



1

BELASTUNGS- UND FERTIGUNGSGERECHTE GESTALTUNG EINES CRASHBAUTEILS FÜR DEN SCHIENENFAHRZEUGBAU

DIE AUFGABE

Moderne Schienenfahrzeuge müssen sich hauptsächlich durch eine gute Herstellbarkeit, einen wirtschaftlichen Betrieb sowie eine hohe Sicherheit und Funktionalität auszeichnen. Im Rahmen der Neuentwicklung einer Straßenbahn in Leichtbauweise wurde am Fraunhofer IWS Dresden deshalb ein neues fertigungs- und belastungsgerechtes Design für einen Stoßbügel erarbeitet. Dieses Bauteil soll im Crashfall die Stoßenergie bei vorgegebener maximaler plastischer Deformation aufnehmen und in die dahinter liegenden Crashabsorber weiterleiten. Darüber hinaus muss beim Bahn-Bahn-Crash auch ein »Aufklettern« der Wagen übereinander sicher vermieden werden.

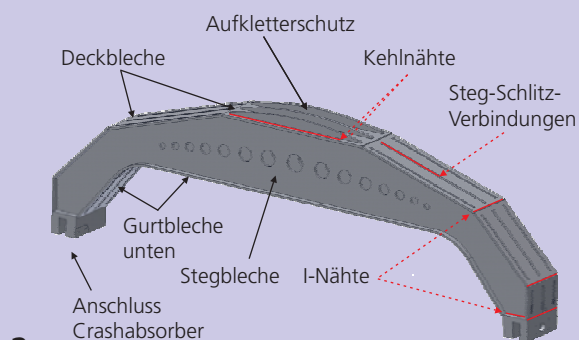
Für die Neuentwicklung wurden folgende Ziele definiert:

- Reduzierung der Fertigungsaufwendungen
- Reduzierung der Materialkosten
- keine Erhöhung der Bauteilmasse
- Garantie der Crashbelastbarkeit
- Gewährleistung des Aufkletterschutzes

UNSERE LÖSUNG

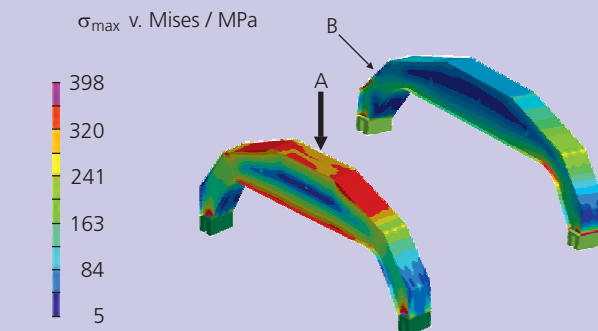
Das im Fraunhofer IWS Dresden entwickelte Design basiert auf einer lasergeschweißten Stahlblechkonstruktion in Steg-Schlitz-Bauweise unter Verwendung des Feinkornstahls S355N mit Blechdicken zwischen 4 und 8 mm (Abb. 2). Dabei sind in den Deckblechen sowie in den unteren Gurtblechen Schlitzte vorgesehen, in welche die drei Stegbleche beim Zusammenbau eingesteckt und anschließend von außen verschweißt werden. Im Mittelteil sind die Stegbleche durch das Deckblech hindurchgeführt und bilden dadurch den Aufkletterschutz. Bei der Bauteilgestaltung wurden insbesondere eine einfache Herstellbarkeit der Einzelteile (überwiegend ebene Blechteile), eine hohe Struktursteifigkeit der Konstruktion (ausgesteifte Kastenkonstruktion) und eine hohe Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung der Schweißverbindungen (lange, von außen zugängliche Nähte) angestrebt.

Konstruktionsprinzip Stoßbügel mit Aufkletterschutz



2

Crash-Simulation (v. Mises Spannung)



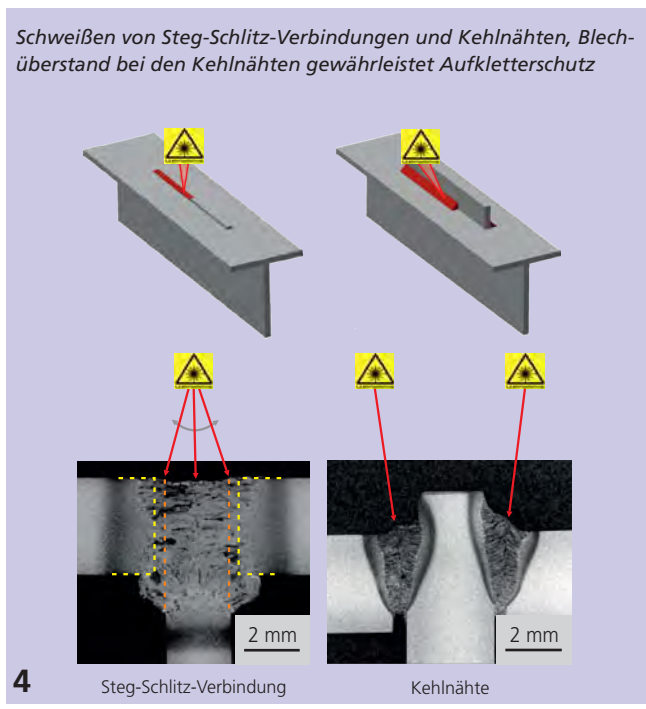
3

ERGEBNISSE

Die Auslegung der Konstruktion erfolgte über Finite Elemente Crashesimulationen. Dabei wurde sowohl der Frontalcrash (A) als auch eine Front-Seitencrash-Situation (B) unter praxisrelevanten Randbedingungen abgebildet (Abb. 3). Die Berechnungen erfolgten mit dem impliziten PAM-CRASH Solver für rein elastisches Materialverhalten. Über die Auswertung der berechneten Strukturspannungen und Bauteildeformationen erfolgte eine schrittweise Optimierung des Bauteildesigns unter der Maßgabe einer minimalen Bauteilmasse. Das Herstellungs-konzept orientiert sich an einem minimalen Fertigungsaufwand und einer hohen Bauteilqualität infolge mechanisierter Fertigungsabläufe. Die Blecheinzelteile inklusive der Schlitze in den Deckblechen bzw. der Durchführungen an den Stegblechen werden mittels Laserstrahlschneiden erzeugt. Der Zusammenbau der Kastenstruktur erfolgt manuell mit punktweisem Heften zur sicheren Positionierung der Einzelteile.

Das Ausschweißen der Konstruktion wird vorteilhaft über Laserstrahlschweißen von außen realisiert. Dabei werden die Steg-Schlitz-Verbindungen mittels lateral gependeltem Laserstrahl über die gesamte Stegbreite mit dem Deckblech verschweißt (Abb. 4, links). Für besonders dicke Stegbleche ($t = 8 \text{ mm}$) können auch zwei separate Schweißnähte hergestellt werden.

Im Bereich des Aufkletterschutzes wird jeweils eine beidseitige Kehlnaht ausgeführt (Abb. 4, rechts). Die Gurtbleche untereinander und die Anschlüsse zu den Crashabsorbern werden mittels I-Nähten realisiert. Aufgrund der zu berücksichtigenden Toleranzen der Einzelteile können im Zusammenbau Fügespalte von bis zu 1 mm auftreten. Dies macht unter Umständen den Einsatz von Schweißzusatzwerkstoff erforderlich. Im Ergebnis der Entwicklung konnte beispielhaft ein neuartiges Konzept für die Gestaltung eines Stoßbügels für Straßenbahnen unter Berücksichtigung der fertigungstechnischen und belastungsseitigen Randbedingungen umgesetzt werden. Mit der neuartigen Stahlblech-Steg-Schlitz-Bauweise wurden die Herstellungskosten (Material + Fertigung) im Vergleich zum Referenzbauteil (monolithische Al-Bauweise) um mehr als 50 % reduziert. Dabei ist die neu entwickelte Variante im Vergleich zur Referenz gewichtsneutral und weist eine vergleichbare Crashperformance auf. Die notwendigen Funktionalitäten, wie integrierter Aufkletterschutz und wechselbare Anbindung an die Crashabsorber, wurden in vollem Umfang berücksichtigt.



1 Designstudie zukünftiger Straßenbahnen

KONTAKT

Dr. Axel Jahn
 Telefon: +49 351 83391-3237
 axel.jahn@ivs.fraunhofer.de

