

Risikopotential Fangvorrichtung – Prüfungen mit Testgewichten sind nicht aussagekräftig genug!

Tim Ebeling¹⁾

Die nahezu weltweit gängige Praxis, die Fangvorrichtung von Aufzügen beim Inverkehrbringen mit Gewichten zu prüfen, hat eine einleuchtende Berechtigung: Während dieser Tests werden alle Bauteile einem mechanischen Stresstest unterzogen und somit können Montagefehler und strukturelle Unzulänglichkeiten aufgedeckt werden.

Dieser Test kann jedoch die Wirksamkeit der Fangvorrichtung im worst case – dem Nothalt aus dem freien Fall mit voller Zuladung – nur sehr bedingt bzw. nicht nachweisen. Das Gleiche gilt für etwaige wiederkehrende Prüfungen in den geforderten Zeitintervallen. Diese These lässt sich nicht nur mit zahlreichen Beispielen aus der Praxis nachweisen, sondern ist auch physikalisch leicht nachvollziehbar.

Inzwischen existieren auch Alternativen zur althergebrachten Prüfung, die ohne den Einsatz von Gewichten eine deutlich sicherere und aussagekräftigere Prüfung von Fangvorrichtungen erlauben.

1. Ausgangssituation

1.1 Anforderungen an Fangvorrichtungen für Aufzüge

In nahezu allen heutzutage existierenden Sicherheitsstandards für Aufzüge wird gefordert, dass eine Fangvorrichtung in der Lage sein muss eine voll beladene Kabine aus dem freien Fall sicher zu einem vollständigen Halt zu verzögern. Je nach Standard werden verschiedene Verzögerungsgrenzwerte gefordert, die dabei nicht unter- bzw. überschritten werden dürfen. In vielen Ländern werden statt der Verzögerungsgrenzwerte sogenannte minimale und maximale sliding-distances gefordert. Dabei wird die Länge der Bremsspur der Fangvorrichtung auf den Schienen gemessen, die physikalisch natürlich der erreichten Verzögerung entspricht.

In der Regel ist dies bei der Inbetriebnahme und bei wiederkehrenden Prüfungen (beispielsweise in Teilen Euro-

pas alle 2 Jahre, in Nordamerika alle 5 Jahre) nachzuweisen.

1.2 Die Prüfung von Fangvorrichtungen mit Testgewichten

Seitdem Elisha Graves Otis 1854 auf der Weltausstellung in New York seine revolutionäre Sicherheitsbremse für Aufzüge vorstellte, werden die Tragseile von Aufzügen in der Regel nicht mehr absichtlich durchtrennt, um die Wirksamkeit der Fangvorrichtung nachzuweisen.

Stattdessen wird die Kabine mit ihrer Nennlast beladen, in Abwärtsrichtung beschleunigt und dann bei Nenngeschwindigkeit bzw. Auslösegeschwindigkeit des Geschwindigkeitsbegrenzers die Fangvorrichtung ausgelöst. Die dabei entstehenden Verzögerungen werden entweder während des Vorgangs gemessen oder in Form der sliding-distances anschließend von den Führungsschienen abgenommen. Wenn die gemessenen Ergebnisse den Anforderungen des jeweiligen Sicherheitsstandards entsprechen und die Mechanik des Aufzuges keinen erkennbaren Schaden genommen hat, gilt der Sicherheitstest als bestanden.

1.3 Die Prüfung von Fangvorrichtungen ohne Testgewichte

Während des Inverkehrbringens von neu errichteten Aufzugsanlagen werden die Fangvorrichtungen fast überall auf der Welt mit Testgewichten geprüft. In den letzten Jahren bildete nur Österreich eine Ausnahme. Hier durfte die Wirksamkeit der Fangvorrichtung aufgrund eines demnächst geschlossenen Schlupflochs in der europäischen Norm mit Ersatzmaßnahmen in Form von spezialisierten elektronischen Prüfsystemen nachgewiesen werden.

Die wiederkehrende Prüfung von Fangvorrichtungen wird in Deutschland seit über 20 Jahren meist ohne den Einsatz von Testgewichten durchgeführt. Stattdessen werden elektronische Prüfsysteme zum Einsatz gebracht, die die Kräfte der Fangvorrichtungen messen und daraus deren Wirksamkeit für die betreffende Aufzugsanlage bestimmen

können. Mit der 2013 Edition der A17.1 (USA) bzw. B 44 (Kanada) dürfen diese Prüfsysteme seit dem letzten Jahr nun auch in Nordamerika für die wiederkehrende Prüfung eingesetzt werden.

2. Physikalische Zusammenhänge während der Prüfung der Fangvorrichtung

Betrachtet man die weit verbreitete Praxis der Fangvorrichtungsprüfung bei der die Kabine mit Nennlast beladen aus der Über- bzw. Nenngeschwindigkeit gestoppt wird, fällt sofort auf, dass eine wichtige Anforderung an Fangvorrichtungen dabei gar nicht überprüft wird:

Die Wirksamkeit der Fangvorrichtung zur Verzögerung der voll beladenen Kabine bis zum vollständigen Halt aus dem freien Fall!

Diese Bedingung soll gewährleisten, dass selbst in dem unwahrscheinlichen Fall, dass alle Tragseile versagen, kein Fahrgast zu Schaden oder gar zu Tode kommt.

Der Unterschied zwischen der Anforderung und der praktischen Prüfung ist auch physikalisch erheblich, da dadurch alle Kräfte, die bei vorhandenen Tragseilen aus dem Gegengewicht resultieren, nicht beachtet werden. Anteile der Gewichtskraft des Gegengewichts (F_{CW}) wirken über die Tragseile auf die Kabine, in gleicher Richtung wie auch die Bremskraft der Fangvorrichtung (F_S). In anderen Worten: Das Gegengewicht unterstützt die Fangvorrichtung, die Gewichtskraft der voll beladenen Kabine (F_{FC}) zu kompensieren. Diese Unterstützung ist im worst case (nicht mehr vorhandenen Tragseilen) nicht vorhanden. Die nachfolgenden Abbildungen eines stark vereinfachten Modells zeigen die Kräfte im Moment des Notstopps an einer Kabine während der praktischen Prüfung mit Testgewichten und für den Stopp aus freiem Fall.

Man könnte annehmen, dass sich im Moment des Fangvorgangs die Kräfte

1) Henning GmbH & Co. KG, Deutschland

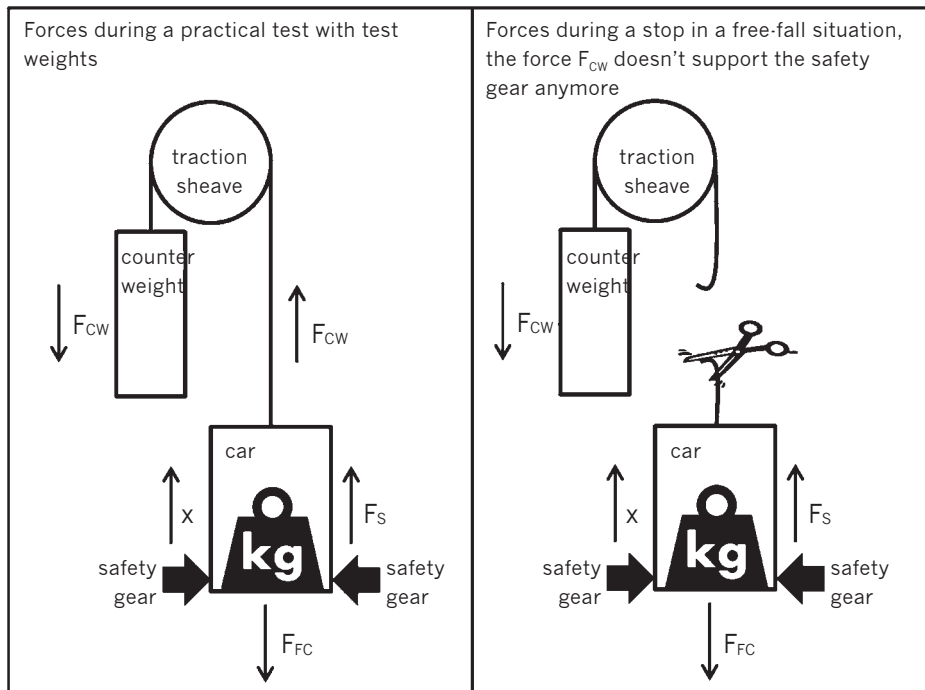


Abbildung 1: Kräfte am stark vereinfachten Aufzugsmodell im Moment des Notstopps

- F_{CW} : resultierende Kräfte aus dem Gegengewicht
- F_S : Bremskraft der Fangvorrichtung
- F_{FC} : Gewichtskraft der voll beladenen Kabine
- x : Bremsweg

F_{CW} des Gegengewichtes auf nahezu Null belaufen, da das nach oben beschleunigte Gegengewicht aufgrund seiner Trägheit seine Aufwärtsbewegung fortsetzt und somit für einen kurzen Moment die Seile zwischen Gegengewicht und Kabine erschlaffen. Genau dann wäre die praktische Prüfung gleichwertig mit der eigentlichen Anforderung des Stopps aus freiem Fall. Dies ist aber mitnichten der Fall, wie zahlreiche praktische Messungen bewiesen haben. Ein maßgeblicher Faktor, der dies verhindert, sind die Seile, die wie lange Federn wirken und abhängig von ihrer Federkonstante erst einmal wieder Arbeit verrichten müssen, um ihre gespeicherte Energie abzugeben. Da der eigentliche Verzögerungsvorgang nur wenige Millisekunden andauert, tritt der Fall der erschlafften Seile äußerst selten ein.

Deutlich ist in Abbildung 2 zu erkennen, dass sich während des gesamten Fangvorganges (T1-T3) die Kraft in den Tragseilen kontinuierlich verringert (gestrichelte Kurve). Zu Beginn des Fangvorganges beträgt die Kraft 28 kN. Zum Zeitpunkt T2, zu dem die Kabine bereits auf die Hälfte der Auslösegeschwindigkeit des Geschwindigkeitsbegrenzers herunter gebremst wurde, noch 11 kN und selbst am Ende des Fangvorganges immerhin noch 2 kN.

Würde man diese Kraft vernachlässigen, so würde sich rechnerisch eine Verzögerung der voll beladenen Kabine im freien Fall von 12 m/s^2 ($\sim 1,2 \text{ g}$) ergeben. Dieses Ergebnis wäre aber falsch! Tatsächlich ergibt sich im freien Fall lediglich noch eine Verzögerung von 3 m/s^2 ($\sim 0,3 \text{ g}$), die bei dieser Aufzugsanlage ernsthafte Personenschäden verhindern würde.

Empirische Versuche haben gezeigt, dass diese Einflüsse aus dem Gegengewicht bei Fangversuchen mit leerer Kabine, gemittelt über die Dauer des eigentlichen Fangvorgangs, in etwa 50% der Gewichtskraft der voll beladenen Kabine entsprechen. Bei einer voll beladenen Kabine ist der Einfluss sogar höher, da die auftretenden Verzögerungen an der Kabine und damit die Verzögerungsdifferenz zwischen Gegengewicht und Kabine erheblich kleiner sind.

Die Bewegungsgleichung für das in Abbildung 2 vorgestellte Modell lautet:

$$m\ddot{x}(t) = -m g + F_{CW}(t) + F_S(t), \quad (1)$$

worin Beschleunigung und Kräfte von der Zeit abhängen. Im Folgenden werden vereinfacht Mittelwerte während des Fangs im Intervall Δt zwischen t_{start} und t_{end} betrachtet und dafür dieselben Bezeichnungen benutzt, also z.B.

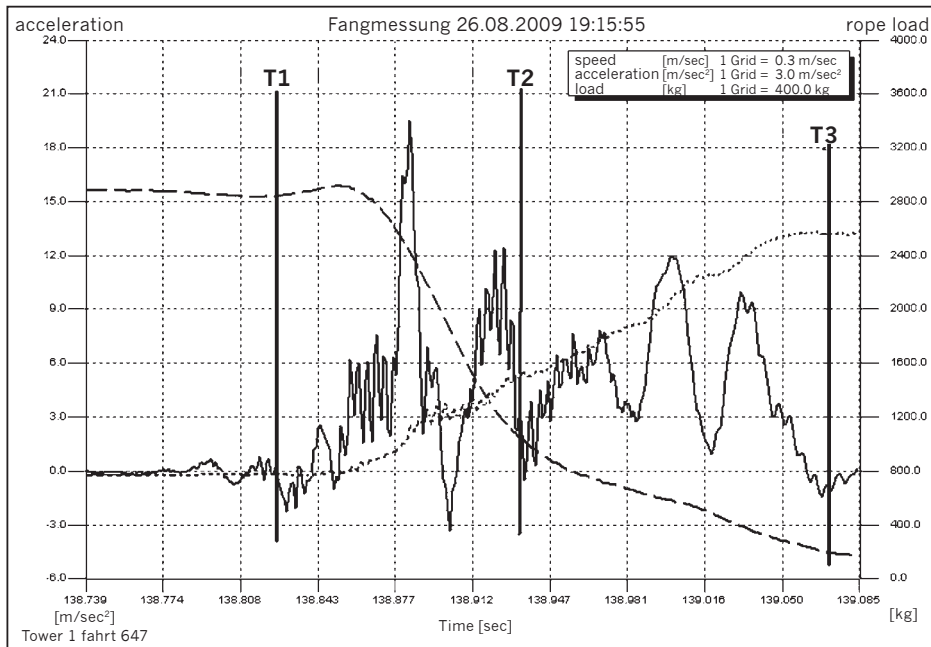


Abbildung 2: Kraft- und Beschleunigungsmessung im Moment des Fangvorganges (T1 bis T3), die Kräfte aus dem Gegengewicht (gestrichelt) haben deutlichen Einfluss auf den Fangvorgang

(solid: Beschleunigung, gestrichelt: Last in den Trageilen, gepunktet: Geschwindigkeit)

Zeitpunkt T1: Beschleunigung: 0,0 m/s² Kraft: 28 kN Geschwindigkeit: -1,3 m/s

Zeitpunkt T2: Beschleunigung: 2,3 m/s² Kraft: 11 kN Geschwindigkeit: -0,7 m/s

Zeitpunkt T3: Beschleunigung: -0,7 m/s² Kraft: 2 kN Geschwindigkeit: 0,0 m/s

$$\ddot{x} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_{start}}^{t_{end}} \ddot{x}(t) dt, \text{ usw.}$$

Nunmehr ergibt sich eine mittlere Fangkraft bei leerer Kabine zu:

$$F_{S,E} = m_{car}(\ddot{x}_E + g) - F_{CW,E} \quad (2)$$

Den effektiven Bremsweg während der Phase des optimalen Bremsens berechnet man aus der gemittelten Bremsverzögerung und der Geschwindigkeit v bei Bremsbeginn durch zweifache Integration zu:

$$x_{down} = -\frac{1}{2} v^2 / \ddot{x} \quad (3)$$

Die Fangkraft bei der mit Nennlast m_{RL} beladenen Kabine beträgt dann mit

$$m_{FC} = m_{car} + m_{RL}:$$

$$F_{S,F} = m_{FC}(\ddot{x}_F + g) - F_{CW,F} \quad (4)$$

Geht man davon aus, dass die Fangkraft bei Abwärtsfahrt mit gering belasteter oder leerer Kabine zumindest nicht kleiner als die mit voller Kabine ist, dann kann man diese beiden Kräfte gleichsetzen $F_{S,E} = F_{S,F}$ und daraus die Fangverzögerung bei Nennlast berechnen. Dieser Schritt ist erlaubt, da die theoretische Bremskraft der Fangvorrichtung weder von der Anfangsge-

schwindigkeit noch von der Beladung der Kabine abhängig ist. Lediglich der resultierende Bremsweg und die Verzögerung werden durch diese Parameter beeinflusst.

Zur übersichtlicheren Darstellung seien die aus dem Gegengewicht resultierenden Kräfte als Vielfache α der Kabinenlast dargestellt: $F_{CW,E} = \alpha_E m_{car} g$ und $F_{CW,F} = \alpha_F m_{FC} g$

Dann erhält man nach einigen Umformungen die Fangverzögerung bei Nennlast zu

$$\ddot{x}_F = \frac{m_{car}}{m_{FC}} \ddot{x}_E + g \left(\frac{m_{car}}{m_{FC}} (1 - \alpha_E) - (1 - \alpha_F) \right) \quad (5)$$

Aus diesen Gleichungen lassen sich zwei interessante Schlüsse ziehen:

1. Die Verzögerung der Kabine ist in hohem Maße von den aus dem Gegengewicht resultierenden Kräften abhängig. Wie bereits erwähnt entsprechen die mittleren, aus dem Gegengewicht resultierenden Kräfte oftmals der halben Gewichtskraft der voll beladenen Kabine. Benutzt man diesen Umstand in Formel (4) wird schnell deutlich, dass davon die Verzögerungen bzw. die Länge der sliding-distance erheblich beeinflusst werden. Die Ergebnisse dieser Kenngrößen werden durch die Einflüsse des Gegengewichtes deutlich besser, als sie es im worst-case bei gerissenen Seilen sein werden.

2. Aus Formel (5) wird deutlich, dass es möglich ist, aus der Verzögerung während des Fangversuchs bei leerer Kabine die Verzögerung und damit auch die sliding-distance bei voll beladener Kabine im freien Fall zu ermitteln, wenn die Masse und die Nennlast der Kabine bekannt sind und außerdem die Kräfte des Gegengewichtes vorliegen. Dieser Umstand wird von den bereits erwähnten elektronischen Prüfsystemen genutzt, worauf an späterer Stelle noch einmal eingegangen werden soll.

3 Auswirkungen des Gegengewichtes auf die Prüfaussage

Interessant ist es nun, diese Überlegungen auf die momentan gängige Praxis der Prüfung von Fangvorrichtungen mit Testgewichten zu übertragen. Dabei müssen die Prüfungen vor dem Inverkehrbringen und die wiederkehrenden Prüfungen unterschieden werden.

3.1 Prüfung der Fangvorrichtung vor dem Inverkehrbringen

Beim Inverkehrbringen kann hoffentlich davon ausgegangen werden, dass die realen Massen des Gegengewichtes und der Kabine den Auslegeskriterien entsprechen, nach denen die Fangvorrichtung ausgewählt wurde. Weiterhin muss davon ausgegangen werden, dass die Anlage korrekt installiert wurde und beispielsweise die Führungen des Gegengewichtes oder der Kabine nicht klemmen, was die Fangvorrichtung unzulässig bei der Verzögerung unterstützen könnte. Ferner wurde im Allgemeinen die ausgewählte Fangvorrichtung einer Baumusterprüfung unterzogen und hat somit bewiesen, dass sie in der Lage ist, die angesetzten Lasten auch im freien Fall bis zum vollständigen Halt zu verzögern, ohne dass dabei bestimmte Verzögerungsschwellen überschritten werden.

Betrachtet man aber nun die beiden grundsätzlichen Prüfkriterien, die in den weltweiten Sicherheitsstandards Anwendung finden, so ergeben sich zusammen mit dem Wissen um den Einfluss des Gegengewichtes deutliche Schwachstellen.

3.1.1 Prüfkriterium Messung der sliding-distance

Ein Überprüfungsprinzip, wie es beispielsweise die nordamerikanische

ASME A17.1-2010/CSA B44-10 fordert, ist die voll beladene Kabine bei Übergeschwindigkeit durch die Fangvorrichtung zum vollständigen Halt zu verzögern und anschließend die sliding-distance anhand der Abdrücke auf den Führungsschienen zu messen. In der ASME A17.1-2010/CSA B44-10 wird in Tabelle 2.17.3 "Maximum and Minimum Stopping Distances for Type B Car Safeties With Rated Load and Type B Counterweight Safeties" ein minimal bzw. maximal zu erreichender Grenzwert genannt. Dort wird beispielsweise für Kabinen mit einer Nenngeschwindigkeit von 1,25 m/s eine Auslösegeschwindigkeit des Geschwindigkeitsbegrenzers von 1,7 m/s und eine minimale Stopping Distance von 150 mm und eine maximale von 675 mm gefordert.

Berechnet man nun nach Formel (4) die mittlere Kraft der Fangvorrichtung, die bei Auslösegeschwindigkeit und maximaler Stopping Distance letztendlich nachgewiesen wird, ergeben sich für eine Kabine mit einem Leergewicht von 2300 kg und einer Zuladung von 1100 kg $F_{S,F} = 40633N - F_{CW,F}$.

Dem gegenüber steht im freien Fall eine Kraft von 33354 N, die diese Kabine abstürzen lässt. Ganz eindeutig darf die durch das Gegengewicht verursachte Kraft $F_{CW,F}$ nicht größer werden als 7279 N, ansonsten könnte die Fangvorrichtung die Kabine nicht verzögern. Das entspricht gerade einmal

22 % der Gewichtskraft der voll beladenen Kabine. Bei dieser, in Nordamerika real existierenden Anlage, entspricht der Einfluss des Gegengewichtes fast 50 %. Daraus resultiert das erschreckende Ergebnis, dass die Wirksamkeit dieser Fangvorrichtung nach gültigem Standard über Ermittlung der slide-distance theoretisch gegeben ist, aber bei Eintritt des freien Falls diese Kabine bei voller Beladung nicht zum Halt gebracht werden könnte.

3.1.2 Prüfkriterium Messung der Verzögerung

Das andere Prüfkriterium, wie es beispielsweise in der europäischen DIN EN 81-1:2010-06 im Kapitel 9.8.4 für Bremsfangvorrichtungen gefordert ist, sind Grenzwerte für die Verzögerung aus dem freien Fall (unabhängig von der aktuellen Beladung) von mindestens 0,2 g und maximal 1,0 g. Geprüft wird dies, indem die mit 125 % der Nennlast beladene Kabine zum Halt gebracht wird.

Auch hier ergibt sich das Problem, dass der Versuch niemals mit durchtrennten Tragmitteln vollzogen wird und die Einflüsse des Gegengewichtes nicht bekannt sind. Damit kann auch mit diesem Prüfkriterium keine Aussage über die Wirksamkeit der Fangvorrichtung im freien Fall getroffen werden. Daraus ergeben sich die gleichen unter Um-

ständen desaströsen Bedingungen wie beim Prüfkriterium sliding-distance.

Die Ausführungen zur Prüfung mit Gewichten vor dem Inverkehrbringen machen deutlich, dass letztendlich nicht die Wirksamkeit der Fangvorrichtung umfassend geprüft wird, da die Einflüsse des Gegengewichtes nicht bekannt sind. Letztendlich muss an dieser Stelle auf die Montagequalität der ausführenden Firma, die Baumusterprüfung der Fangvorrichtung und vor allen Dingen auf die Korrektheit der angesetzten Massen für Gegengewicht und Kabinengewicht vertraut werden.

3.2 Wiederkehrende Prüfung der Fangvorrichtung

Bei der wiederkehrenden Prüfung von Fangvorrichtungen gelten grundsätzlich die gleichen Gegebenheiten wie sie bereits für die Prüfung vor dem Inverkehrbringen ausgeführt wurden. Allerdings kommt nun der gewichtige Faktor Zeit hinzu.

In der Zwischenzeit kann die Aufzugsanlage modernisiert worden sein, oftmals mit dem Ergebnis, dass das Kabinengewicht zugenommen hat. Die ausführende Firma hat in der Regel den Gegengewichtsausgleich wieder hergestellt, das Gegengewicht also aufgelastet. Das bedeutet, dass die resultierenden Kräfte aus dem Gegengewicht während der Prüfung der Fangvorrichtung zugenommen haben

können und mit dem Prüfergebnis somit die Wirksamkeit der Fangvorrichtung noch weniger bestätigt werden kann.

Die inzwischen erfolgte Betriebszeit des Aufzuges kann, je nach Wartungszustand, natürlich auch Verschleiß an der Fangvorrichtung, den Führungen etc. verursachen. Unter Umständen ein Faktor, der weiter dazu beiträgt, dass die aus dem Gegengewicht resultierenden Kräfte gegenüber der Bremskraft der Fangvorrichtung zunehmen.

4. Prüfung der Fangvorrichtung mit elektronischen Prüfsystemen

Wie in den Formeln dargelegt ist es möglich, aus der Verzögerung der Fangvorrichtung bei einem Test mit leerer Kabine die Verzögerung einer voll beladenen Kabine im freien Fall zu bestimmen, wenn die Einflüsse des Gegengewichtes bekannt sind. Dieses Prinzip beruht darauf, dass die Kraft einer Bremse, und somit auch der Fangvorrichtung, sich unabhängig von der zu bremsenden Masse oder deren Geschwindigkeit entfaltet. Bei Fangvorrichtungen für Aufzüge bedeutet dies, dass die Fangvorrichtung komplett eingerückt sein muss, und in diesem Zustand immer die gleiche Bremskraft ausübt. Diese Bremskraft kann bestimmt werden, indem die Verzögerungen an der Kabine und die aus dem Gegengewicht resultierenden Kräfte während des Fangvorgangs gemessen werden. Ist diese Bremskraft bestimmt, ist es ein einfaches für jede beliebige Beladung und Anfangsgeschwindigkeit die mittlere Verzögerung des Aufzuges im freien Fall zu errechnen.

Moderne elektronische Prüfsysteme bestehen daher aus zwei wesentlichen Komponenten: einem Beschleunigungssensor, der auf der Kabine angebracht wird, und Kraftsensoren, die die Kräfte in den Tragseilen direkt über der Kabine während des Fangvorganges messen. Anschließend wird an-

hand der bereits genannten Formeln die Berechnung durchgeführt, deren Ergebnis ein Maß für die Wirksamkeit der Fangvorrichtung ist. Seit dem Einsatz solcher Systeme in Deutschland und in jüngster Zeit auch in Nordamerika konnten zahlreiche Aufzugsanlagen identifiziert werden, bei denen die Wirksamkeit der Fangvorrichtung nicht gegeben war, obwohl sie in der Vergangenheit in wiederkehrenden Intervallen geprüft wurde, allerdings mit Testgewichten und ohne Wissen um die Einflüsse des Gegengewichts.

Die physikalische Überlegenheit dieses Messprinzips in Bezug auf eine Aussagefähigkeit über die Wirksamkeit der Fangvorrichtung ist offensichtlich. Hinzu kommt ein weiterer oft unbeachteter Faktor: Ein gewichtiges Argument für die Prüfung mit Testgewichten ist der gleichzeitige Test der Montage- und Materialqualität in Form eines mechanischen Stresstests für die Aufzugsanlage. Mängel werden durch visuelle Kontrolle nach dem Fangtest in Form von verformten Kabinen, zerstörten Innenverkleidungen etc. offensichtlich.

Dies gilt für den Test ohne Testgewichte allerdings noch in viel höherem Maße. Da die Bremskraft der Fangvorrichtung bei diesem Test die gleiche ist wie bei dem Test mit Gewichten, sind die Verzögerungen aber umso höher bzw. der Bremsweg umso kürzer. Die deutlich höhere und abruptere Verzögerung verursacht somit einen deutlich höheren mechanischen Stress für die Aufzugsanlage. Einen Stress, der aber auch im Ernstfall mit beispielsweise nur einem Fahrgast ausgehalten werden muss.

5. Zusammenfassung

Folgt man den Ausführungen dieses Artikels wird deutlich, dass ein Test der Fangvorrichtungen mit Testgewichten bzw. ohne die gleichzeitige Bestimmung der Einflüsse aus dem Gegengewicht keine Aussage über die Wirksamkeit der Fangvorrichtung ermöglicht, weder vor der Inbetriebnahme noch bei etwaigen wiederkehrenden Prüfungen.

Somit wird beispielsweise in Europa die Anforderung der EN 81 in Bezug auf Verzögerungsgrenzwerte im freien Fall gar nicht überprüft.

Bestimmt war die Erhöhung der Sicherheit einer der Gründe, warum in

der aktuellen Edition 2013 der nordamerikanischen Aufzugsnorm A17/B44 die Freigabe der elektronischen Prüfsysteme erfolgte. Allerdings nur als Option, die Prüfung mit Testgewichten ist weiterhin möglich bzw. bei der Prüfung vor Inverkehrbringen sogar obligatorisch.

Da die Prüfung ohne Testgewichte noch dazu einen erheblichen mechanischen Stresstest für die Aufzugsanlage bedeutet, wird an dieser Stelle deutlich, dass die Prüfung von Fangvorrichtungen mit Testgewichten deutliche Schwachpunkte aufweist und der alternative Einsatz von elektronischen Prüfsystemen ein weit höheres Maß an Verlässlichkeit und Sicherheit herstellen kann.



Info

Tim Ebeling

Ist seit 2003 als Leiter der Entwicklung bei der Firma Henning GmbH & Co. KG beschäftigt. In dieser Funktion gründete er die R&D-Abteilung in Braunschweig (Deutschland). Ein Mitarbeitersteam arbeitet dort seitdem an der Entwicklung und Produktion von elektronischen und messtechnischen Komponenten für Aufzüge.

Seit 2012 ist der Autor auch Geschäftsführer. Einer seiner Schwerpunkte ist nach wie vor die Messtechnik. Gerade in diesem Bereich hat der Autor viele Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Beschleunigungs- und Seillastmesssystemen. Das berufliche Ziel des Autors ist es, den Aufzugsmarkt mit innovativen Komponenten zu bereichern, um dem erhöhten Kostendruck durch die Entwicklung von nachhaltigen, effizienten und arbeitszeitsparenden Komponenten zu begegnen.

Dieser Vortrag wurde anlässlich der **ELEVCON** Paris 2014, dem internationalen Kongress für vertikale Transporttechnologien, gehalten und erstmals im IAAE-Buch „Elevator Technology 20“, herausgegeben von A. Lustig, veröffentlicht. Es handelt sich um einen Nachdruck mit Genehmigung der The international Association of Elevator Engineers **IAAE**.