

**Entwicklung einer belastungsangepassten  
innenhochdruckumgeformten B-Säule**

Von der Fakultät für Maschinenwesen der  
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der  
Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von

René Henn  
aus Aachen

Berichter:

Universitätsprofessor Dr.-Ing. Stefan Gies  
Universitätsprofessor Dr.-Ing. Gerhard Hirt

**Inhalt**

1	Einleitung .....	9
2	Methodisches Vorgehen .....	11
3	Stand der Technik .....	16
3.1	Lastenheft einer B-Säule .....	16
3.1.1	Crash- und Festigkeitsanforderungen .....	16
3.1.2	Package-Anforderungen .....	17
3.1.3	Anforderungen an Fertigungs- und Fügeverfahren .....	20
3.1.4	Anforderungen an Kosten und Gewicht .....	21
3.2	Stahlgüten, Fertigungs- und Fügeverfahren von B-Säulen.....	22
3.2.1	Stahlgüten .....	22
3.2.2	Fertigungsverfahren .....	24
3.2.2.1	Tiefziehen .....	24
3.2.2.2	Innenhochdruckumformung (IHU) .....	25
3.2.2.3	Tailored Blanks und Tailored Tubes .....	26
3.2.3	Fügeverfahren .....	28
3.2.3.1	Punktschweißen .....	28
3.2.3.2	Kleben .....	29
3.2.3.3	Laserstrahlschweißen.....	30
3.3	Bauformen von B-Säulen .....	30
3.3.1	B-Säulen in aktuellen Serienfahrzeugen .....	31
3.3.1.1	Mercedes-Benz C-Klasse W203.....	31
3.3.1.2	Mercedes-Benz C-Klasse W204.....	32
3.3.1.3	Audi A5 .....	33
3.3.1.4	BMW X5 E70 .....	34
3.3.1.5	Audi A8 D3 .....	35
3.3.1.6	Audi TT 8J .....	36
3.3.1.7	Mercedes-Benz SL R230.....	36
3.3.2	B-Säulen in Konzeptfahrzeugen.....	38

3.3.2.1	NewSteelBody® .....	38
3.3.2.2	atlas Spaceframe.....	39
3.3.2.3	Scalable Autobody Lightweight Concept .....	39
3.4	Seitencrashverfahren .....	40
3.4.1	Gesetzliche Crashverfahren.....	40
3.4.1.1	FMVSS-201 .....	40
3.4.1.2	FMVSS-214 .....	41
3.4.1.3	ECE-R 95 .....	43
3.4.2	Verbrauchercrashverfahren.....	44
3.4.2.1	EuroNCAP .....	44
3.4.2.2	USNCAP.....	46
3.4.2.3	IIHS Seitencrash.....	47
4	Entwicklung eines Komponententests für B-Säulen.....	50
4.1	Entwicklung eines Komponententests für eine Limousinen-B-Säule.....	50
4.1.1	Aufbau eines geeigneten Komponententests.....	50
4.1.2	Validierung der FE-Simulation mit Versuchsergebnissen .....	55
4.1.3	Vergleich von Gesamtfahrzeugsimulation und Komponententest.....	61
4.2	Entwicklung eines Komponententests für eine Cabrio-B-Säule.....	63
4.2.1	Aufbau eines Komponententests für eine Cabrio-B-Säule .....	63
4.2.2	Komponententest zur Auslegung einer Cabrio-IHU-B-Säule.....	66
4.3	Komponententests mit IHU-B-Säulen.....	69
4.3.1	Erforderliche Anpassungen des Komponententests .....	69
4.3.2	Validierung des Komponententests mit Versuchsergebnissen.....	70
4.3.2.1	Komponententest mit einer monolithischen IHU-B-Säule .....	72
4.3.2.2	Komponententest mit einer IHU-B-Säule aus einem TWT.....	76
4.3.2.3	Komponententest mit einer IHU-B-Säule aus einem TRT .....	80
4.4	Bewertung der Crasheigenschaften von B-Säulen .....	83
5	Auslegung einer IHU-B-Säule für eine Limousine.....	85
5.1	Design der IHU-B-Säule .....	85

5.2	Auslegung der IHU-B-Säulen im Komponententest .....	91
5.2.1	Vorauslegung der IHU-B-Säulen.....	92
5.2.1.1	IHU-B-Säule aus einem Tailor Welded Tube.....	92
5.2.1.2	IHU-B-Säule aus einem Tailor Rolled Tube aus H400.....	95
5.2.1.3	IHU-B-Säule aus einem Tailor Rolled Tube aus LH900.....	98
5.2.2	Auslegung unter Berücksichtigung der Umformhistorie .....	101
5.2.2.1	IHU-B-Säule aus einem Tailor Welded Tube.....	101
5.2.2.2	IHU-B-Säule aus einem Tailor Rolled Tube aus H400.....	104
5.2.2.3	IHU-B-Säule aus einem Tailor Rolled Tube aus LH900.....	106
5.3	Optimierung der IHU-B-Säulen im Gesamtfahrzeug.....	109
5.3.1	IHU-B-Säule aus einem Tailor Welded Tube .....	109
5.3.2	IHU-B-Säule aus einem Tailor Rolled Tube aus H400 .....	113
5.3.3	IHU-B-Säule aus einem Tailor Rolled Tube aus LH900 .....	116
5.4	Überprüfung der optimierten IHU-B-Säule im Komponententest.....	120
5.5	Steifigkeit der IHU-B-Säulen.....	121
5.6	Kosten-Nutzen-Analyse.....	123
6	Zusammenfassung und Ausblick .....	127
7	Formelzeichen und Indizes .....	130
8	Literatur.....	132
9	Anhang .....	138