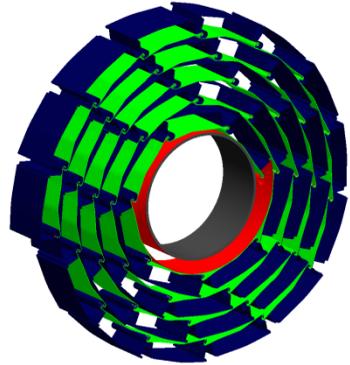


Entwicklung eines Brandschutztores mit expandierenden Eigenschaften



Arslan, G.;

Brandschutz Tore werden nach Feuerwiderstandsklassen unterteilt. Die aktuell auf dem Markt befindlichen Rolltore der EI30-Klasse besitzen einen Rolltorpanzer, Rolltore der EI90- bzw. EI120- Klasse dagegen zwei. Die Torlamellen in aktuellen Feuer-schutz-Rolltoren sind entweder mit Wasser gefüllt oder sind mit Isolationsmaterialien versehen. Die aktuelle Innovation sieht vor, dass nur im Brandfall das Volumen eines mit Blähgraphit versetzten Schaums sich auf das Vierfache des Ausgangsvolumens ausdehnt. Der Vorteil dieser Idee ist, dass die Brandschutz-tore im Normalbetrieb kompakter werden sollen, als die auf dem Markt vorhandenen Systeme. Im diesem Projekt steht die konstruktive Umsetzung sowie die wirtschaftliche Fertigung dieser kompakten Lamelle im Vordergrund.

Rolling gates are classified according to fire resistance class. The currently available on the market rolling gates of the EI30-class have one rolling shutter, rolling gates of EI90-EI120-class or two, however. Panels in the current rolling gates are filled with either water or are provided with insulating materials. The latest innovation provides that under fire conditions, the volume of a mixture containing graphite foam expands to four times the initial volume. This project is the design implementation, determination of the foam composition and the economic production of this compact blade in the foreground.

1 Aufgabenstellung

In Kooperation mit der in Goslar ansässigen Firma Stöbich Brandschutz GmbH soll ein innovatives Brandschutztor entwickelt werden. Brandschutz-tore werden in Feuerwiderstandsklassen, EI30, EI60, EI90, EI120 und EI180, eingeteilt. Sie gibt die Dauer in Minuten an, bei der das Rolltor einem Feuer widerstehen kann. Die Torlamellen in aktuellen Brandschutz-toren sind entweder mit Wasser oder mit Schaum gefüllt. Die aktuelle Innovation sieht vor, dass unter Feuereinwirkung

der Schaum sich auf das Vierfache des Ausgangsvolumens ausdehnt. Die Konstruktion der Lamelle muss diese Expansion des Schaums sicherstellen. Diese Aufgabenstellung übernimmt das Institut für Maschinenwesen. Der weitere Aufbau des Brandschutztors muss für die Expansion der Lamellen angepasst werden, welcher nicht Gegenstand in diesem Artikel ist. Diesen Teil der Entwicklung übernimmt Stöbich. Zur Herstellung der Lamellen soll ein kostengünstiges Fertigungsverfahren angewandt werden. Geplant ist hier das Walzprofilieren. Beim Walzprofilieren wird das Blech kontinuierlich über mehrere Werkzeugrollensätze bewegt. Dabei wird an jeder Station der Querschnitt eines ebenen Blechbandes lokal umgeformt, bis an der letzten Station das gewünschte Blechprofil vorliegt. Weiterhin muss die Verbindung der Lamellen zueinander über eine Gelenkfunktion in die Lamelle integriert werden. Eine Vorgabe bei der Produktentwicklung ist, den Aufwickeldurchmesser des Brandschutzrolltores bei gleicher Feuerwiderstandsklasse um 30 Prozent kleiner zu gestalten als bei den Konkurrenzmodellen.

2 Konstruktionssystematische Lösungssuche

Zur Lösungsfindung der Lamellengeometrie sind zwei Methoden der Konstruktionssystematik nach VDI 2221 angewandt worden. Im Kreis von wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts für Maschinenwesen ist eine Brainstorming-Sitzung durchgeführt. Um von Vorfixierungen gelöst Ideen zu generieren, wurde die Aufgabenstellung allgemein formuliert mit dem Titel "Entwicklung einer Feuerschutzeinrichtung für eine definierte Zeit und zur Trennung von Räumen". Dabei muss die geplante Feuerschutzeinrichtung folgende Funktionen erfüllen, die sich aus der Anforderungsliste ergeben:

- Erfüllung der geforderten Feuerwiderstandsklasse
- Kompakte Aufbewahrung
- Berücksichtigung einer Soll-Verformungszone
- Erreichen der Dauerfunktionsfähigkeit (10.000 Zyklen an Öffnungs- und Schließvorgängen)
- Vermeidung von Quetschgefahren
- Minimierung der Fertigungskosten

Zur qualitativen Beurteilung der Prinziplösungen sind Bewertungskriterien erstellt. Dabei werden die Hauptfunktionen zum Teil weiter aufgegliedert, und diese mit Punkten versehen. Die Vergabe der Punkte erfolgt nach eigenen Kriterien und die einzelnen Lösungen werden entsprechend bewertet. In Tabelle 1 sind die drei besten Lö-

sungen aufgeführt. Die Stahllamellen, die mit kurzen Seilstücken miteinander verbunden sind, ist für die beste Lösung erachtet worden. An zweiter Stelle folgt die Lösung nach dem Prinzip des Sektionaltors, und an dritter Stelle die Lösung mit asymmetrischer Anordnung der Gelenklage. Nach eingehender Diskussion mit Stöbich wurde die Prinziplösung mit asymmetrischer Anordnung für die Auskonstruktion ausgewählt.

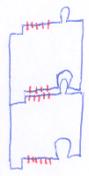
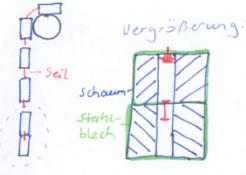
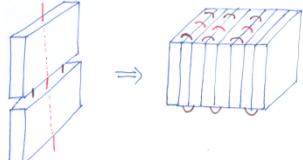
Prinziplösungen	Vor-u. Nachteile
<p>Asymmetrische Anordnung des Gelenks mit Stufe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + Aufwickelradius kleiner als bei Prinziplösung mit symmetrischer Gelenkanordnung + Behinderung des Wärmedurchgangs an der Stufe - Ausnutzungsgrad nicht gut
<p>Zwei Stahllamellen mit Seil verbunden</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + einfache Stahlprofilgeometrie + sehr guter Ausnutzungsgrad - Quetschgefahr
<p>Sektionaltor mit horizontaler oder vertikaler Aufbewahrung</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + Kompakte Aufbewahrung + Reduzierung der - Konstruktiver Aufwand ist größer

Tabelle 1: Ausgewählt Prinziplösungen

3 Bewegungsanalyse

In Abbildung 1 ist der Querschnitt eines Rollkastens zu sehen. Auf der Welle sind die Lamellen spiralförmig in mehreren Lagen aufgewickelt. Die Bewegungsanalyse wird eingesetzt, um die Aufwicklung der La-

mellen in Abhängigkeit vom Wickeldurchmesser und realer Lamellengeometrie auf der Welle abzubilden.

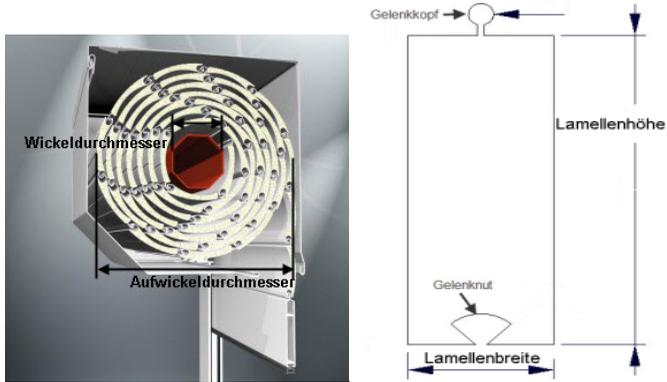


Abbildung 1: Rolltorkasten

Abbildung 2: Theoretische Lamelle

Die Bewegungsanalyse erfolgt in Pro/E mit dem Applikationsmodul Mechanismus. Ausgehend von einer theoretischen Lamelle, wie in Abbildung 2 dargestellt, sind zwei Gelenkformen A und B entwickelt worden. In Abbildung 3 ist zu erkennen, dass die Gelenkform keinen wesentlichen Einfluss auf den Aufwickeldurchmesser hat.

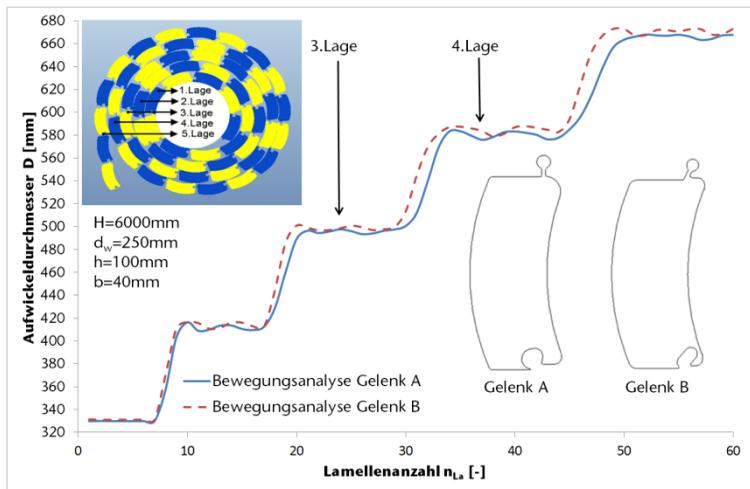


Abbildung 3: Einfluss der Gelenkform auf den Aufwickeldurchmesser

Die Durchführung einer Bewegungsanalyse in Pro/E zur Bestimmung des Aufwickeldurchmessers von Toren nimmt mehrere Stunden in

Anspruch, da erstens eine hohe Anzahl an Lamellen benötigt wird und zweitens für jede Lamelle die Kontaktstelle mit allen anderen Kontaktpartnern definiert werden muss. Diese Kontaktstellen der Lamelle muss für jede Lage immer wieder neu definiert werden. Die Bewegungsanalyse eignet sich hervorragend zum Entwerfen der Gelenkform und zum Untersuchen der Übergänge der Lamelle von benachbarten Lagen, da für solche Analysen im Allgemeinen ein Dutzend Lamellen ausreichen. Daher ist eine analytische Formel hergeleitet worden, mit der über die Eigangsgrößen (Wickeldurchmesser d_w , Lamellenbreite b und Torhöhe H) der Aufwickeldurchmesser D berechnet werden kann /1/:

$$D(d_w, b, H) = \left(\frac{3}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_w}{b} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{4 \cdot H}{\pi \cdot b}} \right) \cdot b$$

In Abbildung 4 sind für verschiedene Lamellenabmessungen und Gelenkformen A und B in Abhängigkeit vom Wickeldurchmesser der Aufwickeldurchmesser dargestellt. Der Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung.

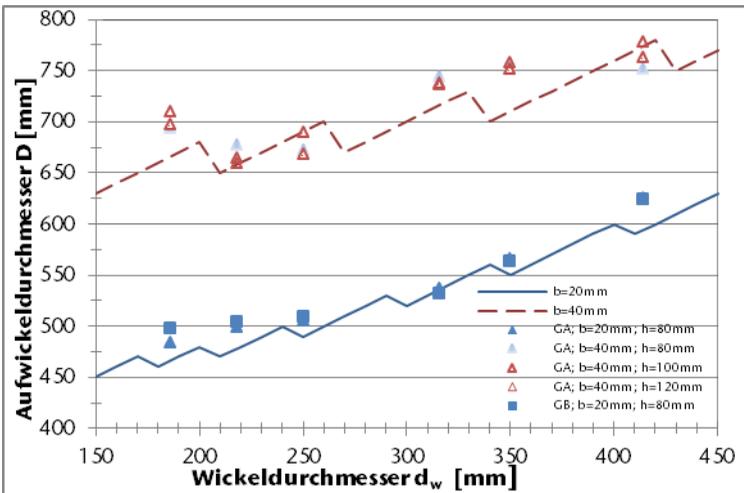


Abbildung 4: Einfluss der Gelenkformen auf den Aufwickeldurchmesser bei einer Torhöhe von 6m

4 FE-Analyse

Es sollen kritische Gelenkstellungen aus der Bewegungsanalyse numerisch auf ihre Festigkeit untersucht werden. In Abbildung 5 sind die beiden Gelenkstellungen für die Lamelle mit asymmetrischer Gelenkanordnung dargestellt /2/. Der kritische Zustand liegt dann vor, wenn an der ersten Lamelle das ganze Gewicht der restlichen Lamellen wirkt.

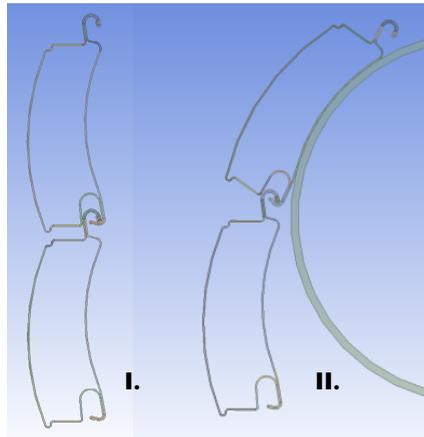


Abbildung 5: Kritische Gelenkstellungen

Für den Feinblechwerkstoff DC01 ergeben sich Spannungen, die deutlich unterhalb der Streckgrenze liegen, siehe Abbildung 6.

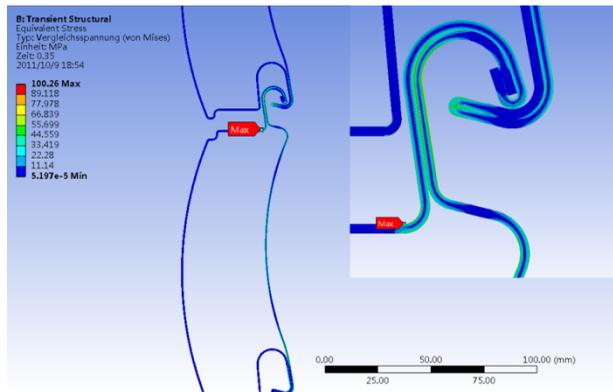


Abbildung 6: Vergleichsspannung für die erste Gelenkstellung

5 Fertigungsverfahren

Die Lamellenherstellung ist mit dem Walz- bzw. Rollprofilieren geplant. Das Walzprofilieren erfordert umformtechnische Kenntnisse, die bei der Konstruktion der Lamelle berücksichtigt werden muss. Es werden kommerzielle Programme angeboten, die den Fertigungsvorgang am Rechner komplett simulieren können. In diesem Projekt wird das Programm Profil von Fa. Ubeco eingesetzt. Das CAD-Modell des Blechbauteils wird zuerst in ein 2D-Modell konvertiert, bevor es in Profil aufgerufen wird. Profil arbeitet mit der äußeren Mantellinie des Bauteils. Der Anwender des Programms legt die einzelnen Stationen fest, nach denen das Bauteil stufenweise hergestellt wird. Die graphische Abbildung aller Stationen wird als Profilblume bezeichnet. Zur Qualitätssicherung wird im ersten Schritt automatisch die Bandkantendehnung ermittelt. Sie gibt ersten Hinweis, wie fertigungsnah die Konstruktion ist. In Abbildung 7 ist für das Innenteil der zweiteilig ausgeführten Lamelle die Profilblume und die Bandkantendehnung bzw. –spannung dargestellt. Das Programm unterstützt den Konstrukteur beim Entwerfen der Rollensätze für die einzelnen Stationen. Profil bietet eine Schnittstelle zum FEM-System Abaqus/Explicit, um dort den ganzen Walzprofilierprozess zu simulieren. Die Rollensätze für das Innenteil der zweiteilig ausgeführten Lamelle kann aus Abbildung 8 entnommen werden /3/.

Bandkantenmessungen:		Wertskala:		Flie = 200 N/mm ²	
Lehren	Leil	%	SH	%	He
3	1	86	1	86	
0	2	59	1	59	
2	3	31	1	31	
7	4	8	1	8	
8	5	4	1	4	
9	6	1	1	1	
10	7	0	1	0	
9	8	0	1	0	
9	9	0	1	0	
0	10	0	1	0	



Abbildung 7: Profilblume und Bandkantenspannungen der Lamelle

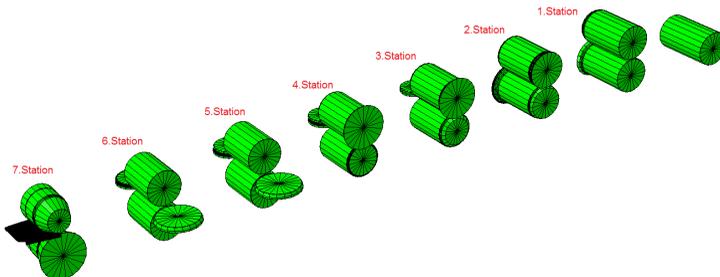


Abbildung 8: Rollensätze für das Bauteil von Abbildung 7

6 Brandversuche

Es sind Brandversuche mit einfachen Versuchsproben durchgeführt. In Abbildung 9 ist die Versuchsprobe dargestellt, die Ihr Ausgangsvolumen auf das Dreifache vergrößert hat. Es ist zu erwähnen, dass senkrecht zur Flammenrichtung, die Versuchsprobe konstruktiv geschwächt worden ist, um den Expansionsdrang zu ermöglichen.



Abbildung 9: Expandierte Versuchsprobe

7 Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes ist für ein Brandschutzrolltor die Torlamelle zu entwickeln. Auf Basis der Anforderungsliste ist eine konstruktionssystematische Lösungssuche erfolgt. Aus der Bewegungsanalyse haben sich die Grundabmessungen der Lamelle ergeben. Nach der Festigkeitsbetrachtung der Lamelle und dem Walzprofilieren ist in mehreren Schleifen die Konstruktion mehrmals angepasst worden. Aus Brandversuchen an Lamellenproben ist die konstruktive Schwächung für die Expansion bestimmt worden.

8 Literatur

- /1/ Bai, Pingping: Bestimmung des Aufwickeldurchmessers von Rolltoren durch Bewegungsanalyse in Pro/E, Diplomarbeit TU Clausthal, 2011
- /2/ Mu, Shuai: Einsatz der Bewegungsanalyse und FEM beim Produktentwurf einer Brandschutzlamelle, Diplomarbeit TU Clausthal, 2011
- /3/ Güllü, Ilker: Simulation des Walzprofilierens am Beispiel einer Torlamelle mit Profil, Studienarbeit TU Clausthal, 2011