

Einsturzursache technisch geklärt –
Empa-Expertise
«Turnhallendach» abgeschlossen

Am frühen Morgen des 24. Februar 2009 war das Dach der Dreifachsporthalle des Gewerblichen Berufs- und Weiterbildungszentrums an der Demutstrasse 115 in St. Gallen eingestürzt. Die Staatsanwaltschaft des Kantons St. Gallen beauftragte daraufhin die Empa mit der Abklärung der Schadensursache; inzwischen liegt das Gutachten der Staatsanwaltschaft vor.

Einsturzursache: «Ausbeulen» der Hauptträgerenden

Das Turnhallendach stürzte ein, weil der hohe, dünnwandige und rippenlos ausgeführte Steg der sieben Hauptträger aus Stahl an den fensterseitigen Enden ausbeulte. Durch den anhaltenden Schneefall in den Tagen vor dem Einsturz nahm die Dachlast kontinuierlich zu, ohne jedoch die nach Norm vorgesehene Höchstlast überschritten zu haben. Als die Belastung eines der sieben Hauptträgers seinen Tragwiderstand erreichte, beulte der Steg im Bereich des Trägerendes schlagartig aus; das Hauptträgerende wurde zusammengedrückt (Abbildung 1 bis Abbildung 3). Der Kollaps dieses Hauptträgers löste den plötzlichen Einsturz des gesamten Hallendaches aus. Der wesentliche Ablauf der Kettenreaktion wurde wie folgt rekonstruiert:

Die Kettenreaktion

- Infolge der Umlagerungen der Dachlast von den versagenden Hauptträgern auf die noch intakten, aber ebenfalls zu schwach ausgelegten Hauptträger, beulte deren Steg im fensterseitige Endbereich sukzessive aus;
- Abbruch der Köpfe der fensterseitigen Stützen wegen exzentrischer Belastung (Zeitschritt 3 in Abbildung 2 sowie Abbildung 3);
- Kippbewegung des Daches («einseitiger Einsturz» des Hallendaches) mit Kippachse auf der Kraftraumseite (Abbildung 4);
- Verbiegen der kraftraumseitigen Stützen und Abscheren der Befestigungsschrauben aller Hauptträger wegen aussergewöhnlicher Biegebelastung (Abbildung 5);
- Aufprall des nunmehr von allen Halterungen losgelösten Daches auf den Hallenboden.

Hätte das Stegbeulen verhindert werden können?

Das Versagen durch Ausbeulen ist bei hohen, dünnwandigen Stegen aus Metall allgemein bekannt und wird in der Regel dadurch vermieden, dass an den Trägerenden beidseits des Steges versteifende Rippen über die gesamte Höhe des Steges angebracht werden (Abbildung 6). Die SIA-Norm 263 sieht genau diese Massnahme als Regelfall vor: «Konzentrierte Kräfte sind in der Regel mit aussteifenden Rippen in dünnwandige Tragelemente einzuleiten.» (SIA 263, 4.6.1.1)

Bei entsprechender Dimensionierung können dünnwandige Träger auch ohne Rippen einen ausreichenden Tragwiderstand gegen Stegbeulen aufweisen. Die SIA-Norm 263 beinhaltet den entsprechenden Nachweis des Tragwiderstandes für rippenlose Ausführungen.

Abbildungen

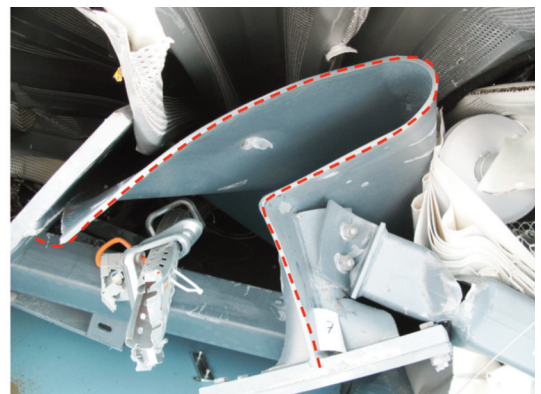


Abbildung 1: Ausgebeulte, rippenlose fensterseitige Trägerenden (blau: ursprüngliche Kontur des fensterseitigen Hauptträgerendes; rot: deformierter Steg eines Hauptträgers).

Abbildungen

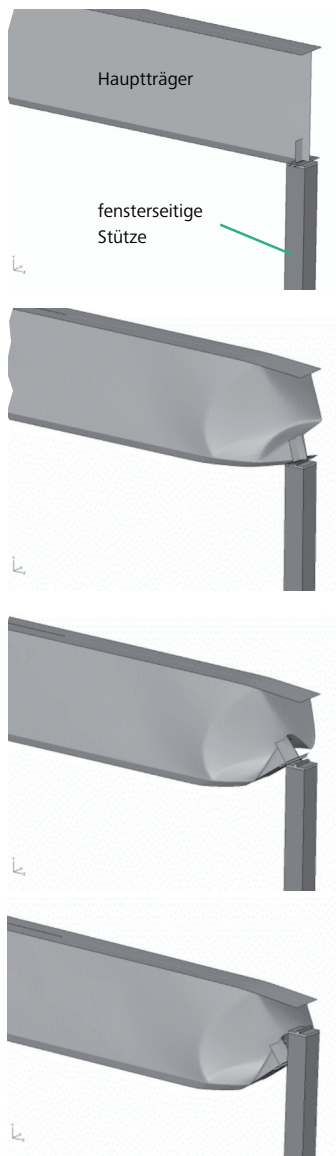


Abbildung 2: Durch Computersimulation rekonstruierter Ablauf des Stegbeulens in vier Zeitschritten

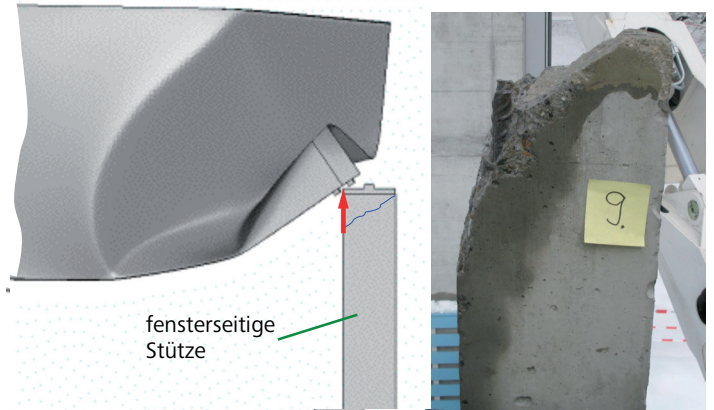
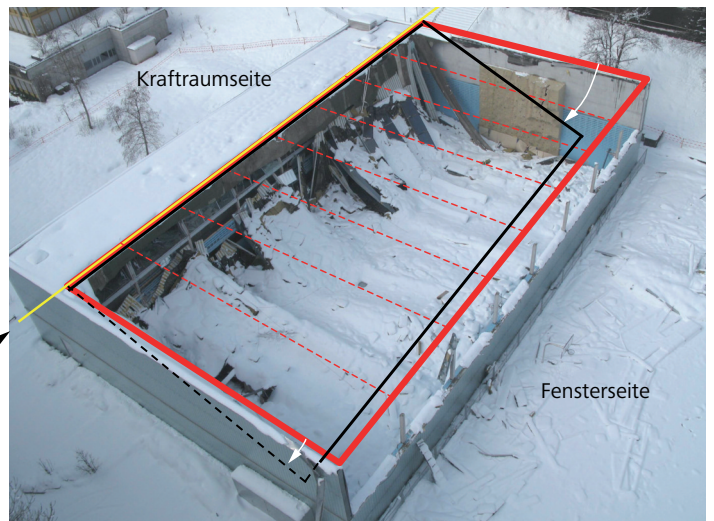


Abbildung 3: Das Ausbeulen des Steges führte zu einer exzentrischen Auflagerkraft auf die Betonstütze, der Stützenkopf bricht ab (links: Computersimulation mit blau gekennzeichnete Abbruchfläche des Stützenkopfs, rechts: abgebrochener Kopf einer Betonstütze).



- ursprüngliche Position des Stahldaches
- - - ursprüngliche Position der sieben Hauptträger
- Stahldach während des Kippvorganges

Abbildung 4: Schematische Darstellung des Einsturzvorganges

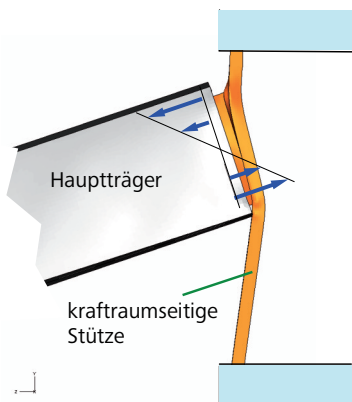


Abbildung 5: Einknicken der kraftraumseitigen Stützen und Abscheren der Befestigungsschrauben durch die Kippbewegung des Hallendaches und durch das hervorgerufene Biegemoment (Pfeile)

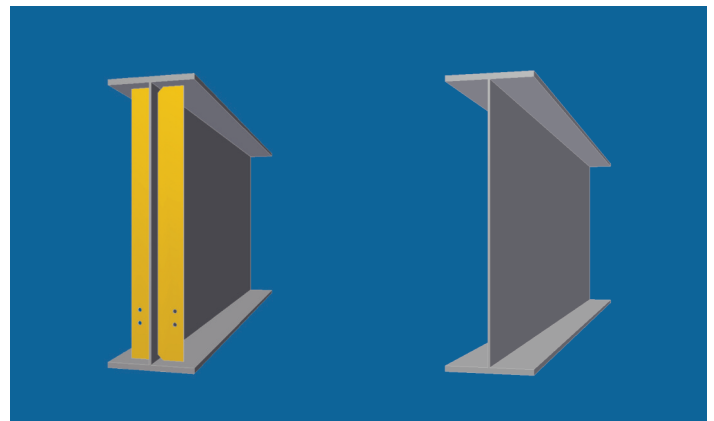


Abbildung 6: Skizze eines Trägers mit versteifenden Rippen an einem Ende (links) und ohne Rippen (rechts)

Auftraggeberin:

lic. iur. Jolanda Dörig,
Untersuchungsrichterin,
Staatsanwaltschaft des Kantons St.Gallen

Projektleiter:

Dr. Gabor Piskoty,
Empa, Abteilung Mechanical Systems Engineering,
Ueberlandstr. 129, CH-8600 Dübendorf, Tel. +41 44 823 40 58,
gabor.piskoty@empa.ch



Materials Science & Technology

Empa

CH-8600 Dübendorf
Überlandstrasse 129

Telefon +41 44 823 55 11
Fax +41 44 821 62 44

CH-9014 St.Gallen
Lerchenfeldstrasse 5

Telefon +41 71 274 74 74
Fax +41 71 274 74 99

CH-3602 Thun
Feuerwerkerstrasse 39

Telefon +41 33 228 46 26
Fax +41 33 228 44 90