit z'n bol bij het aanschouwen van Porsche's nieuwe Boxster. Met deze roadster heeft Porsche alles uit de kast gehaald wat er aan technisch kunnen in huis is. Van lichtgewicht sportonderstel tot watergekoelde 24-kleps zescilinder boxermotor, alles is even bijzonder.**

Porsche heeft met de 986 een 'roadster' ontwikkeld met boxermotor (vandaar de naam Boxster) die de eerste Porsche uit 1947 in een moderne uitvoering presenteert. Een halve eeuw geleden lag de viercilinder luchtgekoelde boxermotor vóór de achteras, de zescilinder watergekoelde boxer ligt in dezelfde positie. Porsche zelf vindt de Boxster meer een voortzetting van de Spyder 550 uit 1953. Hoe dan ook: de 986 is een interessant concept.

Prof Porsche ontwikkelde al voor de oorlog race-auto's voor Auto-Union. Deze hadden motoren met zestien cilinders die voor de achteras lagen. Het concept heeft als voordeel dat het zwaarste onderdeel, de motor, dichtbij het zwaartepunt ligt. Het zwaartepunt zelf bevindt zich tussen de voor- en achteras en dat betekent dat het traagheidsmoment om de verticale as

Op dit opengesneden model is goed te zien hoe er met de ruimte is gewoerd. Vergeet niet dat de 205/55 ZR16 en 225/50 ZR16 banden, op respectievelijk 6J en 7J velgen, heel wat ruimte innemen. Als extra zijn 205/50 ZR17 en 255/45 ZR17 banden op 7J en 8,5J velgen leverbaar. Daar mogen geen sneeuwkettingen omheen. De speciale velgen voeren de hete lucht van de remmen af.

door het zwaartepunt gering is. In de praktijk betekent dit dat zo'n auto zich gemakkelijk van richting laat veranderen. Zolang de wielbasis groot is, komt het nadeel van deze bouwwijze niet sterk naar voren. Maar met een wielbasis van slechts 2415 mm staat de Boxster bloot aan de kritiek van zo'n bouwwijze: als de achterwielen eenmaal gaan glij-

den, is de draaiende beweging heel moeilijk te corrigeren omdat het allemaal zo snel gaat. Niet alle bestuurders(sters) hebben de reflexen van een Formule 1 coureur.

Porsche weet dit uiteraard ook en heeft maatregelen getroffen om het achterstevoren gaan te voorkomen. Dankzij de juiste elasticiteit en kinematic in de bevestigings- en positie van de wielbevestigingsstangen gaat het belaste voorwiel steeds meer uitsporen terwijl het belaste achterwiel steeds meer toespoor krijgt. Het resultaat is dat de auto met toenemende bochtshelheid meer onderstuur gaat vertonen.

Het is ook oppassen geblazen met gasloslaten in een bocht, maar dat wordt eveneens door de 'elastokinematische' wielophanging opgevangen. Porsche maakt hierbij gebruik van het 'Weissach-Effekt', daarmee wordt bedoeld dat de ach-



Op de opengewerkte tekening is veel te zien. Let vooral op de twee koelwarradiateurs bij de voorwielen. Frisse lucht krijgt de motor via de opening links, de koelventilator rechts in de motorruimte blaast hete lucht naar buiten. De zescilinder boxer ligt voor de achteras, dus andersom als bij de 911.



terwielen toespoor aannemen tijdens het remmen.

### Geen doorslippen

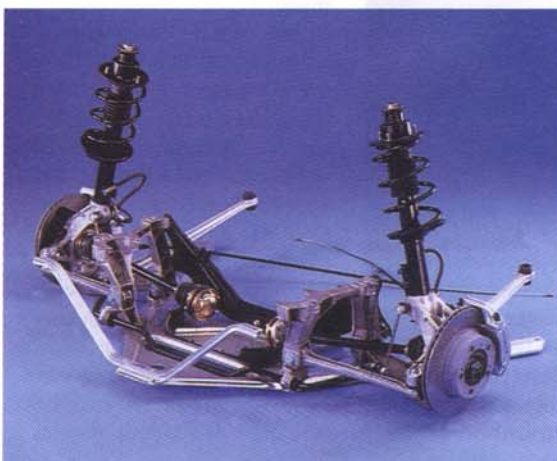
De slip van de achterwielen wordt op drie manieren in bedwang gehouden, met een ABS, een ASR en een TC. Het ABS is het nieuwste op dit gebied en regelt zeer snel en effectief. Daarbij komen de zeer stijve remklauwen met op pennen bevestigde remblokken goed van pas. De Anti Slip Regeling maakt gebruik van het ABS om het doorslaan van de achterwielen bij accelereren binnen de perken te houden. Het werkt dus als een 'ouderwets' Limited Slip Differentieel, LSD geheten. Als er teveel vermogen wordt gebruikt, regelt de Traction Control het ontstekingstijdstip en de brandstoftoevoer zodanig dat het aandrijfkoppel naar de achterwielen wordt aangepast aan de beschikbare wrijving. Dit TC kan worden uitgeschakeld als de bestuurder dat wenst.

### Veel aluminium

Voor de wielophanging is er veel aluminium gebruikt om niet alleen het totale wagengewicht (1250 tot 1370 kg, afhankelijk van de uitvoering) laag te houden, maar ook het onafgeveerde gewicht. In totaal bestaat 18 procent van de Boxster uit aluminium. De complete wielophangingen zijn samen met Krupp Hoesch Automotive ontwikkeld en worden door deze leverancier gebouwd. Op enkele stangen na zijn de onderdelen voor en achter gelijk. De aluminium remklauwen met vier remzuigers zijn met Brembo ontwikkeld en zorgen, mede dankzij de vier eventileerde remschijven, een goede gewichtsverdeling en het juiste rubbercompound, voor een uitzonderlijk hoog remvermogen. Vanaf 200 km/uur kan er met

een gemiddelde vertraging van 1,10 g worden geremd!

Om voldoende ruimte te scheppen voor bagage heeft Porsche gekozen voor MacPherson wielophanging rondom. Tussen de voor- en achterwielen is er plaats voor 130 liter bagage, 260 liter in totaal en genoeg voor twee personen. Boven de motor is er ruimte voor de kap die verstevigingsbeugels van magnesium heeft en in slechts 12



De achterwielophanging, gezien vanaf de achterkant, wordt net als die aan de voorkant compleet gebouwd en opgeleverd door Krupp Hoesch Automotive. Het A-vormige hulpframe is ook een aluminium gietstuk.

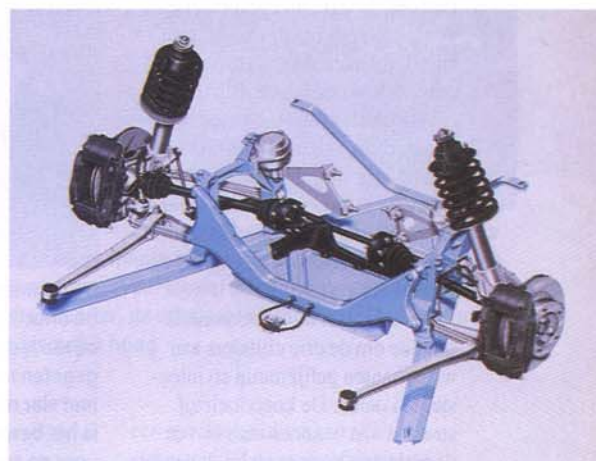
seconden kan worden geopend of gesloten.

### Stroomlijn en koeling

De gladde bodemplaat vermindert de luchtweerstand met 10 procent en de lift op de vooras met 36 procent. Een speciaal gevormde opening (NACA duct) zorgt voor de koelluchttoevoer naar de transmissie. De motorruimte heeft een eigen ventilator die de hete lucht (boven de 80 °C) naar buiten blaast. De

Boven de motor is nog ruimte voor de kap terwijl er aan de voor- en achterkant een bescheiden bagageruimte is. De torsie- en buigstijfheid is hoog, dat is vooral te danken aan de stijve constructie onder de portieren en de hulpframes.

De kap vouwt in een Z-vorm boven de motor en wordt door één elektromotor in twaalf seconden geopend of gesloten. Er worden 3 mm dikke steunen gebruikt die zijn gemaakt van magnesium.



Bij de MacPherson achterwielophanging is er ruimschoots gebruik gemaakt van aluminium, ook het hulpframe is ervan gemaakt. Het A-vormige hulpframe spreidt de krachten en momenten van de aandrijving en de wielophanging over een groot oppervlak.

temperatuurbewaking van de motor en de twee voorin geplaatste radiatoren duurt tot 20 min na het afzetten. Om zoveel mogelijk richtingstabiliteit bij hoge snelheden te krijgen, is de Boxster voorzien van een spoiler op de achterklep die vanzelf omhoog komt als er sneller dan 120 km/uur wordt gereden en bij 70 km/uur weer omlaaggaat. De spoiler helpt mee om het omhoogkomen, de lift, van de achterkant te beperken. Bij hoge snelheden is de 'lift'

van de vooras geringer dan die van de achteras zodat de auto een onderstuur karakter krijgt.

### Watergekoelde boxer motor

Het draait bij de Boxster om een nieuwe motor en wat voor één. Na drieëndertig jaar luchtgekoelde zescilinders (die blijven ze voorlopig ook bouwen) is er dan toch een watergekoelde zespitter in productie genomen. De perfecte balancering en vooral het karakteristieke uitlaat-

geluid maken dit type motor herkenbaar Porsche. De motor is voorzien van twee identieke cilinderkoppen die vier kleppen met een hoek van 30° bezitten. De bougie zit centraal en de kleppen worden door een conisch gevormde schroefveer gesloten. Hydraulische klepstoters houden de klepspeling op de juiste waarde.

Er zijn vier bovenliggende nokkenassen, twee in iedere kop. De aandrijving ervan is bijzonder. Eerst drijft een duplex ketting (aangedreven vanaf een tandwiel dat tussen het achterste hoofdlager en het vliegwiel zit) een hulpas aan, die onder de krukas ligt, met 2/3 van het krukastoerental. Vervolgens is er een duplex kettingaandrijving naar elk van de uitlaatnokkenassen met een toerentaldaling van 3/4, één aan het vrije eind en één bij de koppeling. Zo gebruikt Porsche de vrije ruimte die ontstaat door het verspringen van de twee cilinderbanken. Dat verspringen ontstaat omdat er twee drijfstanden naast elkaar op één tap zitten. De inlaatnokkenassen hebben elk een eigen korte simplex ketting die voorzien is van een Variocam mechanisme dat het openen en sluiten van de inlaatkleppen over 25 krukgraden varieert.

Porsche past dwarsstroomkoeling toe om de drie cilinders aan weerskanten gelijkmatig en intensief te koelen. De koelvloeistof stroomt van beneden naar boven door de drie koppen en koelt daarbij vooral het materiaal tussen de uit-

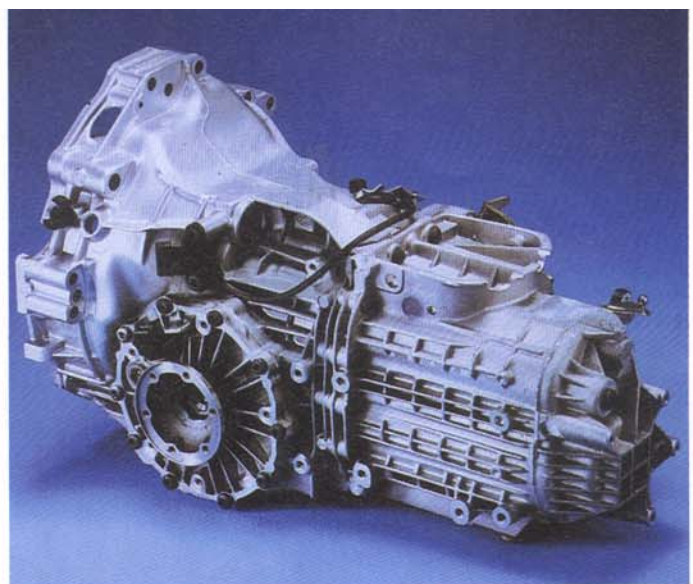
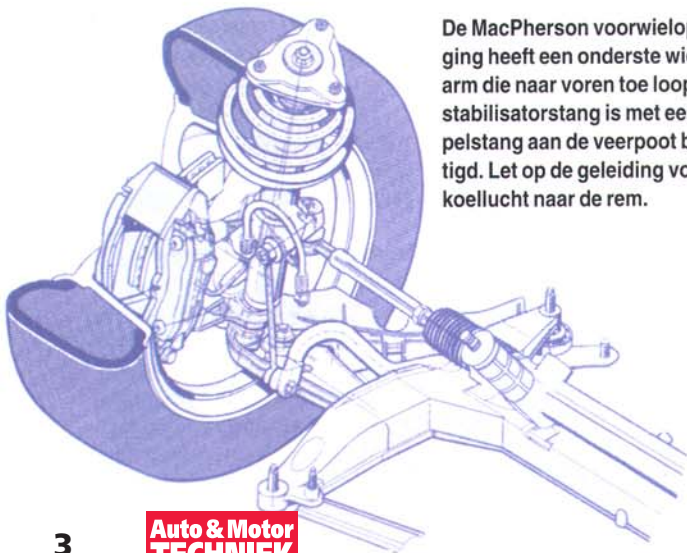
laatklepzittingen en de bougie.

De cilinders worden op dezelfde wijze, maar apart van de kop, gekoeld. De cilinders zelf zijn bijzonder. Kolbenschmidt (KS) heeft een poreuze voering ontworpen die bestaat uit 25 procent silicium deeltjes en een bindmiddel. Deze voeringen worden in de gietmal geplaatst en ingegoten in een conventionele aluminium legering. Zo ontstaan twee driecilinder carterhelften met een slijtvast loopvlak voor de zuigerveeren en is een goed te bewerken materiaal voor de rest van het blok. Ook de warmte-overdracht is optimaal omdat het aluminium geheel



**De remmen zijn samen met Brembo ontwikkeld en bestaan, net als bij raceauto's, uit een uit één stuk gegoten remklauw van aluminium met vier remzuigers. Een hele klus is het bewerken van de boringen voor de zuigers vanuit de open ruimte tussen de twee helften.**

**De MacPherson voorwielophanging heeft een onderste wieldraagarm die naar voren toe loopt. De stabilisatorstang is met een koppelstang aan de veerpoot bevestigd. Let op de geleiding voor de koellucht naar de rem.**



**De transaxle bevat vijf versnellingen vooruit. De productie ervan vindt plaats in Kassel. Het is een Audi-transmissie, zoals we die kennen van de modellen met de motor in lengterichting. Er is een hypoid overbrenging met een pignion en kroonwiel en synchromeshringen die met de buitenkant in de stalen conus aangrijpen.**

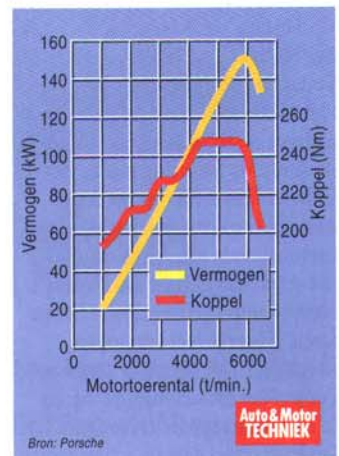
in de voering dringt. De voeringen zijn ongeveer 8 mm dik en hebben een H-vormige doorsnede die een opendek constructie mogelijk maakt waarbij de koelvloeistof om het bovenste deel van de voering stroomt.

De korte slag (72 mm) krukas heeft zeven hoofdligers die in twee aparte 'bruggen' zijn opgenomen. Omdat het aluminium motorblok sterker uitzet dan de stalen krukas, wordt de lagerspeling groter. Dat veroorzaakt een rommelend geluid. Door het toepassen van ingegoten gietijzeren ringen in de aluminium brugstukken blijft de lagerspeling vrijwel constant en is er een bron van geluid minder. De vier kopbouten per cilinder zijn in de brugstukken bevestigd en klemmen de cilinders tussen de kop en de brugstukken samen.

De drijfstanden zijn gesmeed, maar worden gebroken in het grote oog. Deze techniek is bekend van de gesinterde drijfstanden, Porsche past het voor het eerst toe bij smeedstalen exemplaren. Op de krukas zit een twee-massa vliegwiel om torsietrillingen in de aandrijving te dempen. Dit dempt ongewenst transmissiegeluid bij de handgeschakelde vijfbak.

### Zorgvuldige smering

Het smeersysteem is ongewoon. Onder de motor zit de olietank, op de plaats waar gewoonlijk de carterpan zit. Het gaat om een semi 'dry-sump' systeem dat ervoor zorgt dat er altijd olie wordt aangezogen. De aanzuigzeef zit daartoe



**Het koppelverloop vertoont een aantal golvingen die het resultaat zijn van gasdynamische effecten. Deze worden in de hand gewerkt door de verstelbare inlaatkleppen-tijden. Bij 4500 t/min haalt de 2480 cm<sup>3</sup> motor een hoogste gemiddelde effectieve druk van 12,4 bar, dat is een hoge waarde.**

diep in een kunststof kamer die door middel van rubber kleppen wordt volgehouden met olie. Naast de gebruikelijke drukpomp zorgen twee afzuigpompen op de uitlaatnokkenassen voor de olietoevoer uit de beide cilinderkoppen. Speciale olie-luchtseparatoren onder elke cilinderkop en geleideschotten onder elke cilinder moeten ervoor zorgen dat er nooit meer dan 8 procent gas in de olie blijft zitten.

Er is 8,25 liter olie aan boord, inclusief een halve liter in het filter. Tussen maximum en minimum peil zit 1,5 liter verschil. Het oliepeil

kan met een peilstok worden gemeten, gewoonlijk zal echter de oliepeilmeter op het instrumentenpaneel worden gebruikt. Porsche laat de klok aangeven na hoeveel tijd er gemeten mag worden, dit geeft de olie de tijd terug te stromen naar de olietank. Voor elke rit en tijdens het tanken van benzine wordt het oliepeil automatisch aangegeven.

Porsche doet niet kinderachtig over de te gebruiken oliekwaliteit. Ik citeer uit het instructieboekje: 'De zogenaamde minerale oliën worden direct uit ruwe olie gewonnen. Door diverse chemische processen kunnen deze oliën verder worden veredeld (hydrocrack-olie) of geheel worden bewerkt (synthetische olie). Deze oliesoorten hebben door hun structuur hoogwaardigere eigenschappen dan de pure minerale oliën. Gebruik alleen hydrocrack-olie of synthetische olie met de kwaliteit API SH (SG) (USA specificaties) resp. ACEA A3-96 (Europese specificaties)'.

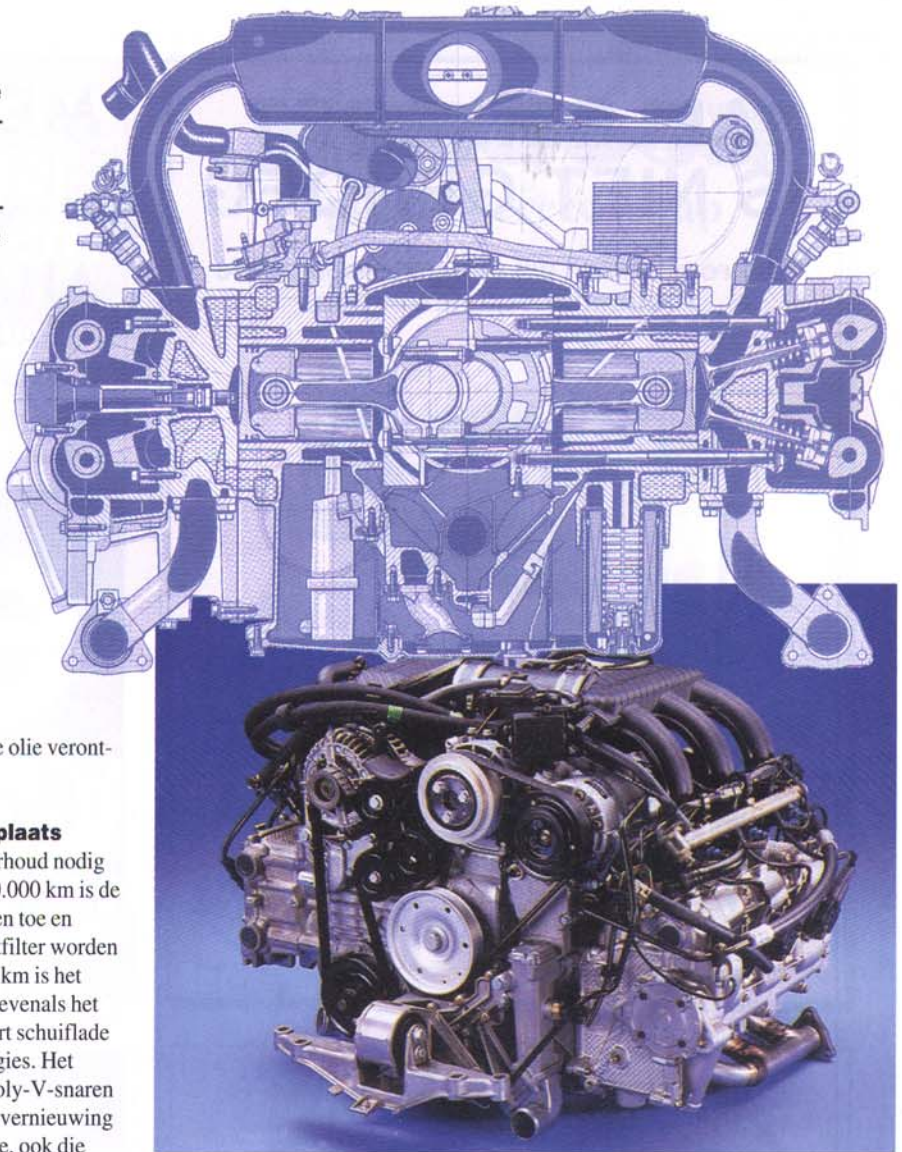
Dat is duidelijke taal. Dat de boxermotor bij hoge belastingen goed gesmeerd moet worden, blijkt uit de opgave voor het oliegebruik: 'tot 1,5 l/1000 km'. Een fikse warmtewisselaar zorgt ervoor dat de olie snel wordt opgewarmd en boven de 90°C wordt gekoeld. Er is zelfs een advies om de olie in het voorjaar te laten ververset, omdat er door het koude winterweer 'ver-

Het meest opvallende aan de zescilinder boxermotor is de waterkoeling. Deze maakt het mogelijk vier kleppen per cilinder toe te passen, want de warmte tussen de twee uitlaatkleppen kan goed worden afgevoerd. Let op de vorm van de verbrandingskamer met de centraal geplaatste bougie met bobine. Opvallend zijn verder de lange kopbouten, de constructie van de cilindervoeringen en de hoofdlagerbruggen.

brandingsproducten de olie verontreinigen'.

#### Boxster in de werkplaats

Er is heel weinig onderhoud nodig bij de Boxster. Elke 20.000 km is de motorolie aan ververset toe en moet het interieurluchtfilter worden vervangen. Bij 40.000 km is het oliefilter aan de beurt, evenals het luchtfilter (via een soort schuiflade constructie) en de bougies. Het brandstoffilter en de poly-V-snaren zijn bij 80.000 km aan vernieuwing toe. De transmissie-olie, ook die van de automaat, gaat 160.000 km mee. Het gaat in beide gevallen om



De boxermotor bouwt compact. We kijken hier op het 'vrije eind' van de krukas dat vlak achter de stoelen zit. Alle hulpapparatuur wordt aangedreven door een poly-V-snaar met automatische spanner. Hoewel de cilinders horizontaal liggen, is de motor door het diepe carter, de uitlaatspruitstukken en het volumieuze inlaatspruitstuk toch tamelijk hoog.

een speciaal, volledig synthetisch smeermiddel. Opvallend is dat de koelvloeistof niet hoeft te worden vervangen, het gaat dan ook om een geheel nieuw product.

Over deze auto is nog veel meer interessants te vertellen, maar dan komen we in details terecht. Met de Boxster heeft Porsche zo ongeveer alles uit de kast gehaald wat er aan technisch kunnen bij het bedrijf aanwezig is. Zo wordt zelfs het On Board Diagnoses systeem gebruikt bij de montage (bijvoorbeeld bij het vullen en ontluichten van het remsysteem) en in de werkplaats bij inspectiebeurten. Er is na 50 jaar dan ook heel wat gebeurd in de wereld van de automobiel.

Er komt heel wat voor kijken om het uitlaatgeluid van een krachtige motor te dempen. Omdat de motor voor de achteras ligt, is er meer ruimte voor de dempers en de metaal katalysatoren dan bij de 911. Het geheel wordt compleet gemonteerd.

**Paul Klaver**