

# Studienprojekt Aluminium-Karosserie am Beispiel des PORSCHE 928



Schweizerische Aluminium AG  
Chippis/Zürich  
Buckhauserstrasse 11  
CH-8048 Zürich  
Telefon 01/497 4422  
Telegramme alusuisse  
Telex 8 22 333



Aluminium-Walzwerke Singen GmbH  
ALUSINGEN-Platz 1  
D-7700 Singen/Hohentwiel  
Telefon (0 77 31) \*80-25 69  
Telex 7 93 81 220 al d

## Leichter fahren – Energie sparen

Aluminium gewinnt im Automobilbau zunehmend an Bedeutung. Seit Jahren bei Motor, Getriebe und Fahrwerk im Einsatz, wird es wegen seines geringen Gewichts und seiner Korrosionsbeständigkeit auch für Karosserien zunehmend interessanter. Bedeutende Gewichtseinsparungen lassen sich realisieren, wie das Projekt »PORSCHE – Ganz-Aluminium-Karosserie« zeigt.

Von der Dr. Ing. h. c. F. PORSCHE AG wurde eine selbsttragende Ganz-Aluminium-Karosserie für ein Prototypfahrzeug auf Basis des PORSCHE 928 entwickelt. Die Roh-Karosserie wurde ganz aus ALUSINGEN-Aluminium hergestellt. Sie wiegt nur 161 kg und ist um 142 kg – entsprechend 47 % – leichter als eine vergleichbare Ganzstahlversion.

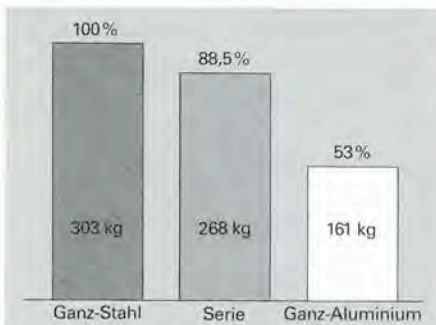


Fig. 1 Gewichtsvergleich der Rohbaukarosserie

Das Serienfahrzeug hat eine Leistung von 228 kW = 310 PS, die Höchstgeschwindigkeit liegt über 250 km/h. Das Fahrzeug wurde weitgehend mit Serienteilen ausgerüstet. Der PORSCHE 928 ist für eine Leichtbaustudie besonders gut geeignet, da er in seiner Serienausführung mit 20 % bereits einen hohen Prozentsatz an Aluminium enthält. Neben Fahrwerk- und Motorteilen sind die äußeren Motorhauben und Türbleche sowie die Kotflügel aus der ALUSINGEN-Legierung ANTICORODAL-120 (AlMg0,4Si1,2) gefertigt.

Die Ganz-Aluminium-Karosserie hat sich für den Alltagsgebrauch unter extremen Anforderungen als geeignet erwiesen. Die Gewichtsreduzierung bei der Karosserie erreicht ein beachtliches Niveau und macht den Bau von außergewöhnlichen Leichtbaufahrzeugen möglich. Die höheren Material- und Produktionskosten werden durch sparsameren Kraftstoffverbrauch, höhere Fahrleistungen und längere Lebensdauer teilweise kompensiert.



### Die Ziele der Studie

- Selbsttragende Ganz-Aluminium-Karosserie
- Lebensdauer 300 000 km im normalen Straßenbetrieb
- Steifigkeit des Rohbaus soll der PORSCHE 928-Stahlkarosserie entsprechen
- Überwiegende Verwendung der Widerstandspunktschweißung als Verbindungsart
- Alle Bleche aus der ALUSINGEN-Legierung Anticorodal-120 (AlMg0,4Si1,2)
- Beibehaltung der PORSCHE 928-Außenhautkonturen sowie der Innenabmessungen
- Weitgehende Verwendung von Serienteilen, wie Kotflügel, Türen, Motordeckel, sowie Übernahme der Antriebsaggregate, der Ausstattung und der Elektrik.

Der gemeinsame Arbeitsumfang beinhaltet folgende Grundlagenuntersuchungen:

- Verwendbarkeit von Aluminium-Werkstoffen im Automobil-Karosseriebau
- Verfügbarkeit von Aluminium (Rohstoff bis Recycling)
- Energiebedarf von Aluminium (Rohstoff bis Recycling)
- Recycling
- Werkstofftechnologie vom Rohstoff bis zur Legierungstechnik
- Werkstoffprüfungen bezüglich mechanischer, thermischer und korrosiver Belastung
- Elastomechanik
- Plastomechanik
- Umformtechnik
- Fügetechnik
- Oberflächentechnik
- Reparaturtechnik
- Akustik

### Werkstoff-Kennwerte

		Stahl (St 07 Z)	Aluminium (kalt ausgehärtet) (AlMg0,4Si1,2)	
Dichte	kg/dm <sup>3</sup>	7,9	2,7	( 34,2 %)
Zugfestigkeit R <sub>m</sub>	M Pa	327	256	( 78,3 %)
			292	( 89,3 %) warm ausgehärtet
Wechselspannung nach 10 <sup>7</sup> Lastwechseln R <sub>m</sub>	M Pa	127	75	( 59,0 %)
Streckgrenze R <sub>p0,2</sub>	M Pa	186	139	( 74,7 %)
			230	(123,7 %) warm ausgehärtet
Elastizitätsmodul E	M Pa · 10 <sup>3</sup>	210	70	( 33,3 %)
Bruchdehnung A <sub>50</sub>	%	40	34	( 85,0 %)
Verfestigungskoeffizient n		0,21	0,24	(114,3 %)
Anisotropiefaktor r		1,5	0,55	( 36,7 %)
thermische Leitfähigkeit	$\frac{\text{Watt}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$	ca. 50	ca. 180	(360,0 %)
elektrische Leitfähigkeit	$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$	ca. 9	ca. 30	(333,3 %)
Energieaufnahme beim Crash	kJ/kg	17	27	(158,8 %)

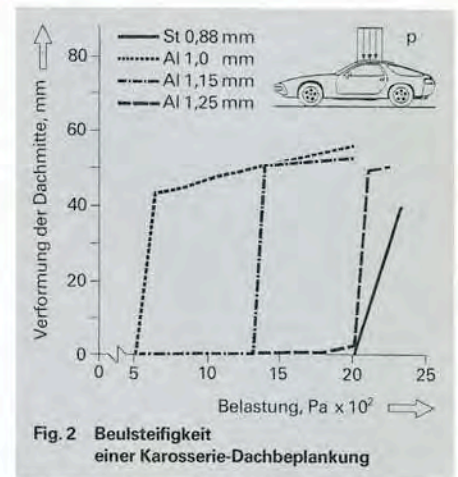


## Ergebnisse der Versuchserprobung

**Steifigkeitseigenschaften** der Rohkarosserie und des Prototyps.

### Beulsteifigkeit

Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, müssen die Aluminium-Außenbleche eine Dicke von 1,25 mm haben, um die gleiche Beulsteifigkeit wie ein Stahlblech von 0,88 mm Dicke zu erreichen.



### Biegesteifigkeit

Die Werte der Aluminium-Ausführung sind denen der Stahlausführung vergleichbar. Die statischen und dynamischen Werte sowohl der Rohkarosserie als auch des Prototyps liegen über 90 %.

### Verdrehsteifigkeit

Bei dynamischer Messung nähern sich die Werte denen der Stahlausführung an, was auf das verminderte Gewicht der Ganz-Aluminium-Karosserie zurückzuführen ist.

*Bei Fahrversuchen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Straßenbedingungen zeigte der Prototyp gute Fahr- und Komforteigenschaften sowie ein niedriges Vibrationsniveau der Karosserieteile.*

### Betriebsfestigkeit

Vor dem eigentlichen Dauerlauf test auf der Prüf strecke wurden die dynamischen Eigenschaften des Werkstoffes Aluminium unter pulsierender Belastung an geschweißten und ungeschweißten Proben geprüft.

Vorab wurden kritische Teile der Karosserie und des Fahrwerks tatsächlichen Alltagsbelastungen ausgesetzt, indem an der Hinterachse und der Motorlagerung Vorversuche auf dem Hydropulser durchgeführt wurden.

Um den Prototyp einer umfassenden Prüfung zu unterziehen, wurde der von PORSCHE verwendete 8000-km-Dauerlauf durchgeführt. Diese 8000 km entsprechen einer Gesamtfahrstrecke von 160 000 km unter europäischen Verkehrsbedingungen.

## Technische Daten

### Werkstoff

Anticorodal-120® (AlMg0,4Si1,2)

### Blechdicken

Außenhaut 1,15–1,25 mm  
Innenhaut 1,15–1,25 mm  
Struktur 1,25–2,50 mm

### Gewicht

161 kg

### Vorderwagen

Zweigeteilter Längsträger als reparaturgünstige Lösung in 1,75/2,00 mm

Aus umformtechnischen und Festigkeitsgründen mehrteiliger Radkasten.

### Dachstruktur

Verwendung eines Aluminium-Strangpreßprofils zur Erhöhung der Steifigkeit und Betriebsfestigkeit sowie der passiven Sicherheit. Querschnitte bleiben aus Platzgründen unverändert.

### Trägerstruktur

Vergrößerung der Querschnitte durch Erhöhung und Verbreiterung der Träger (ohne Änderung der Karosserieausschnitte).

### Flansche

Von 12 mm auf 16–20 mm verbreitert, um mit den erforderlichen größeren Elektroden punktschweißen zu können.

## Beteiligte Firmen

PORSCHE-Entwicklungszentrum Weissach (Projektleitung und Prototyp)

ALUSUISSE/ALUSINGEN (Anticorodal-120)

A. LÄPPLE, Heilbronn (Werkzeuge und umformtechnische Versuche)

SCI AKY, Paris (Schweißtechnik)

Die Prüfung der Aluminium-Karosserie nach dem Test ergab keine nennenswerten mechanischen Defekte. Einige kleine unbedeutende Risse waren hauptsächlich auf die ungenügende Festigkeit einiger von Hand nachgearbeiteter Teile zurückzuführen.

### Passive Sicherheit

Um die Erfüllung der gesetzlichen Vorschriften über passive Sicherheit zu gewährleisten, wurden an Testteilen entsprechende Versuche durchgeführt, um die Verformungseigenschaften von Längsträgern zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten, daß diese Teile aus Aluminium oder Stahl ähnliche Verformungseigenschaften während eines Aufpralls aufweisen. Die Energieabsorptionsfähigkeit pro Masseneinheit gestauchten Materials ist bei Aluminium 60% höher als bei Stahl.

### Geräuscheigenschaften

Das Geräuschniveau des Aluminium-Prototyps war entgegen der theoretischen Annahme nur 2–4 dB höher. Aluminium kann aufgrund seines höheren akustischen Verlustfaktors mit derselben Masse Antidröhn-

material beschichtet werden. Im Vergleich zu einem antidröhn-behandelten Stahlblech – 0,88 mm – gestattet ein entsprechend behandeltes Aluminium-Blech – 1,25 mm – eine Gewichtsreduktion um mindestens 36 %, so daß der Gewichtsvorteil von Aluminium erhalten bleibt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Geräuscheigenschaften einer Ganz-Aluminium-Karosserie dasselbe Niveau wie die einer Stahlkarosserie erreichen können.

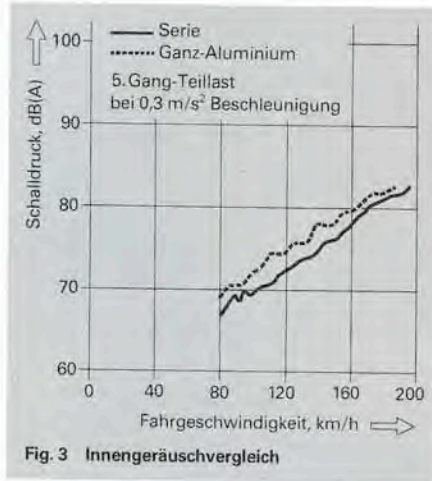


Fig. 3 Innengeräuschvergleich

### Reparaturtechnik

Aluminium-Karosserien können auf dieselbe Weise wie konventionelle Stahlkarosserien repariert werden. Vom »Allianz-Zentrum für Technik« durchgeführte Untersuchungen haben gezeigt, daß Abschnittsreparatur sowohl für Stahl als auch für Aluminium geeignet ist und in derselben Zeit mit vergleichbarem Erfolg ausgeführt werden kann. Übliche Verbindungsarten sind TIG-Schweißen sowie Hart- und Weichlöten.

Reparierte Stahl- und Aluminium-Karosserien können mit demselben Lacksystem lackiert werden.

### Literatur:

Siehe SAE TECHNICAL PAPER Nr. 830 094

