

# Sicherungsseil und Scheinwerferbefestigung

Die DIN-Norm 56927 wurde überarbeitet und die neue Norm führt nun teilweise zu Überraschungen und Verwirrung.

Die Befestigung eines Scheinwerfers oder einer entsprechend zulässiger Last sollten als Ganzes betrachtet werden. Dazu gehören die Befestigungselemente nach DIN.

## 1. Überblick

Grundsätzlich kann ein Scheinwerfer beliebig befestigt werden. Es muß aber die Sicherheit entsprechend der einschlägigen Gesetze eingehalten und nachgewiesen werden. Im Allgemeinen ist eine Risikobetrachtung und ein Festigkeitsnachweis erforderlich.

Bei Scheinwerferbefestigungen ist zu unterscheiden, ob der Scheinwerfer fest montiert wird und nur mit Werkzeug demontiert werden kann oder ob der Scheinwerfer ortsveränderlich eingesetzt werden soll.

Wir der Scheinwerfer fest montiert, ist keine zweite Sicherung als Schutz gegen das Herabfallen erforderlich.

Bei ortsveränderlichem Einsatz des Scheinwerfers ist eine zweite Sicherung erforderlich. Meistens ist dies ein "Sicherungsseil". Bei ortsveränderlichem Einsatz läßt sich der Scheinwerfer ohne Werkzeug montieren und abbauen. Die zweite Sicherung muß nicht zwangsläufig ein Sicherungsseil sein. Diese kann auch anders ausgeführt sein.

Um Anwendern und Herstellern einen leichten Umgang zu ermöglichen wurden Scheinwerferbefestigungen für ortsveränderlichen Einsatz genormt:

DIN 15560 Teil 24 Scheinwerfer für Fernsehen, Bühne und Photographie  
Scheinwerfer- und Leuchtenbefestigungselemente,  
Scheinwerfergrundplatte, -rohrschele und -zapfen, Leuchtenhülse für  
Photoleuchten und Reportageleuchten

DIN 15560 Teil 25 Scheinwerfer für Fernsehen, Bühne und Photographie  
Verbindungselemente und Übergangsstücke

DIN 56927 Veranstaltungstechnik — Sicherungsseil für zu sichernde Gegenstände bis 60 kg Eigengewicht — Maße, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung

Werden diese Teile sachgerecht hergestellt und verwendet, muß nicht jedes mal ein Nachweis erbracht werden.

In der Norm gibt es 2 Verbindungssysteme, die als zweite Sicherung ein mechanisches Teil verwenden:

- (1) Für hängende Scheinwerfer  
Hülse DIN 15560 - HB mit Zapfen DIN 1560-ZC  
Hier wird ein zusätzlicher Stift als 2. Sicherung verwendet. Es kann kein Fallweg geben.
- (2) Für stehende Scheinwerfer  
Scheinwerferplatte DIN 15560-SWP mit Drehsockel DIN 1560 - DS - GB bzw.  
Drehsockel DIN 1560 - DS - S- RGV2 - 48,3  
Hier wird ein zusätzlicher Stift als 2. Sicherung verwendet. Es kann kein Fallweg geben.

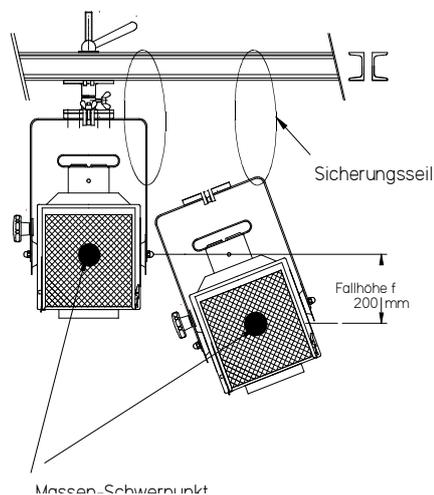
Anmerkung: Meiner Meinung nach könnte bei hängendem Scheinwerfer anstatt des Stifts eine Schraubverbindung eingesetzt werden. Dann wäre dies auch die 2. Sicherung, ebenfalls ohne Fallweg.

Genormte Sicherungsseile nach DIN sind für einen maximalen Fallweg von 0,2 m ausgelegt beziehungsweise berechnet.

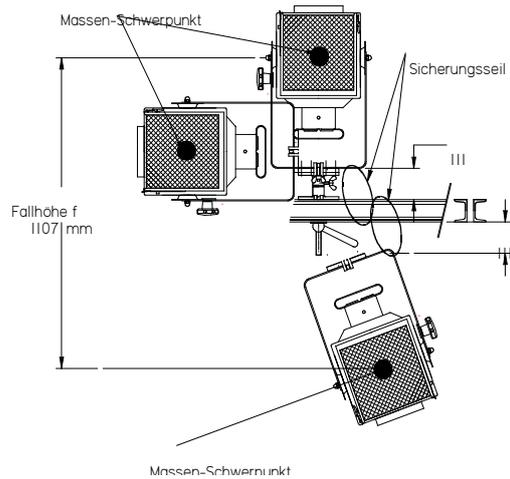
## 2. Besonderheit

***Nun möchte ich ausdrücklich darauf hinweisen, daß bei einem stehend montierten Scheinwerfer fast immer der Fallweg größer als 0,2 m ist. Deshalb muß ein Scheinwerfer anders gesichert werden, zum Beispiel nach (2).***

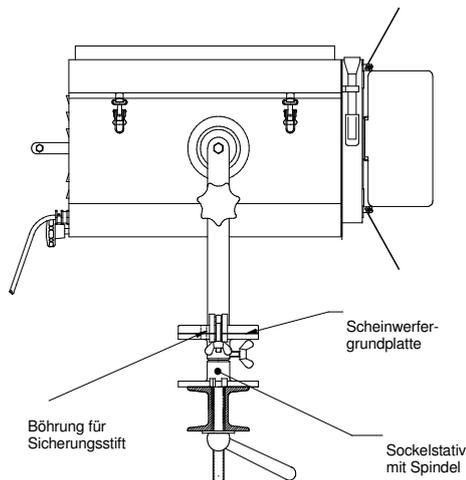
Beispiel mit 5 KW Scheinwerfer L5000MS (Fabrikat REICHE & VOGEL):



**Abbildung 1** Fallweg beim hängenden Scheinwerfer - maximal 0,2 m



**Abbildung 2** Fallweg beim stehenden Scheinwerfer, ca. 1,1 m



**Abbildung 3** Bohrungen für Sicherungsstift  
 Bei Verwendung des Sicherungsstifts kann der Scheinwerfer nicht mehr genügend kippen um herabfallen zu können.  
 Es gibt keinen Fallweg

In allen anderen, genormten Fällen ist ein Sicherungsseil als 2. Sicherung erforderlich. Und um dieses Sicherungsseil entbrennt regelmäßig eine heiße Diskussion, ohne sachlichen Grund bzw. Einwand.

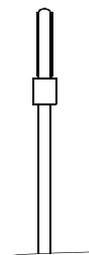
Dem Einen sind die Sicherungsseile zu dick, dem Anderen passen die Längen nicht, andere wollen andere Verbindungsglieder usw.

### 3. Rechenweg für ein Sicherungsseil

Deshalb erläutere ich im Folgendem, wie die Sicherungsseile gerechnet werden. Bei den aufgeführten Formeln bitte ich zu beachten, daß das Zeichen "." für eine Multiplikation leider nicht angezeigt wird. Das algebraische Rechenprogramm, das ich benutze macht dieses leider nicht. Deshalb wird zum Beispiel  $a \cdot b$  als  $a b$  dargestellt.

Nach Möglichkeit werde ich die Umwandlungen der Formeln und die Ableitung bis zum "Ergebnis" versuchen ausführlich dazustellen.

#### 3.1 Art der Aufhängung



Ein Scheinwerfer wird mit einem Sicherungsseil entweder einsträngig - Bild 4 - oder meistens zweisträngig - Bild 5 - gesichert. Bei einer zweisträngigen Aufhängung ist das Seil eingeschlagen.

Zum Sicherungsseil gehört noch mindestens ein Verbindungsglied - Bild 6.

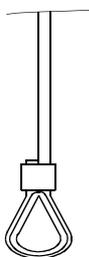


Bild 4  
Einsträngig

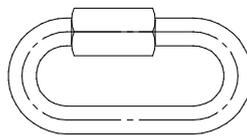


Bild 6  
Beispiel für ein Verbindungsglied nach DIN

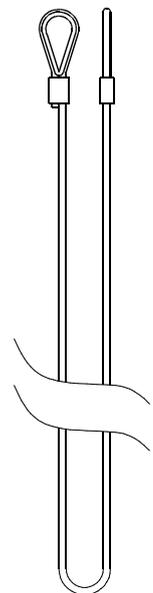


Bild 5  
Zweisträngig

#### 3.2 Allgemeines - Maße und Einheiten

Zuerst muß man sich über die Maßeinheiten und wie diese zustande kommen klar werden.

Newton fand den grundlegenden Zusammenhang zwischen Masse, Beschleunigung und Kraft heraus:

$$\text{Formel 1: } K = M \cdot b \quad \text{Kraft} = \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung}$$

daraus ergeben sich die Einheiten  
Da ein Newton definiert ist mit

$$K = [\text{kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2] = [\text{N}]$$
$$1 [\text{N}] = 1 [\text{Kg} \cdot \text{m} / \text{sec}^2]$$

1 [Kp] ist definiert zu  $1 [\text{Kp}] = 9,81 [\text{N}]$ .  
Oft wird mit 10 [N] gerechnet.

Die Masse wird hier mit "M" [kg] bezeichnet um Verwechslungen mit Längenangaben mit der Einheit [m] zu vermeiden.

Üblicherweise messen wir eine Masse mit dessen Gewicht, wobei das Gewicht eine Kraft ist. Die Messung eines Kilogramms Mehls erfolgt also indirekt. Dies ist möglich, weil die Beschleunigung bei uns praktisch überall gleich ist. Üblicherweise nennt man sie Erdbeschleunigung, sie ergibt sich aus der Masse der Erde und der Masse der zu "wiegenden" Menge. Die Erdbeschleunigung ergibt sich aus der physikalische Tatsache, daß sich Massen anziehen.

Mit einer Federwaage läßt sich dies gut verdeutlichen.

Beispiel 1:

Es wird eine Zugfeder verwendet. Je höher die Kraft an der Feder ist, desto größer wird der Auszug. Eine solche Feder läßt sich leicht eichen und ist jedem bekannt. Bei einem linearen Verhalten wird also entsprechend der Kraft die auf die Feder wirkt der Auszug ebenfalls linear länger. An diese Feder wird nun die Masse von 1 kg angehängt. Die Erdbeschleunigung wirkt auf diese Masse und erzeugt eine Kraft. Diese wiederum verlängert die Feder um einen bestimmten Betrag. So kann die Masse Mehl indirekt gemessen werden. Die Erdbeschleunigung kann -zumindest für uns- als Konstante angesehen werden. Im allgemeinen wird sie mit  $g$  bezeichnet und hat die Einheit  $\text{m}/\text{sec}^2$ . Eine Masse ist also überall gleich, das Gewicht jedoch nicht. Auf dem Mond wäre die Masse des kg Mehls gleich, aber das Gewicht wäre wesentlich geringer. Die selbe Federwaage würde sich nicht soweit ausziehen wie auf der Erde. Der Auszug wäre etwa nur  $1/6$ . Was wir im Alltag als Gewicht angeben ist in Wirklichkeit Masse.

Aus genannten Gründen ist es deshalb in der Technik strikt erforderlich zwischen Masse und Gewicht zu unterscheiden.

Als Hilfsmittel werden deshalb oft Einheiten mitgerechnet.

Im Zusammenhang mit dem Sicherungsseil wird deshalb mit der Masse gerechnet, in [kg]. Für das Verständnis kommen hier der Unterschiede von [kp] und [N] in die Betracht. Für die Praxis -könnte man sagen- wurde als Krafteinheit das [kp] definiert. Weil 1 [kp] auf Erden der Kraft entspricht, die einem [kg] entsprechen. Daraus ergeben sich auch viele Verwechslungen und deshalb rechnen viele Techniker bei Abschätzungen mit dem Wert 1 zu 10, was wiederum leicht zu Verwechslungen in der Kommastellung führen kann. Deshalb werden hier in den, für Sie vielleicht merkwürdigen rechten Klammern [] manchmal die Einheiten mitgerechnet. Damit lassen sich Verwechslungen ausschließen.

Im Folgenden wird allgemein gerechnet und es werden Formeln Stück für Stück abgeleitet. Dazu wird ein praktisches Beispiel mit ausgerechnet. diesem Beispiel liegen die Voraussetzungen der Norm zugrunde.

Diese sind Gewicht, tatsächlich Masse 30 [kg], Fallweg 0,2 [m], Bremsweg 0,018 [m/m] der Seillänge, bei 1[m] absolut 0.018 [m]. Erdbeschleunigung 9,81 [m/sec<sup>2</sup>].

Im Folgendem werde ich nicht nachweisen, woher die Ausgangsformeln herkommen, da dies ein Wissen ist, das jeder Schüler - zu meiner Schulzeit - in der Oberstufe lernen

mußte.

### 3.3 Das Herabfallen des Scheinwerfers (freier Fall)

Energie kommt in vielfältiger Weise vor. Von Interesse sind hier die Lage- und Bewegungsenergie.

Die Lageenergie ergibt sich aus einer Fallhöhe  $h$  [m], der Masse  $m$  [kg] und der Erdbeschleunigung  $g$  [m/sec<sup>2</sup>]

Einheiten

Formel 2:  $ELage = M \cdot h \cdot g$

$$ELage = \frac{kg \cdot m \cdot m}{sec^2}$$

entspricht:  $ELage = (kg \cdot m \cdot m)/(sec^2)$

#### Anmerkung

Beachten Sie bitte, daß im Weiteren bei den Formeln der Multiplikationspunkt, das Zeichen "." nicht mehr erscheint. Das hängt leider mit meinem algebraischen Rechenprogramm zusammen, es benutzt die amerikanische Schreibweise ohne ".", so wie es bei der Formel unter Einheiten dargestellt ist.

Kürzungen der Einheiten:

$$ELage = \frac{kg \cdot m \cdot m}{sec^2} \rightarrow ELage = \frac{kg \cdot m^2}{sec^2} \rightarrow ELage = \frac{kg \cdot m^2}{sec^2}$$

und

$$\frac{kg \cdot m^2}{sec^2} = N \cdot m$$

Damit ergibt sich die Energieeinheit [Nm] und die Formel stimmt soweit.

#### Anmerkung:

Ein Drehmoment wird ebenfalls in [Nm] angegeben. In einem Drehmoment steckt ebenfalls Energie, aber in einer anderen Form.

Für die Bewegungsenergie ergibt sich aus der Masse  $m$  [kg] und der Geschwindigkeit  $v$  [m/sec]:

Formel 3:  $E_{\text{Bewegung}} = \frac{M v^2}{2}$  Einheiten  
 $\frac{\text{kg m}^2}{\text{sec}^2} = \text{N m}$   
 da: 1 [N] = 1 [Kg · m /sec<sup>2</sup>]

In der Formel 2 ist die Fallhöhe h [m] enthalten. Zusammen mit der Formel 3 läßt sich nun die Geschwindigkeit am Ende der Fallstrecke ausrechnen. Am Ende der Fallstrecke ist die gesamte Lageenergie in Bewegungsenergie umgewandelt. Demnach ist:

Formel 3:  $E_{\text{Lage}} = E_{\text{Bewegung}}$   
 $\downarrow$   
 $M h g = \frac{M v^2}{2}$   
 $\downarrow$   
 $v = \sqrt{2} \sqrt{h g}$  bzw.  $v = -\sqrt{2} \sqrt{h g}$   
 $\downarrow$  Einheiten (Zahlen entfallen)  
 absolut:  $v = \sqrt{2 h g}$   $v = \sqrt{\frac{2 \text{ m m}}{\text{sec}^2}}$   
 $\downarrow$   
m/sec

Wird die Geschwindigkeit am Ende des freien Falls mit  $v_f$  bezeichnet, ergibt sich:

Formel 4:  $v_f^2 = 2 h g$  Einheiten  
 $\text{m}^2/\text{sec}^2$   
 bzw.:  $\downarrow$   
 Formel 5:  $v_f = \sqrt{2 h g}$   $\text{m}/\text{sec}$

Dabei ist  $v_f$  [m/sec] die Geschwindigkeit am Ende des freien Falls.

### 3.4 Das Abbremsen des Scheinwerfers

Für den Bremsweg gilt das Selbe, sozusagen in umgekehrter Reihenfolge. Die gesamte Bewegungsenergie wird wieder abgebaut. Der Abbau der Bewegungsenergie erfolgt auf der Bremsstrecke  $s$  [m], das ist die Seildehnung. Dazu ist eine Beschleunigung  $bv$  [m/sec<sup>2</sup>] erforderlich. Diese Beschleunigung ist der Erdbeschleunigung entgegengesetzt. Somit gilt nun fürs Erste:

$$v^2 = 2 s bv$$

Einheiten

m<sup>2</sup>/sec<sup>2</sup>

Nun wird noch die Erdbeschleunigung  $g$  [m/sec<sup>2</sup>] berücksichtigt, die auch beim Abbremsen auf die Masse einwirkt und es wird deshalb:

$$v^2 = 2 s (bv - g)$$

Einheiten

m<sup>2</sup>/sec<sup>2</sup>

Wird nun die Anfangsgeschwindigkeit beim Bremsvorgang mit  $va$  [m/sec] bezeichnet, ergibt sich:

$$va^2 = 2 s (bv - g)$$

Einheiten

m<sup>2</sup>/sec<sup>2</sup>

Formel 6:

Ganz offensichtlich entspricht die Endgeschwindigkeit des Freien Falls  $vf$  auch der Anfangsgeschwindigkeit  $va$  des Bremsvorganges und deshalb gilt:

$$vf^2 = va^2$$

Einheiten

$$\downarrow$$

$$2 h g = 2 s (bv - g)$$

$$\downarrow$$

$$bv = \frac{g(h + s)}{s}$$

Formel 7:

$$bv = \frac{\frac{m(m+m)}{\text{sec}^2}}{m}$$

$$\downarrow$$

$$bv = \frac{m}{\text{sec}^2}$$

Nun erinnern wir uns wieder an:

Formel 1: 
$$K = M b$$

Anstatt  $b$  ist nun unsere Bremsbeschleunigung  $b_v$  einzusetzen.

Formel 8: 
$$K = M b_v$$

↓

Formel 9: 
$$b_v = \frac{K}{M}$$

Nun sind 2 Formel mit  $b_v$  vorhanden, Formel 7 und Formel 9, diese können gleichgesetzt werden.

Formel 7 = Formel 9 ;

$$\frac{g(h+s)}{s} = \frac{K}{M}$$

↓

$$K = \frac{g(h+s)M}{s}$$

Bei der Dehnung des Seils ist der Widerstand, also die Bremskraft zum Anfang 0 und wächst linear zur bis zum Höchstwert; bei Erreichen des Höchstwerts bricht das Seil. Den Zusammenhang ergibt sich aus dem Hookeschen Gesetz. (Sir Robert Hooke 1635 - 1703) Da die Kraft  $K$  ein Durchschnittswert ist und die Funktion  $K = m \cdot b$  bei konstantem  $b$  linear verläuft ergibt sich die stärkste Kraft, die auftritt zu

$$K_{max} = 2 K$$

↓

Formel 10: 
$$K_{max} = \frac{2 g(h+s)M}{s}$$

Der Wert  $s$  ist ein absoluter Betrag. Dieser lässt sich ersetzen und auf die Länge des Seils beziehen.

Dafür wird die relative Dehnung  $\epsilon$  benutzt. Dieser Wert ist für ein Seil konstant und gibt an, um wie viel sich das Seil prozentual ausdehnt. Es gilt also:

Formel 11: 
$$s = \epsilon l$$

↓

$$\varepsilon = \frac{s}{l}$$

Einheiten

$$\varepsilon = \frac{m}{m}$$

↓  
also dimensionslos

nun läßt sich die Formel 10 allgemein schreiben:

Formel 10: 
$$K_{max} = \frac{2 g (h + s) M}{s}$$

Einheiten

$$K_{max} = \frac{2 \frac{m(m+m) kg}{sec^2}}{m}$$

mit Formel 11:

	↓		↓
<b>Formel 12: Allgemeine Formel</b>	$K_{max} = \frac{2 g (h + \varepsilon l) M}{\varepsilon l}$		N

Für die Erdbeschleunigung g [m/sec<sup>2</sup>] kann nun die Konstante 9,81 [m/sec<sup>2</sup>] eingesetzt werden:

allgemeine  
Formel 12:

$$K_{max} = \frac{2 g (h + \varepsilon l) M}{\varepsilon l}$$

Einheiten

$$K_{max} = \frac{2 \frac{m(m+m) kg}{sec^2}}{m}$$

↓

$$K_{max} = \frac{2 \cdot 9.81 (h + \varepsilon l) M}{\varepsilon l}$$

↓

$$K_{max} = \frac{m kg}{sec^2}$$

Formel 13:

↓

$$K_{max} = \frac{19.62 (.2 + \varepsilon l) M}{\varepsilon l}$$

da: 1 [N] = 1 [Kg · m /sec<sup>2</sup>]

↓

$$K_{max} = N$$

Beispiel 2:

Nun ein praktisches Beispiel.

Scheinwerfergewicht 30 [kg], Seillänge 1 [m],  $\ddot{I} = 0,018 [ ]$ , Fallhöhe 0,2 [m].

Einheiten

allgemeine  
Formel 13:

$$K_{max} = \frac{19.62 (h + s) M}{\varepsilon l}$$

$$K_{max} = \frac{2 \cdot 9.81 \cdot (.2 + .018) \cdot 30}{.018 \cdot 1}$$

$$K_{max} = 7128.6$$

N

Das entspricht dem Tabellenwert der DIN 56927 Tabelle 1.

7128,6 [N] = **7,129 kN**

### 3.5 Unterschied bei einsträngigem und zweisträngigem Sicherungsseil.

Bislang wurden die Last an einem Seil betrachtet. Die abgeleiteten Formeln beziehen sich damit auf eine einsträngige Aufhängung.

Wird die Last jedoch zweisträngig aufgehängt, ergeben sich andere Verhältnisse. Wird wiederum ein Seil von 1 [m] Länge betrachtet, halbiert sich jeder Strang um die Hälfte. Seine absolute Dehnung bis zum Bruch ist ebenfalls pro Strang die Hälfte.

Daraus ergibt sich, daß sich ein zweisträngig angewendetes Sicherungsseil ebenfalls leicht berechnen läßt. Dazu wird einfach ein Strang berechnet, also mit halber Last und mit halber Ausdehnung. In der allgemeinen Formel 12 bzw. 13 müssen dazu nur die passenden Werte eingegeben werden, also die halbierten Werte. Anschließend wird das Ergebnis verdoppelt.

Dabei ergeben sich bei gleicher Seillänge zwischen einsträngiger Aufhängung und zweisträngiger Aufhängung Unterschiede. diese sind in der DIN 56927 auch ausgewiesen. Zum Beispiel Tabelle 1 und Tabelle 3 oder Tabelle 2 und Tabelle 4.

Bei einem 1 [m] langen Sicherungsseil, 30 [kg] Masse und 0,2 [m] Fallweg ergeben sich beim einsträngigen Seil als maximale Kraft  $K_{max}$  7,129 [kg] und bei zweisträngiger Aufhängung 6,834 [kN].

Im praktischen Einsatz ist deshalb zu empfehlen generell die Tabellen 1 und 2 für einsträngige Aufhängung zu benutzen. Das Sicherungsseil kann dann sowohl einsträngig als auch zweisträngig eingesetzt werden.

### 3.6 Verbindungsglied

In den Tabellen 1 bis 4 sind in der DIN 56927 in der letzten Spalte die erforderliche Mindestbruchkraft des Verbindungsgliedes ausgewiesen. Damit kann jeder Anwender sich ein Verbindungsglied auswählen, das auch seinen Anforderungen entspricht, es kann auch ein Verbindungsglied ausgewählt werden, das eine höhere Festigkeit aufweist. In der

Regel ist dies dann auch ein größeres Verbindungsglied.

In der Norm selber wird auf genormte Verbindungsglieder verwiesen. Werden nicht genormte Verbindungsglieder eingesetzt, dann ist für diese ein Festigkeitsnachweis erforderlich.

### 3.7 Dämpfungselemente

In regelmäßigen Zeitabständen kommt die Idee auf, Sicherungsseile mit einem oder mehreren Dämpfungselementen zu verwenden. Dazu werden dann meiner Meinung nach, fragwürdige Versuche durchgeführt, um somit einen Festigkeitsnachweis erbringen zu können. In einem Industrieland, wie es Deutschland ist, sollte dies doch genau gerechnet werden.

Dabei läßt sich die Einsatzmöglichkeit von einem oder mehreren Dämpfungsgliedern, auch unterschiedliche, genau rechnen. Wie die zur Anwendung kommenden Seile sind auch die Dämpfungsglieder auf einer "richtigen", geeichten Prüfmaschine, wie sie zum Beispiel im Bundesamt für Materialprüfung oder in Institute, zum Teil auch in der Industrie, vorhanden sind, zu vermessen.

Bei Federn und bei bestimmten Dämpfungselementen der Industrie werden die erforderlichen Werte oft mit angegeben oder sind zu erhalten.

Die Bewegungsenergie, die sich am Ende des freien Falls ergibt, wird nun durch die Lageenergie am Ende des Abbremsens aufgebraucht. Damit ergibt sich:

$$EL_{Lage} = EB_{BewegungSeil} + EB_{BewegungDämpfung1} + EB_{BewegungDämpfung2}$$

Der Bremsweg verlängert sich durch das Dämpfungselement. Es läßt sich also auch der verlängerte Bremsweg ausrechnen.

Der Rechenweg ist dann analog zum vorangegangenen.

Da dies bislang noch nicht genormt ist und vielleicht auch nicht gemacht wird, da die Kosten für derartige Sicherungsseile deutlich höher würden, wird hier auf die einzelnen Rechenschritte nicht eingegangen.

### 4. Zur DIN 56927

In der DIN 56927 werden die tatsächlichen Bruchkräfte der Seile angegeben. Damit sich ein Sicherheitsfaktor  $> 2$  ergibt, müssen diese mindestens doppelt so hoch sein, wie die dazugehörigen maximalen Kräfte, die beim Fallweg 0,2 m entstehen. Alle Werte, auch der sich ergebende Sicherheitsfaktor sind in den Tabellen aufgeführt.

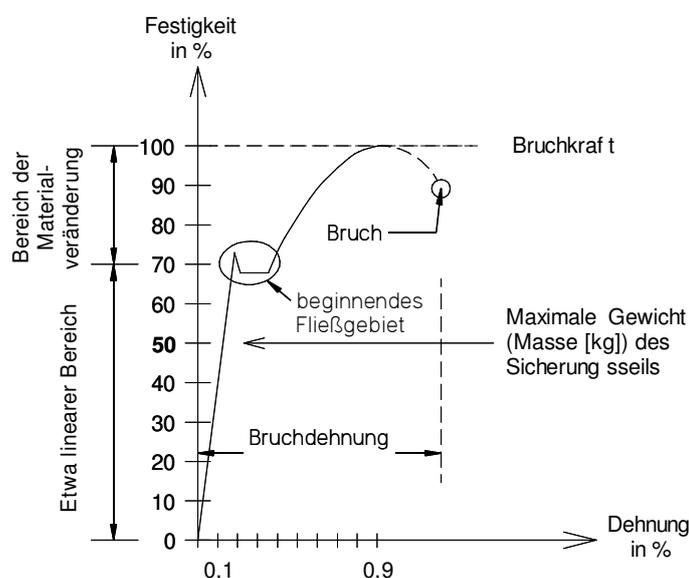
Der Sinn dieses Papiers ist zu Beschreiben, wie die Zahlenwerte in den Tabellen der DIN 56927 entstanden sind und zu zeigen, daß sich jedes Sicherungsseil berechnen läßt, auch Seile mit anderen Abmessungen oder anderer Machart.

Dazu ist allerdings der Wert  $e$  sachgerecht auf einer geeichten Prüfmaschine zu ermitteln. Für die Seilart, die in der DIN 56927 genau angegeben ist, wurde dies dankenswerter Weise für die Normung von Herrn Karlhein Wollert veranlaßt.

Da die relative Dehnung  $\epsilon$  von Seilart zu Seilart schwankt, dürfen die Werte aus den Tabellen der DIN 56927 nur für das dort bezeichnete Drahtseil verwendet werden. Seilmodifikationen, zum Beispiel Umhüllungen jeglicher Art, verändern die Eigenschaften und sind deshalb unzulässig. Umhüllungen sind auch nicht zulässig, weil dann das Seil nicht mehr auf Bruchstellen einzelner Drähte geprüft werden kann.

#### 4. Etwas Werkstoffkunde

In der DIN 56927 ist ein Sicherheitsfaktor von mindestens 2 festgelegt. Das bedeutet, daß das Sicherungsseil bei der angegebenen Randbedingung (Fallweg [0,2 m]) erst bei oder über der doppelten Last [kg] reißen darf. Bevor jedoch das Material reißt, verändert es sich plastisch und hat dann andere Eigenschaften. (geringere Bruchfestigkeit). Deshalb muß nach jedem Absturz das Sicherungsseil ausgetauscht werden, da die Veränderung nicht immer sichtbar und von Dauer ist.



**Abbildung 7** Schematische Darstellung des Spannungs-Dehnungs Diagramms

Wird das Sicherungsseil einer ansteigenden Zuglast ausgesetzt und die Zugkraft und die Dehnung mit aufgezeichnet, dann entsteht das Diagramm nach Abbildung 7. Zuerst ergibt sich ein linearer Bereich. In diesem kann das Hooksche Gesetz angewendet werden. Anschließend wird das Material fließend, seine innere Struktur verändert sich, bis dann der Bruch des Sicherungsseils erfolgt. Auch wenn die 100% Marke erreicht wird und ohne weitere Erhöhung der Zugkraft bricht das Sicherungsseil.

Die Festigkeit wird mit  $\sigma$  (Sigma) bezeichnet. und die Dehnung mit  $\epsilon$  (Epsilon). Die obere Grenze des linearen Bereichs wird mit  $\sigma_{\text{zulässig}}$  Bezeichnet. die 100% Marke mit  $\sigma_{\text{Bruch}}$ .

In etwa, aber eben nur in etwa, sind  $\sigma_{\text{zulässig}} = 0,7 \sigma_{\text{Bruch}}$ . In der Norm wird der Sicherheitsfaktor 2 auf  $\sigma_{\text{Bruch}}$  bezogen, also auf die 100% Marke.

Solange das Sicherungsseil nur im linearen Bereich belastet wird, kann nichts passieren, auch nicht bei einer Wiederverwendung. Allerdings ergibt sich daraus auch, daß ein

Sicherungsseil, außer bei Versuchen, nie bis zur Bruchgrenze belastet werden darf. Deshalb ist auch die Prüflast zum Beispiel bei Leuchtenhängern auf das 1,2 fache der Traglast begrenzt. Die Traglast ist höchstens 1/10 der Mindestbruchkraft der Seile. Im obigen Diagramm-Beispiel wäre dies etwa die 13% Marke und somit noch im linearen Bereich.

Sollten Prüfverfahren eingeführt werden, ist zu Überlegen welche. Zur Kontrolle vor der Verwendung der Sicherungsseile, die gegeben falls auch ein Anwender durchführen kann oder typisierte Serienprüfungen. Bei typisierten Serienprüfungen würden einige Seile bis zum Bruch geprüft und dann weggeworfen. Damit diese Prüfung überhaupt einigermaßen einen statistischen Wert hat, müßte eine größere Stückzahl pro Serie geprüft werden. Bei einer Kontrolle vor der Verwendung der Sicherungsseile würde das richtig berechnete und hergestellte Sicherungsseil mit der 1,2 fachen zulässigen maximalen Belastung geprüft. dies ist in der Technik der übliche Fall. (Bühnenmaschinerie, Brückenbau usw.). Beide Prüfungsverfahren sind allerdings nicht für Bastler geeignet.

Meiner Meinung nach sind keine weiteren Prüfungen erforderlich, wenn die Sicherungsseile nach den Vorschriften der bestehenden Norm ausgeführt werden. Nach EU-Recht haftet der Lieferant bzw. Hersteller und nach der Norm sind Werkzeuge erforderlich.

## 5.Zusammenfassung

- ▶ Der Anwender hat die Wahl, welche Befestigungsart für Scheinwerfer er benutzen möchte. Siehe hierzu 1. Überblick.

Falls der Anwender eine Befestigungsart mit Sicherungsseil wählt, sollte er sich an die DIN 56927 halten, dann sind keine weitere Berechnungen erforderlich.

Es wurde dargelegt, wie sich ein Sicherungsseil berechnen läßt und wie die DIN 56927 aufgebaut ist.

Jedes beliebige Sicherungsseil läßt sich mit oder ohne Dämpfungsglied bzw. -glieder berechnen. Erforderlich sind hierzu:

- ▶ Masse  $M$ , die fallen könnte [kg], frei wählbar.
- ▶ Zulässige Fallhöhe  $h$  [m], frei wählbar.
- ▶ Mindestbruchkraft  $K_{\text{Seil}}$  des Seils [N], nach entsprechender DIN-Tabelle und eventuell der zur Anwendung kommenden Dämpfungsglieder  $K_{\text{Dämpfungsglied1}}$  usw..
- ▶ Relative Dehnung  $\epsilon$  des Seils [ohne Dimension] bzw. zusätzlich der Dämpfungsglieder  $\epsilon_1, \epsilon_2$  usw.. **Dieser Wert muß ermittelt werden und hängt vom Seil bzw. der Dämpfungsglieder ab.** Die Angaben in den DIN-Tabellen werden als typisch bezeichnet, aber sind nicht genügend genau. Dies trifft auch für den Elastizitätsmodul zu, aus dem sich  $\epsilon$  ableiten läßt. **Der Wert  $\epsilon$  kann nicht auf andere Bauteile übertragen werden.**