Tischvorlage zum AiF-Forschungvorhaben Nr. 14.519 N

1 Forschungsthema

„Offene und geschlossene Stahlprofile aus dem Schienenfahrzeugbau“ im Cluster „Anwendbarkeit von Festigkeitskonzepten für schwingbelastete geschweißte Bauteile“

2 Querträgeranbindung aus dem Untergestell eines Wagenkastens (ifs)

2.1 Forschungsergebnis

In Bild 1 sind die in Abstimmung mit dem PbA festgelegten Bauteilproben und die abgeleiteten Detailprobenzu sehen, die die kritischen Verbindungsbereich und die zugehörigen Beanspruchungen abbilden. Der nach den Variationsrechnungen festgelegte zu prüfende Bauteilbereich (Probe C) ist hier ebenfalls abgebildet. Die Variationsrechnungen haben ergeben, dass die Beanspruchungsverhältnisse hinreichend abgebildet werden, wenn auf eine Seitenwandstruktur verzichtet wird.

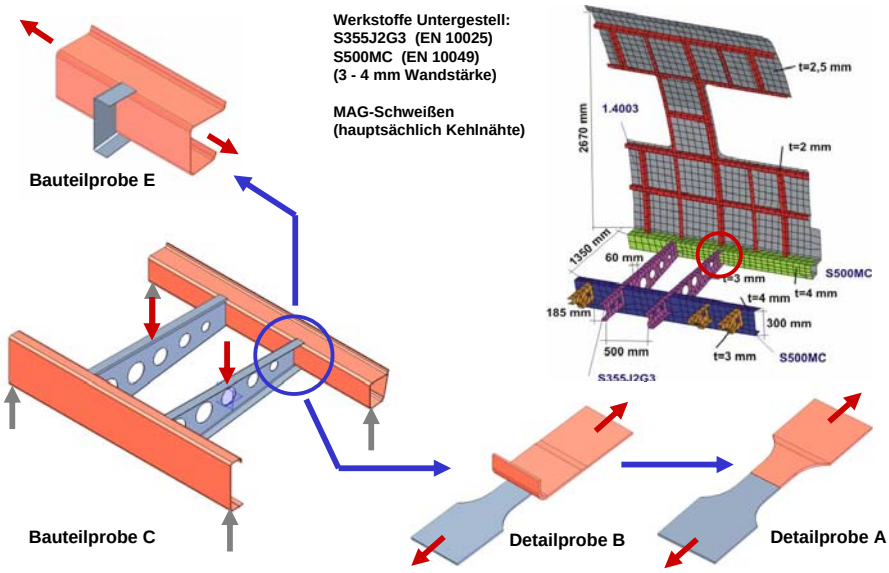


Bild 1: Bauteil- und Detailproben

Da zu Projektbeginn der Typ des zu untersuchenden Wagenkastens von der Firma ALSTOM LHB bezüglich des Antrages gewechselt wurde, konnte laut Projektplan nicht unverzüglich mit der Herstellung der Detailproben begonnen werden. Die Detailproben sowie der Bauteilausschnitt sind somit neu bestimmt wurden. Als Werkstoffe werden ein S355J2G3 (Querträger) sowie ein S500MC (Längsträger) eingesetzt. Die Außenwand des Wagenkastens, die das offene Profil des Längsträgers schließt, besteht aus dem ferritischen Werkstoff 1.4003. Die Wanddicken betragen 3 mm für das U-Profil der Querträger und 4 mm bzw. 2,5 mm für das Profil des Langträgers. Die Träger werden hauptsächlich mit Kehlnähten (a=2 mm) mit dem MAG-Verfahren manuell verschweißt.

Die Fertigung der Detailproben und der Bauteilproben erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Firma ALSTOM LHB und wurde im Rahmen von Projektreffen Pba abgestimmt. Die Herstellung der Detailproben A und B (ALSTOM LHB) ist abgeschlossen. Die Fertigung erfolgte in zwei Produktionsabschnitten, wobei die erste hergestellte Serie der Detailproben Schweißfehler aufwies, die nicht der geforderten Ausführungsqualität entsprachen. Daraufhin erfolgte die erneute fehlerfreie Herstellung der Detailproben A und B in einem zweiten Produktionsabschnitt. Die Schwingfestigkeitsuntersuchungen (Bild2) basieren auf den Detailproben des zweiten Produktionsabschnittes. Die fehlerhaften Detailproben des ersten Produktionsabschnittes werden exemplarisch ergänzend geprüft. Aufgrund der verzögerten Detailprobenherstellung konnte mit den Schwingfestigkeitsprüfungen laut Projektplan erst verspätet be-

gonnen werden. Ein Abschluss der Untersuchungen zum Meilenstein M3 (Feb. 2007) war somit nicht möglich. Die Versuche werden aber zum Meilenstein M4 (Aug. 2007) abgeschlossen sein. Dadurch ergibt sich keine Notwendigkeit zur Verlängerung des Projektes. Die Fertigung der Bauteile C und D (ALSTOM LHB) ist abgeschlossen. Die Herstellung der Bauteile E ist Gegenstand der laufenden Arbeiten der Firma ALSTOM LHB. Für alle gefertigten Bauteile und Proben erfolgte eine metallographische Charakterisierung. Die Bestimmung des Eigenspannungszustandes nach der Herstellung mittels Röntgenbeugung war aufgrund des Bearbeitungszustandes der Oberflächen bei den Detailproben nicht möglich.

Die Detailproben wurden einer Schwingfestigkeitsprüfung mit konstanter Lastamplitude (R=0) unterzogen. Dabei wurden sowohl die Bruchschwingspielzahl als auch mit Hilfe von DMS bei ausgewählten Proben die Anrissschwingspielzahl ermittelt.

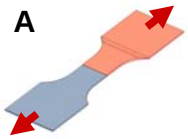
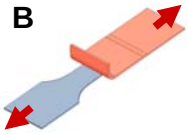
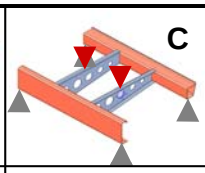
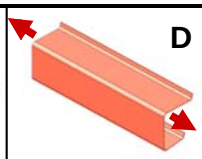
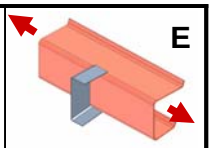
A	B	C	D	E
				
(30 Proben) 30 Proben	(30 Proben) 30 Proben	4 Bauteile	3 Bauteile	20 Bauteile
R=0 (R=0,5)	R=0 (R=0,5)	R=0,05	Statische Versuche	R=0
Bruch und Anriss	Bruch und Anriss	(Bruch) und Anriss		Bruch und Anriss

Bild 2: Versuchsplan

Neben der rechnerischen Beanspruchungsermittlung wurde für die Detailproben eine experimentelle Beanspruchungsanalyse mit Hilfe von DMS und optischen Feldmeßmethoden durchgeführt und die Beanspruchungen aus Experiment und Berechnung verglichen.

2.2 Weiteres Vorgehen

Die Schwingfestigkeitsprüfung mit konstanter Lastamplitude der Detailproben wird fortgeführt. Die Detailproben dienen im weiteren Verlauf als Grundlage zur Anwendung der verschiedenen Konzepte zur Lebensdauerabschätzung. Die Bauteile werden einer Schwingfestigkeitsprüfung entsprechend einer schwellenden Belastung mit konstanter Amplitude unterzogen. Hierbei werden sowohl Anrisslastspielzahlen als auch Bruchlastspielzahlen ermittelt. Die Rissentstehung und das Risswachstum werden beispielhaft dokumentiert. Eine rechnerische Bestimmung von Nenn-, Struktur- und Kerbspannungen erfolgt mit Hilfe einer geeigneten FE-Modellierung. Für die Bauteilausschnitte wird hierbei eine Submodellierungstechnik zum Einsatz kommen. Neben der rechnerischen Beanspruchungsermittlung wird für die Bauteile eine experimentelle Beanspruchungsanalyse mit Hilfe von DMS und optischen Feldmeßmethoden durchgeführt, sodass die Beanspruchungen aus Experiment und Berechnung verglichen werden können. Die Detailprobenversuchen und die Beanspruchungsermittlung durch FE-Berechnung erlauben es, die Struktur- und Kerbspannungswöhlerlinien zu ermitteln. Die Übertragbarkeit der vorliegenden Schwingfestigkeitskennwerte kann anhand der Übereinstimmung der an den verschiedenen Probenformen ermittelten Spannungswöhlerlinien bewertet werden. Auf dieser Grundlage kann nun eine rechnerische Abschätzung der Bauteillebensdauer mit dem Nenn-, Struktur- (Hot-Spot) und dem Kerbspannungskonzept erfolgen. Die Ergebnisse der Anwendung der verschiedenen Konzepte können nun im direkten Vergleich mit der experimentellen Lebensdauer des Bauteils bewertet werden. Dies erlaubt es, vorhandene Reserven und die Treffsicherheit der Aussagen zu beurteilen und den Einfluss der verschiedenen Festlegungen und Einflussgrößen zu untersuchen.

3 Geschlossene Stahlprofile aus dem Schienenfahrzeugbau (IMAB)

In diesem Teil des Vorhabens wird eine geschlossene Struktur eines Drehgestellrahmens untersucht. Es ist ein Drehgestellrahmen aus dem Nahverkehrsbereich, der zurzeit eine Freiprüfung erfährt. **Bild 1** zeigt die Belastungskomponenten am Drehgestellrahmen, die während der Prüfung aufgebracht werden.

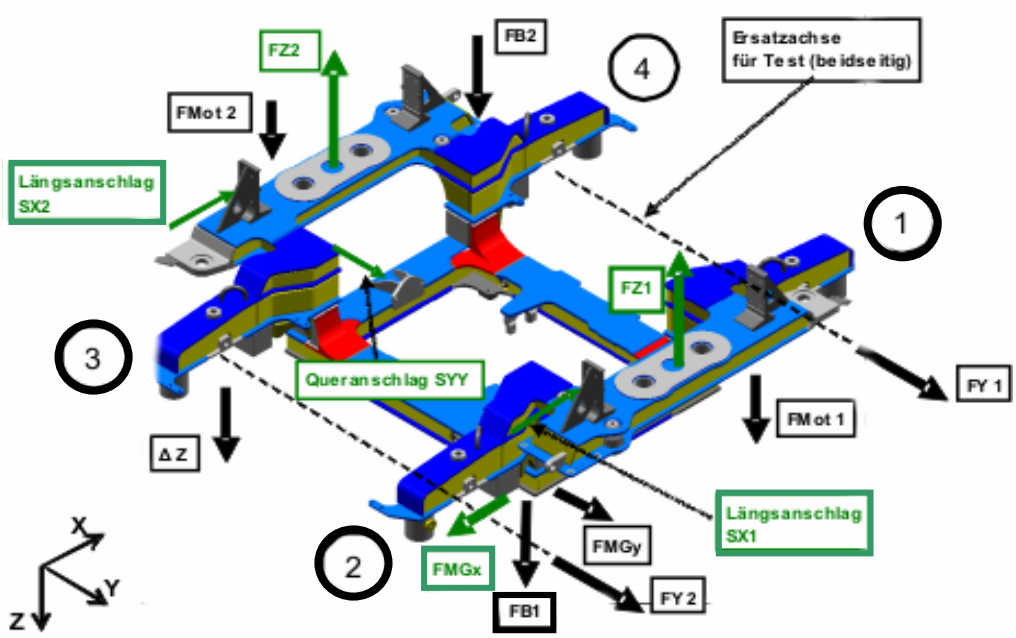


Bild 1: Zu untersuchender Drehgestellrahmen mit den Belastungskomponenten

Als zu untersuchende kritische Stelle sind die Querträger des Drehgestellrahmens festgelegt worden. An diesen Querträgern befinden sich die Längsanbindungen des Wagenkastens. Diese Anbindungspunkte sind in den Querträger eingeschweißte Bolzen, **Bild 2**.

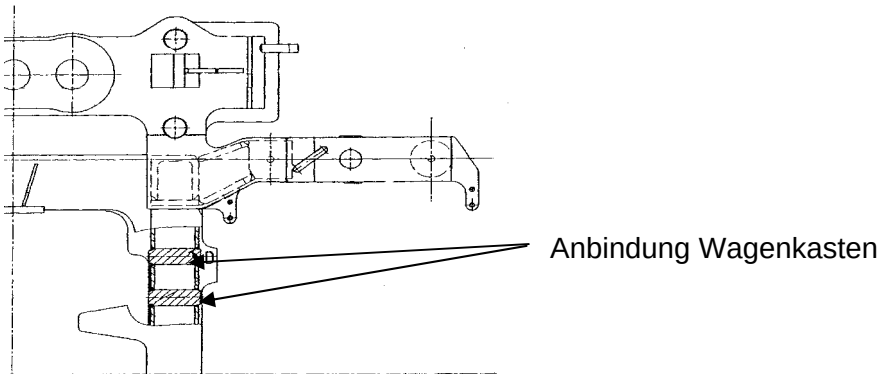


Bild 2: Ausschnitt Drehgestellrahmen mit Anbindungspunkten des Wagenkastens

In diesem Bereich wird der Querträger auf Biegung und Torsion belastet. **Bild 3** zeigt die Detailproben, an denen die Belastung des Querträgers nachgebildet wird.

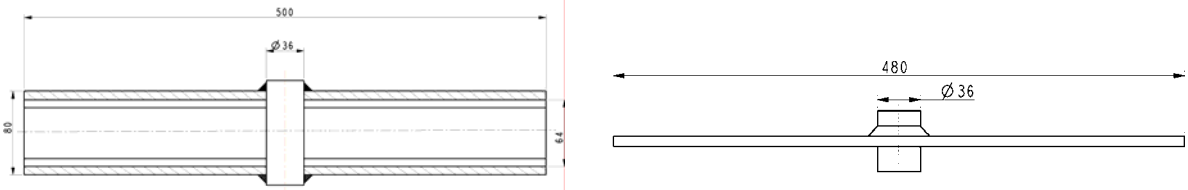


Bild 3: Detailproben

Die Detailproben sind, bis auf die Flachproben und die Rohrproben mit der variabler Amplitude, bereits geprüft worden, **Bild 4**. Alle Proben sind geschweißt. Somit sind die bisher ausgeführten Arbeiten im Zeitplan.

Belastung (Probenform/ R / Belastungsform)	Rohrprobe Torsion R = 0	Rohrprobe Biegung R = 0	Rohrprobe Biegung R = 0,5	Rohrprobe Biegung R = 0 geglüht	Rohrprobe Kollektiv	Flachprobe Zug R = 0
Kehlnaht	X	X	X	X X	X	X
HY-Naht		X		X X	X	
HV-Naht						X

Bild 4: Probenplan

4 Forschungsstellen und Forschungsstellenleiter

Forschungsstelle 1:

IFS - Institut für Füge- und Schweißtechnik
TU Braunschweig
Langer Kamp 8
D-38106 Braunschweig
Tel.: 0531/391-7820, Fax: 0531/391-5834

Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr.-Ing. K. Dilger

Projektleiter: Dipl.-Phys. Tim Welters
Dipl.-Ing. Martin Vogt

Forschungsstelle 2:

IMAB - Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit
TU Clausthal
Leibnizstraße 32
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2201, Fax: 05323/72-3516

Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr.-Ing. A. Esderts

Projektleiter: Dipl.-Ing. Johannes Willen