

Neue Bremsfangvorrichtungen für Aufzüge

Nachgewiesene Sicherheit

Steigende Fahrkorbgeschwindigkeiten und Traglasten erhöhen den Anspruch an die Fangvorrichtungen von Personenaufzügen bei begrenztem Bauraum. Mit einer vom Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart (IFT) im Auftrag der Sautter Lift Components GmbH in Stuttgart methodisch entwickelten, prototypisch realisierten und im Laborversuch geprüften Bremsfangvorrichtung kann ein sicherer Betrieb von Personenaufzügen bei deutlich reduziertem Gewicht und Platzbedarf der Bremsfangvorrichtung gewährleistet werden.

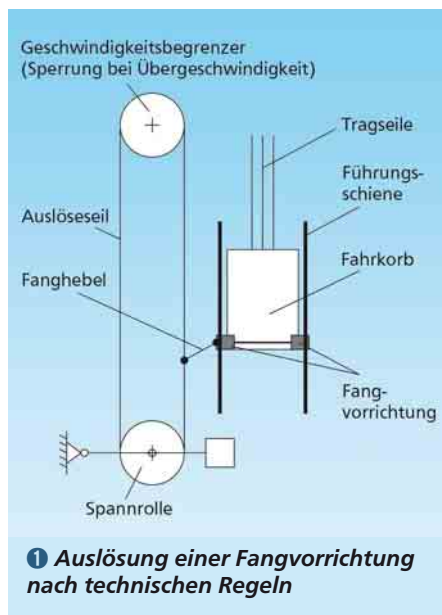
- Christian Vorwerk
- Thomas Kuczera
- Iljo Nikic

All safe, gentlemen

Die Fahrkörbe von Personenaufzügen müssen nach den technischen Regeln der DIN EN 81 und der durch die Aufzugsverordnung seit Juni 1998 in nationales Recht umgesetzten europäischen Richtlinie 95/16/EG mit einer Fangvorrichtung ausgestattet sein, die eine unkontrollierte Fahrbewegung des Fahrkorbes beim Überschreiten einer vorbestimmten Maximalgeschwindigkeit verhindert. Seit dem 19. Jahrhundert werden Fangvorrichtungen im Aufzugsbau mit inzwischen zahlreichen Modifikationen und verschiedenartigen Spezifizierungen erfolgreich eingesetzt. Bereits im Jahr 1854 wurden von *Elisha G. Otis* im New Yorker Crystal Palace Fangversuche mit einem Personenaufzug durchgeführt, die stets von dem Ausruf: „All safe, gentlemen, all safe!“ begleitet gewesen sein sollen. Der historische Hintergrund für die Entwicklung von Fangvorrichtungen war die Furcht vor dem Versagen des Tragmittels bei Schachtförderanlagen im Bergbau. Da jedoch durch fehlerhaftes Einrücken der Fangvorrichtung durch im Bergbau naturgemäß schlecht ausgerichtete Führungsschienen zahlreiche Unfälle aufgetreten sind, werden sie in Schachtförderanlagen seit etwa 40 Jahren nicht mehr eingesetzt.

Das Sicherheitskonzept

Die nach den Sicherheitsregeln für elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge einzusetzende Fangvorrichtung muss in der Lage sein, den mit Nennlast beladenen Fahrkorb nach Auslösung durch den Geschwindigkeitsbegrenzer in Abwärtsrichtung an den Führungsschienen abzubremser und



festzuhalten (Bild 1). Als Sicherheitsbauteil von (im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung überwachungsbedürftigen) Aufzugsanlagen wird eine Fangvorrichtung sowohl im Rahmen der Prüfung vor Inbetriebnahme als auch bei der wiederkehrenden Hauptprüfung im Abstand von zwei Jahren durch eine Fangprobe überprüft. Da die Fangprobe dabei nicht aus dem freien Fall, sondern

durch das Fangen des über die Seile mit dem Gegengewicht verbundenen Fahrkorbes durchgeführt wird, beurteilt man die Einhaltung der technischen Regeln vor Inbetriebnahme durch die bei 1,25-facher Nutzlast auftretenden Bremswege.

Nach einer Untersuchung des Verbandes der Technischen Überwachungsvereine über einen Beobachtungszeitraum von mehr als 20 Jahren führten unterschiedliche Ursachen zu einer unkontrollierten Fahrbewegung in Abwärtsrichtung [1]:

- ▶ Unterbrechung der Verbindung Fahrkorb/Gegengewicht
- ▶ mangelnde Treibfähigkeit (Durchrutschen des Seiles)
- ▶ Unterbrechung der Verbindung Bremse/Treibrscheibe
- ▶ Fehler in der Steuerung.

Die Wahrscheinlichkeit eines Tragmittelversagens ist dabei extrem gering, da der Fahrkorb bei elektrisch betriebenen Aufzügen üblicherweise an drei oder mehr parallel laufenden Seilen mit einem Sicherheitsfaktor von nicht weniger als 12 (je Tragseil!) aufgehängt ist. Da Aufzüge häufig mit geringer Nutzlast betrieben werden und in diesem Fall das Gegengewicht eine größere Masse hat als der beladene Fahrkorb, finden die meisten unkontrollierten Fahrbewegungen bei einem Ausfall der Bremse in Aufwärtsrichtung statt [2].

Erläuterung: 0 = Spalte wichtiger als Zeile 1 = gleichgewichtig 2 = Zeile wichtiger als Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Summe	Gewichtungsanteil
	Einbaumaße	Gesamtgewicht	Gehäuseausführung	Anzahl der Fertigungsteile	Fertigungsaufwand	Anzahl der Normteile	Montageaufwand	Einstellung der Bremskraft	Prinzip der Fangvorrichtung	Haltung in der neutralen Stellung	Spannkontakt	Lösen aus dem Fang	Einrückkräfte	Einstellbarkeit der Schienenkopfbreite		
1 Einbaumaße	2	2	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	8	0,044
2 Gesamtgewicht	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0,011
3 Gehäuseausführung	0	1	2	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	5	0,027
4 Anzahl der Fertigungsteile	1	2	2	2	1	2	2	0	0	1	0	0	0	1	12	0,066
5 Fertigungsaufwand	2	2	2	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	1	13	0,071
6 Anzahl der Normteile	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,022
7 Montageaufwand	2	2	1	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	1	8	0,044
8 Einstellung der Bremskraft	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	1	2	2	21	0,115
9 Prinzip der Fangvorrichtung	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	25	0,137
10 Haltung in der neutralen Stellung	0	1	1	1	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0	7	0,038
11 Spannkontakt	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	25	0,137
12 Lösen aus dem Fang	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	0	2	2	2	21	0,115
13 Einrückkräfte	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	0	0	2	1	17	0,093
14 Einstellbarkeit der Schienenkopfbreite	2	2	2	1	1	2	1	0	0	2	0	0	1	2	14	0,077
															182	1

2 Gewichtungsmatrix zum Kriterienvergleich

Bei einer Überschreitung der Nenngeschwindigkeit des Fahrkorbes um mindestens 15 % wird das Auslöseseil durch den ständig überwachten Geschwindigkeitsbegrenzer mechanisch (und damit unabhängig von der Energieversorgung) abgebremst und löst die Fangvorrichtung am Fahrkorb über den Fanghebel aus. Dabei wird der Antrieb elektronisch abgeschaltet. Um Verletzungen durch ein Abheben der Fahrgäste vom Kabinenboden zu vermeiden, darf die Verzögerung durch die Fangvorrichtung für einen unbeladenen, aufwärts fahrenden Fahrkorb nicht größer als die Erdbeschleunigung werden. Das Lösen und selbstständige Rückstellen der Fangvorrichtung darf nur durch eine Bewegung des Fahrkorbes in Gegenrichtung erfolgen.

Methodische Entwicklung

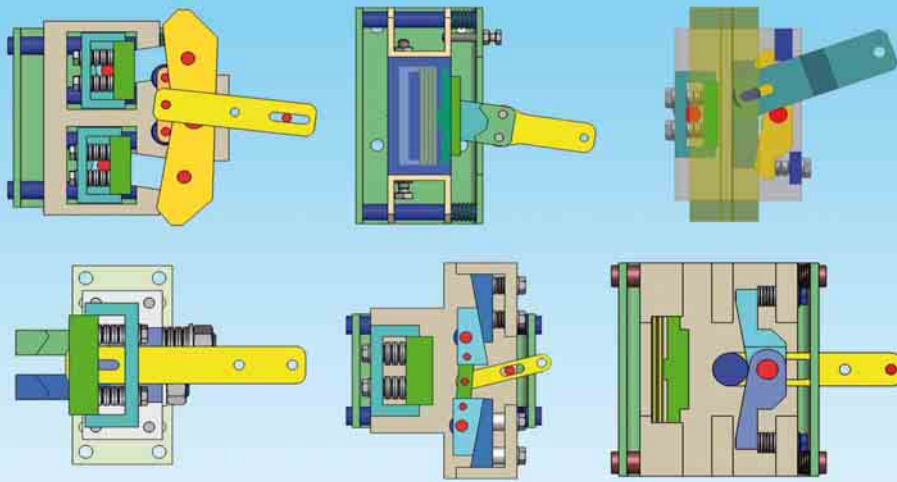
Im Aufzugsbau werden verschiedene Arten von Fangvorrichtungen verwendet, wobei die sog. Sperrfangvorrichtungen (als Keil- oder Rollenfangvorrichtung) nur für Nenngeschwindigkeiten bis 1 m/s ein-

gesetzt werden dürfen. Für den angestrebten Nenngeschwindigkeitsbereich des Fahrkorbes von bis zu 2,5 m/s musste die Neukonstruktion deshalb als Bremsfangvorrichtung ausgeführt werden. Diese Bauform bietet üblicherweise den Vorteil, dass die gewünschte Fahrkorbverzögerung in Abhängigkeit von der beim Einrücken auf die Führungsschiene wirkenden Normalkraft über die Vorspannung von Tellerfederpaketen eingestellt werden kann. Da jedoch die aus der Normalkraft resultierende Bremskraft von den variablen Reibwerten in den Reibpaarungen (Bremsbacke/Führungsschiene und Fangrolle/Führungsschiene) abhängig ist und die wirksamen Massen die entstehende Verzögerung beeinflussen, muss zur Quantifizierung der geforderten Normalkräfte eine getrennte Berechnung für alle denkbaren Szenarien durchgeführt werden. Um die geforderten Verzögerungswerte für beide Fahrtrichtungen unabhängig vom gewählten Szenario (z. B. Bruch der Treibscheibenwelle oder Versagen des Tragmittels) und der prozentualen Nutzlast einhalten zu können, müssen

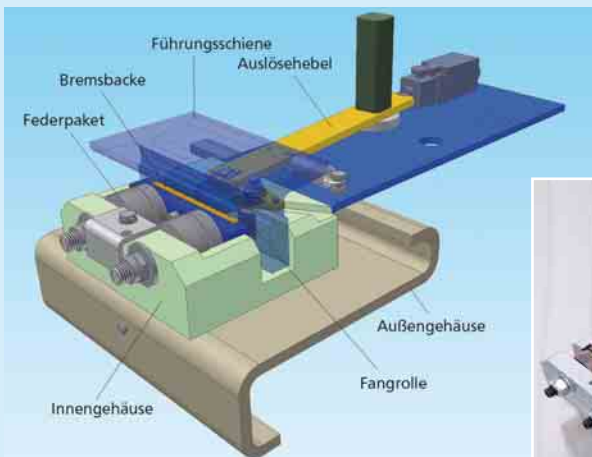
die Normalkräfte für den Fang in Aufwärts- und Abwärtsrichtung unabhängig voneinander einstellbar sein.

Durch eine systematische Konstruktion auf Basis der morphologischen Analyse wurden unterschiedliche Varianten entwickelt und ihre Ausprägungen zu den Wunsch- und Pflichtkriterien im Lastenheft ermittelt und mit einer Gewichtungsmatrix bewertet. Die morphologische Analyse stellt eine kreative analytische Methode dar, die eine vollständige Erfassung komplexer Problembereiche gestattet und hilft, alle möglichen Lösungen vorurteilslos zu betrachten. Bei der Entwicklung der Gewichtungsmatrix wurde das Verfahren des „paarweisen Vergleichs“ angewendet, das eine schnelle und objektive Qualitätsbewertung ermöglicht (Bild 2).

Anschließend werden die Ausprägungen jedes Kriteriums (z. B. „Montageaufwand“) hinsichtlich der Funktionalität-Kosten-Beziehung nach der VDI-Richtlinie 2225 mit Bewertungsfaktoren von 0 bis 4 multipliziert und die optimale Ausprägung des Merkmals ausgewählt. Aus einem Vergleich von sechs verschiedenen



3 Methodische Neukonstruktion mit Variantenvergleich



4 Wirkungsweise der neuen Bremsfangvorrichtung



5 Prototypische Umsetzung der Fangvorrichtung



6 Statische Festigkeitsuntersuchung

(Bilder: IFT)

Resümee und Ausblick

Im Auftrag der Sautter Lift Components GmbH wurden vom IFT der Universität Stuttgart technische Varianten für die Konstruktion von Bremsfangvorrichtungen für Aufzüge systematisch entwickelt, anhand von Merkmalsausprägungen methodisch analysiert und verglichen. Die Analyseergebnisse wurden in einer optimalen Neukonstruktion ausgearbeitet, prototypisch umgesetzt und die Einhaltung der technischen Regeln im statischen und dynamischen Versuch nachgewiesen. Eine morphologische Analyse gestattet neben einer vollständigen Erfassung komplexer Problembereiche und einer objektiven Betrachtung aller möglichen Lösungen den Vergleich einer Konstruktionsvariante mit bestehenden Produkten. Sie wird deshalb im IFT zur Durchführung von Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben bevorzugt eingesetzt. □

Lösungsmöglichkeiten (Bild 3) wurde die somit als optimal bewertete Variante gewählt und in einer Feinkonstruktion detailliert ausgearbeitet (Bild 4). Durch dieses systematische Vorgehen mit einer objektiv gewichteten Bewertung aller Einzelkriterien lässt sich ein direkter Vergleich mit bestehenden Lösungen (auch anderer Hersteller!) bereits vor der prototypischen Umsetzung einer Neukonstruktion anstellen.

Mit der neu entwickelten Bremsfangvorrichtung (Bild 5) wird im Vergleich zum alten Produkt eine Reduzierung der Masse um 60 % auf 18 kg bei einer Halbierung der Abmessungen in allen drei Raumrichtungen erreicht. Die Bremsfangvorrichtung ermöglicht eine zulässige Gesamtmasse des beladenen Fahrkorbes von 2400 kg bei einer Nenngeschwindigkeit von 2,5 m/s und kann für Schienenkopfbreiten zwischen 9 und 16 mm eingesetzt werden.

Statische und dynamische Tests

Um die Funktionalität der neuen Bremsfangvorrichtung als Vorbereitung auf die Baumusterprüfung zu verifizieren und ggf. Optimierungspotenzial der Konstruktion zeigen zu können, wurden statische und dynamische Tests im Labor durchgeführt. Zunächst wurde die berechnete Festigkeit

der Komponenten durch einen Zugversuch im IFT überprüft.

Zur Versuchsdurchführung wurden die Tellerfederpakete so stark vorgespannt, dass die beim Einrücken der Bremsfangvorrichtung auf die Führungsschiene entstehende Normalkraft nicht durch den Anschlag der Fangrolle am Innengehäuse begrenzt wird. Nach dem Auslösen des Fangvorganges wurde die Zugkraft zwischen Innengehäuse und Führungsschiene mit einem Hydraulikzylinder schrittweise bis zum Versagen der im Vergleich zur Bremsfangvorrichtung deutlich weicheren Führungsschiene erhöht (Bild 6).

Die im statischen Zugversuch erreichte Kraft von 150 kN entspricht dem 4-fachen der im praktischen Einsatz maximal denkbaren Belastung und führte nicht zu einem Versagen der Fangvorrichtung.

Um realitätsgetreue dynamische Bremsversuche durchführen zu können, wurde vom Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart ein Fallprüfstand entwickelt und aufgebaut. Mit dem Einsatz von kapazitiven Beschleunigungssensoren und Seilzugensoren für die Wegmessung kann der Bremsvorgang auch beim freien Fall des Fahrkorbes durch ein Versagen der Tragmittel untersucht und die Einhaltung der technischen Regeln für die Baumusterprüfung sichergestellt werden.

Literatur

- [1] Feyrer, K.: Prüfung der Fangvorrichtung im Aufzug. Lift-Report 23 (1997) 1, S. 6-12.
- [2] Feyrer, K.; Dudde, F.: Schutzmaßnahmen gegen unkontrolliertes Fahren von Treibscheibenaufzügen. Lift-Report 20 (1994) 5, S. 6-14.

Dipl.-Ing. Christian Vorwerk
ist Oberingenieur am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart

Dipl.-Ing. Thomas Kuczera
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart

Dipl.-Ing. Iljo Nikic
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart