

Zirkus-Techniker

Umgang mit dem Risiko

Sicherheit

Anmerkungen:

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um eine autorisierte Übersetzung von Auszügen aus folgenden Dokumenten:

- Techniciens de Cirque
Manuel de Formation ; Sécurité, Réglementation et Techniques d'installation
1^{er} module : Initiation
- Handbuch für den Basisunterricht der Zirkuskünste, FEDEC (Europäischer Verband der Zirkusschulen), 2007

Autor: Thomas Loriaux, AERISC

Übersetzung: Andreas Bartl & Samuel Jornot

Umgang mit dem Risiko

Eine Frage der Haltung

„Null Risiko gibt es nicht“

Dieser Satz, oft gehört in der Folge eines Unfalls oder einer Katastrophe, drückt eine einfache statistische Tatsache aus. Allerdings ist nicht der Ausspruch selbst bedenklich, als vielmehr die Haltung welche oft dahinter steht:

Die sterile Haltung:

Diese Haltung begnügt sich damit, die Tatsache emotionslos zu erwähnen, und sich damit zufrieden zu geben.

„Voraussicht, Ausbildung, Kontrolle, all dies ist recht und gut, ändert aber nichts Grundsätzliches, da es kein Risiko Null gibt.“

Die Aussage hat den Vorteil, dass wir gleich zum nächsten Kapitel überleiten können.

Die konstruktive Haltung

„Null Risiko gibt es nicht. Eine permanente, alltägliche Wachsamkeit ist deshalb nötig, verbunden mit grundlegendem Verständnis und einem Verhalten, welche es erlauben, das Risiko wirksam einzuschränken.“

Dieser Standpunkt ruft zu einer grundlegenden Änderung des Verhaltens und der Übernahme von Verantwortung durch jeden Einzelnen auf.

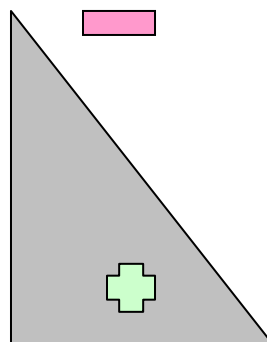
Denkweisen durchschauen

Es gibt eine Vielzahl von Haltungen dem Risiko gegenüber. Die meisten davon sind von individuellen Überzeugungen geprägt:

- Grundform: „jede Handlung beinhaltet Risiken, nur wer nichts wagt, geht keins ein“
- Fatalistisch: „Risiko ist Teil des Lebens“
- Selbstmörderisch: „Sterben muss jeder“
- Absolut: „Jedes Risiko muss ausgeschaltet werden, Übervorsicht ist notwendig“
- Aufwertend: „Natürlich sind Risiken da, deshalb ist es ein Beruf für Fachleute“
- Romantisch: „.. Ich bin mir der Gefährlichkeit des Berufes voll bewusst, aber ich liebe ihn“

Verhaltensstufen

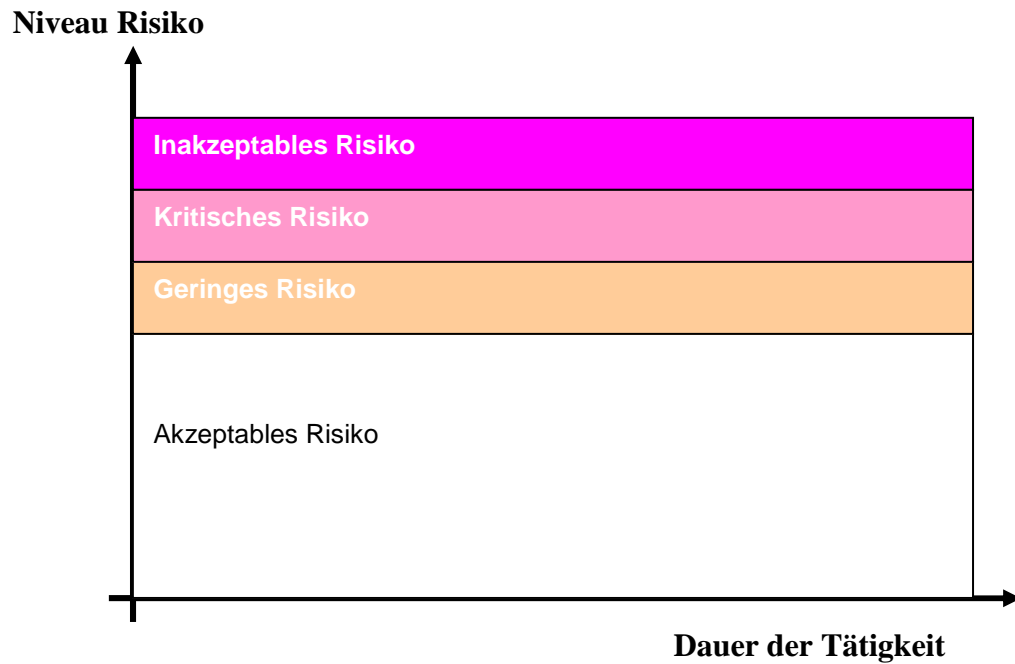
- Verkennen
- Verneinen
- Verantwortung abwälzen
- Rechtfertigen
- Akzeptieren
- Vermindern
- Analysieren
- Korrigieren
- verhindern



Schlüssel zum Verständnis

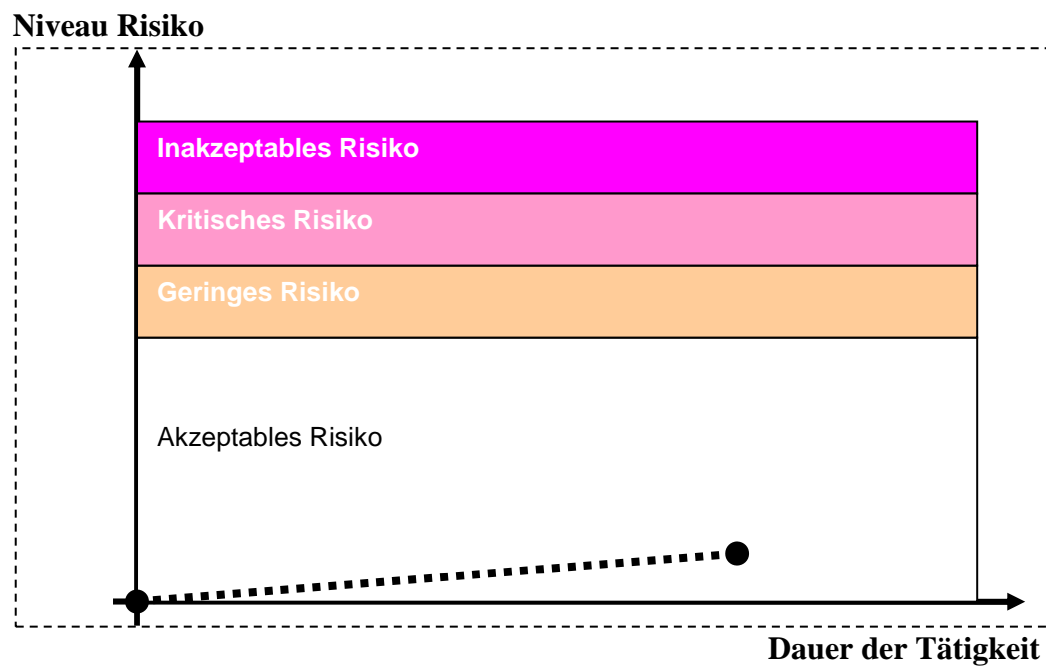
Die Risiko-Skala

Die Höhe des Risikos einer beruflichen Tätigkeit kann mittels eines Diagramms folgendermaßen dargestellt werden:



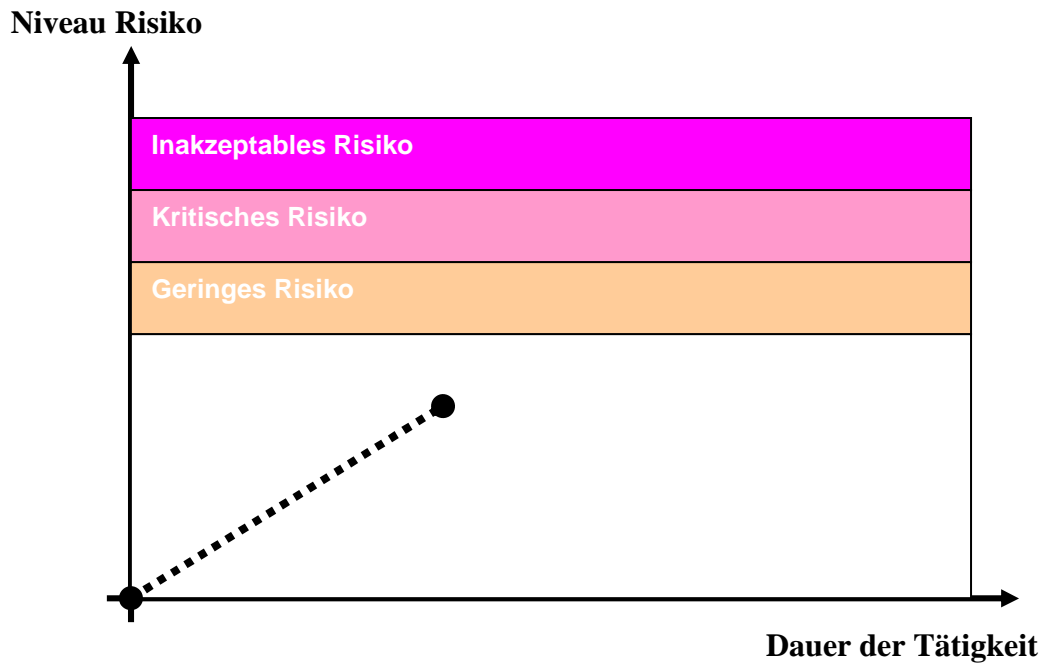
Beispiel 1:

Eine ungefährliche oder leicht gefährliche Tätigkeit bewegt sich im Bereich eines akzeptablen Risikos



Beispiel 2:

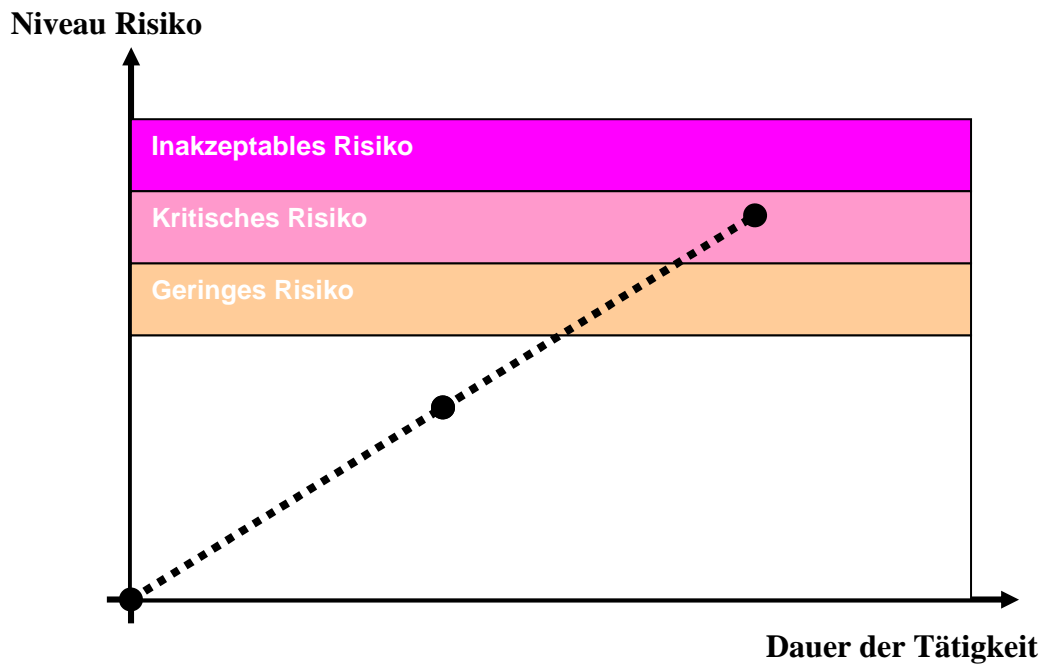
Je gefährlicher die berufliche Tätigkeit, um so steiler steigt die Risikokurve an.



Beispiel 3:

Bei Verdoppelung der Dauer der Tätigkeit erhöht sich das Niveau des Risikos um das Zweifache.

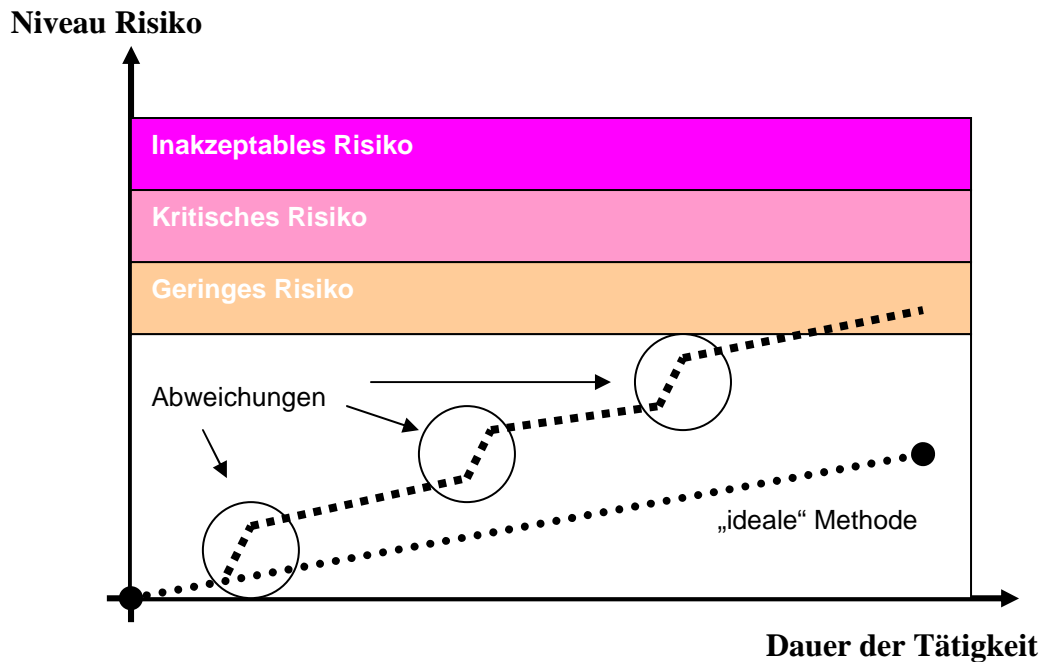
Eine Wiederholung derselben Tätigkeit bedeutet eine Verdoppelung der Gesamtdauer und somit des Risikos.



Schon die Steigerung des zeitlichen Umfanges einer Tätigkeit steigert die Schwere des Risikos!

Beispiel 4: Abweichungen

Schon eine kleine Abweichung von der „idealen“ Ausführung einer Tätigkeit erhöht das Niveau des Risikos. Diese Erhöhung kann nicht mehr rückgängig gemacht werden!



Folgerung:

- Eine Abweichung von der bestmöglichen Arbeitsweise stellt für sich genommen keine eigene Risikoquelle dar.

Aber:

- Verschiedene kleine Abweichungen summieren sich!
- Jede Abweichung bringt uns der Zone der direkten Gefahr etwas näher.
- Die Summe der „akzeptablen Abweichungen“ kann zur Folge haben, dass die Tätigkeit sich im Bereich eines kritischen oder gar inakzeptablen Risikos befindet.

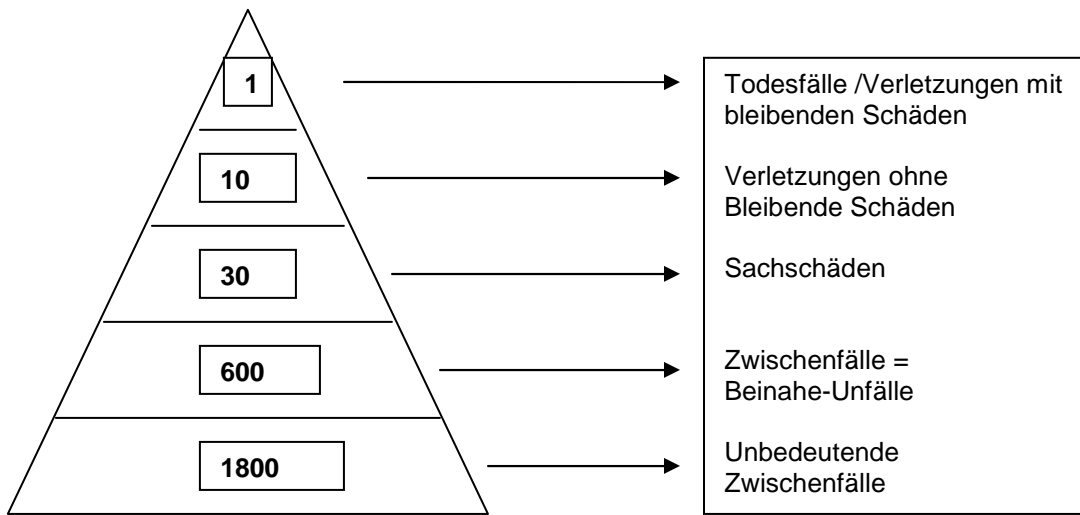
Abweichungen von der vorbildlichen Methode zu akzeptieren bedeutet, dass wir uns der Gefahr eines schweren Unfalles täglich einen Schritt annähern.

Das Dreieck von BIRD

„Die Betrachtung der statistischen Streuung der Auslösung von Unfällen in Betrieben zeigt, dass die Häufigkeit der schweren (selteneren) Unfälle direkt an die Anzahl der kleinen Zwischenfälle geknüpft ist.“

(Frank E. Bird jr, George L. Germain)

Die folgende Grafik zeigt eine Verteilung der der Unfälle, welche sich recht nahe an der Wirklichkeit bewegt.

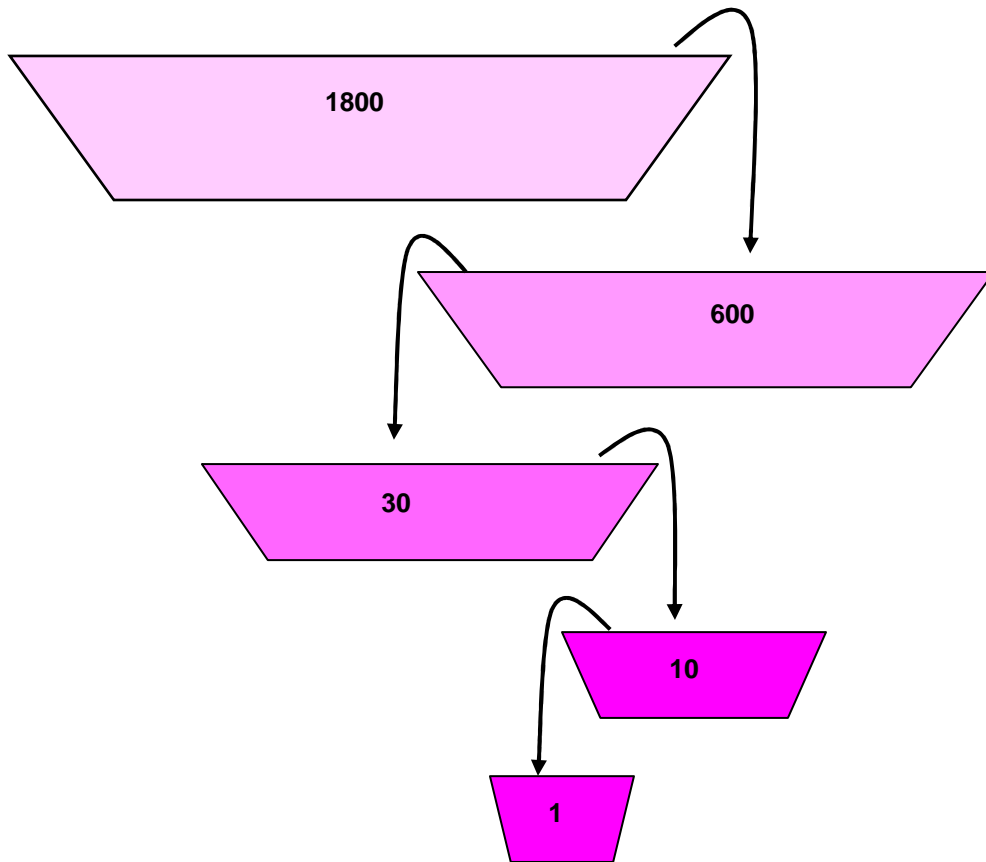


Das Diagramm zeigt Zusammenhänge auf:

- Ein schwerer Unfall hat nie eine einzige Ursache.
- Die Gesamtheit der kleinen Zwischenfälle führt, zusammengerechnet, fortschreitend zur Auslösung eines schweren Unfalls.
- Es muss deshalb auf die Ursache des Risikos eingewirkt werden. Abweichungen dürfen nicht hingenommen werden.

Überlaufende Gefäße

Unter Umkehrung des Dreiecks von Bird, können die verschiedenen Stufen als Gefäße dargestellt werden, welche sich beim Überlaufen in das Nächste ergießen:



Statistiken zeigen:

- 3 Abweichungen führen zu einem Zwischenfall.
- 20 Zwischenfälle zu materiellen Schäden.
- 1/3 der materiellen Schäden sind verbunden mit Verletzungen.
- 1 von 10 Verletzungen ist schwerwiegend.

Lösungswege

Selbstverständlich gibt es Möglichkeiten, auf diese Tatsachen Einfluss zu nehmen:

- Abweichungen von der vorbildlichen Arbeitsweise lassen sich beschreiben, und deshalb auch korrigieren.
- Wiederholte Zwischenfälle sind eine Quelle von Informationen zur Lokalisierung des Risikos.
- Die Schwere von Verletzungen kann durch geeignete Schutzeinrichtungen und Hilfsmaßnahmen wirkungsvoll vermindert werden.

Ein Grundprinzip: Risiko – Vorbeugung

Das Prinzip der Vorsorge bei beruflichen Risiken bedeutet, vorrangig auf die Quelle des Risikos Einfluss zu nehmen. Nur falls ein solches Vorgehen technisch nicht möglich ist, werden entsprechende Schutzvorkehrungen getroffen.

Die entsprechende Europäische Richtlinie legt die Reihenfolge der Prioritäten fest:

- 1) Risiken vermeiden
- 2) Evaluation nicht vermeidbarer Risiken
- 3) Risiken am Ort seiner Entstehung bekämpfen
- 4) Anpassung der Arbeit an den Menschen
- 5) Der Evolution der Techniken Rechnung tragen
- 6) Ersetzen von Gefährlichem durch Ungefährliches oder weniger Gefährliches
- 7) Die Risikoverhütung durch technische und organisatorische Maßnahmen planen
- 8) Kollektive Schutzmassnahmen treffen, sie haben Vorrang vor individuellen Maßnahmen
- 9) Dem Arbeitenden fachgerechte Anweisungen geben

Eine Methode zur Einschätzung des Risikos

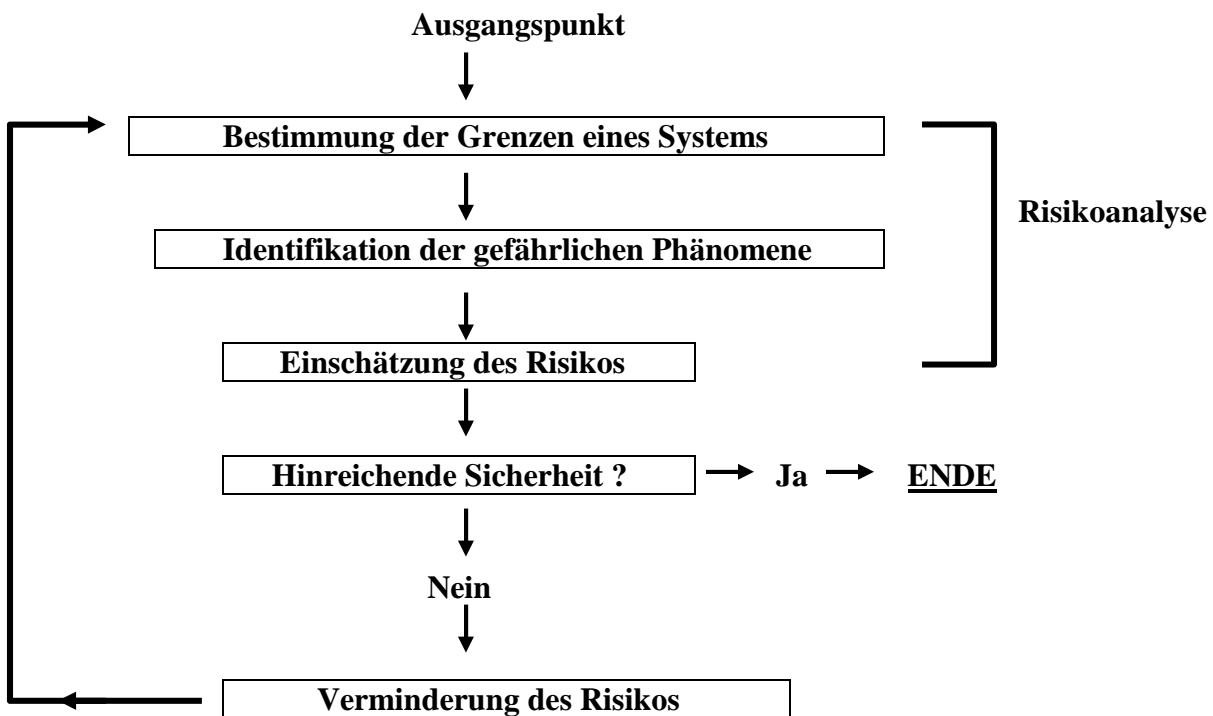
Dieses Vorgehen ist Teil der Risikobewertung welche in der Norm EN 1050 beschrieben wird.

Verfahrensweise:

Die Methode zur Einschätzung eines Risikos beruht auf drei aufeinander folgenden Aktionen:

1. Identifikation der mit der Tätigkeit verbundenen Risiken.
2. Einordnung dieser Risiken in einem geeigneten Dokument.
3. Hierarchisierung der Risiken mittels einer quantitativen und qualitativen Analyse.

Das folgende Diagramm verdeutlicht die Vorgehensweise, welche zum Ziel hat, Sicherheit zu gewährleisten.



Hinreichende Sicherheit?

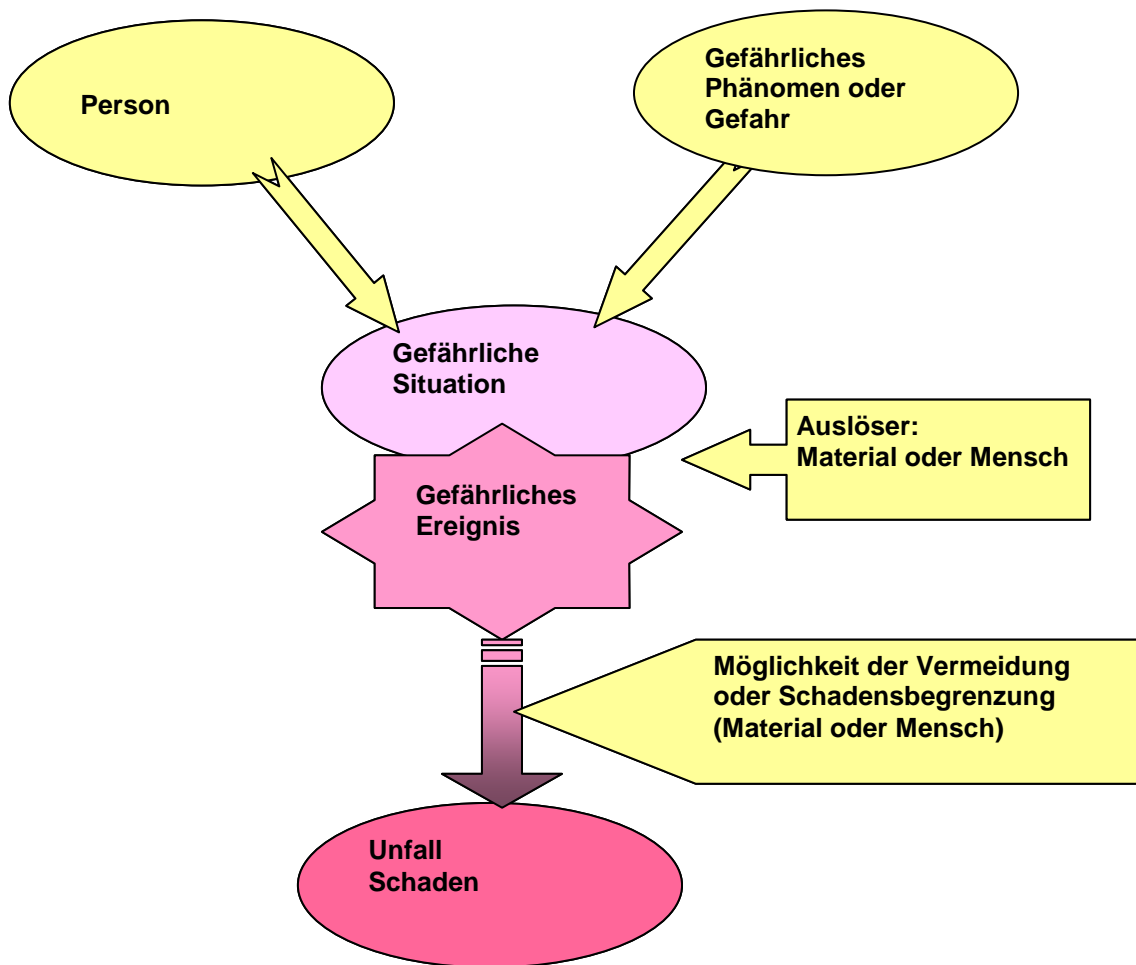
„Hinreichende Sicherheit“ wird für Maschinen in der Norm EN 292-1 festgelegt. Sie kann auf andere Situationen übertragen werden, indem folgende Fragen beantwortet werden:

- Ist das erforderliche Sicherheitsniveau erreicht?
- Ist gewährleistet, dass ein ebenbürtiges Sicherheitsniveau nicht auf einfachere Weise erreicht werden kann?
- Ziehen die getroffenen Sicherheitsmassnahmen nicht neue und unerwartete Risiken und Probleme nach sich?
- Stören die getroffenen Sicherheitsmassnahmen nicht die Tätigkeit?
- Stehen für alle Arbeitsabläufe und Tätigkeiten Lösungen bereit?
- Sind die verschiedenen Lösungen untereinander miteinander vereinbar?
- Sind die Arbeitsbedingungen durch die Maßnahmen nicht eingeengt?

Bedingungen des Eintretens eines Ereignisses

Ein Zwischenfall tritt ein, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Eine Person ist einer Gefahr ausgesetzt (befindet sich in einer gefährlichen Situation).
- Ein gefährliches Ereignis tritt ein, und setzt einen Unfallmechanismus in Gang.
- Es können keine Schritte zur Abwendung des Schadens getroffen werden.

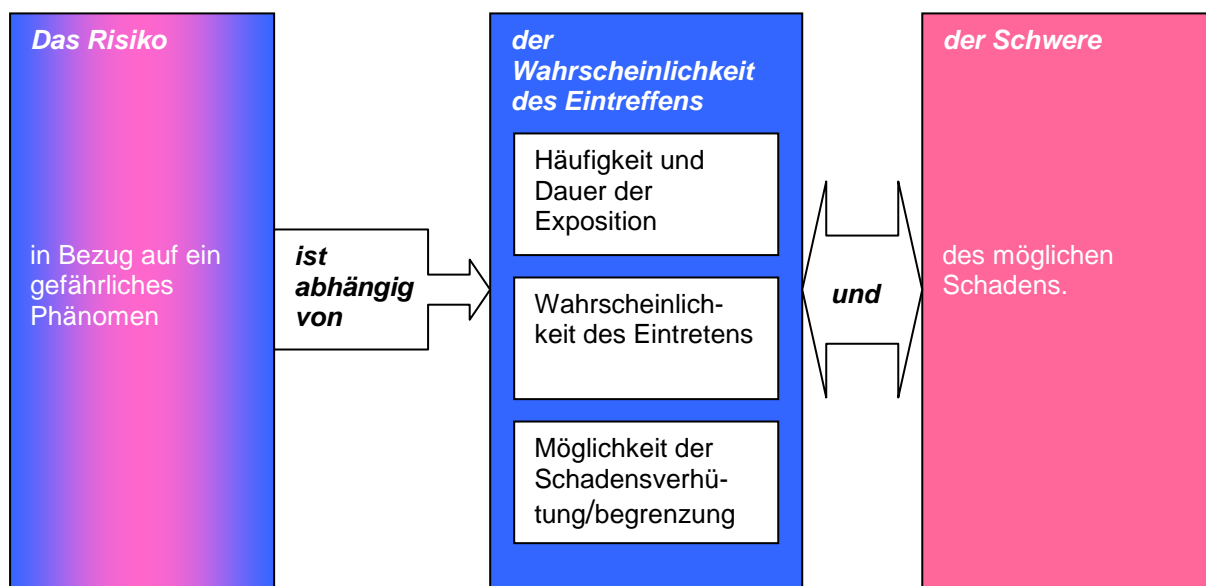


Risiko-Einschätzung

Risiko ist die Kombination aus der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens und der (größtmöglichen) Schwere eines denkbaren Schadenereignisses.

Die Wahrscheinlichkeit eines Schadens ist bestimmt durch folgende Faktoren:

- Häufigkeit und Dauer der Gefahrenexposition
- Wahrscheinlichkeit eines Eintretens des gefährlichen Ereignisses
- Möglichkeit der Vermeidung oder der Minderung des Schadens

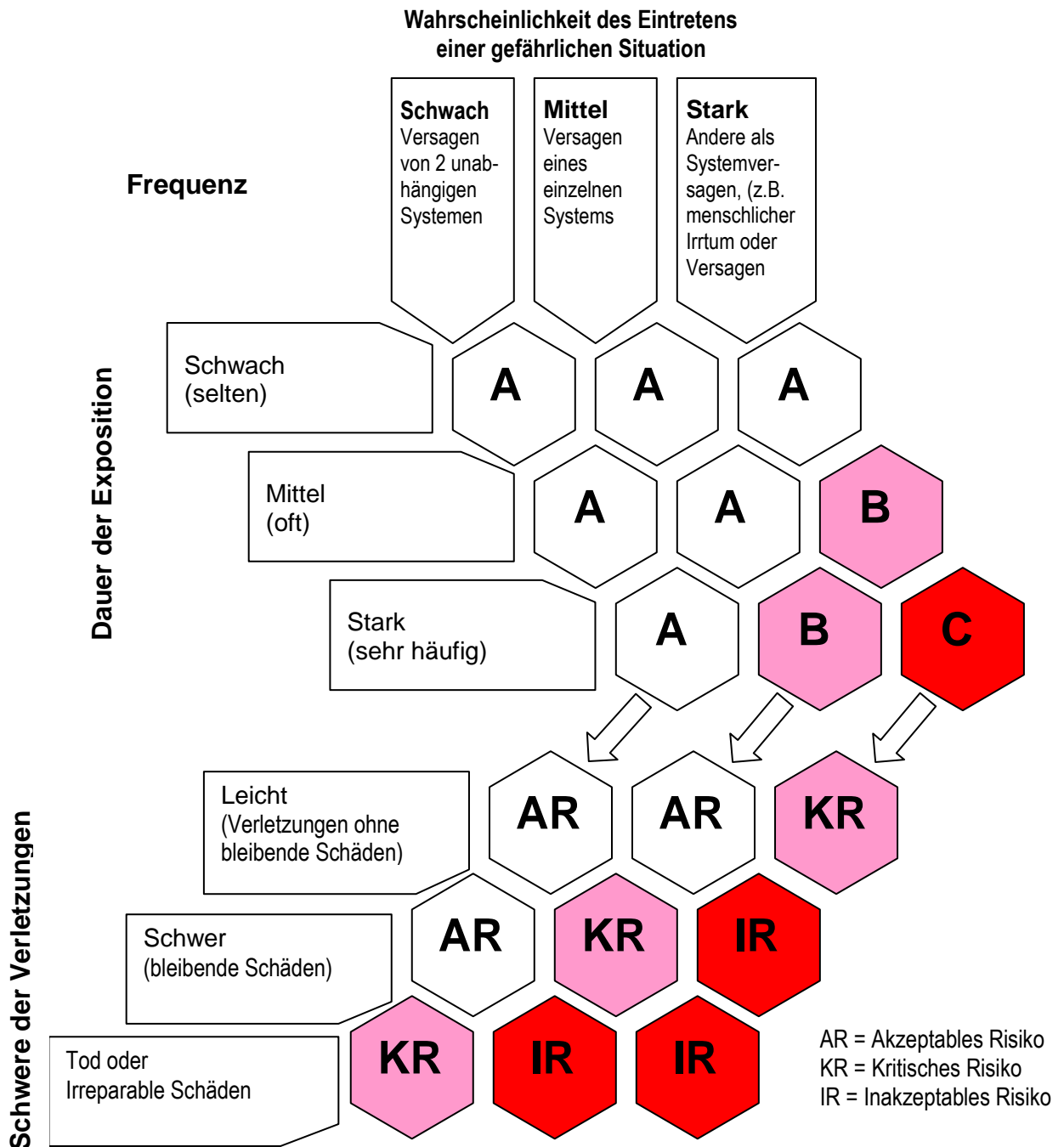


$$\text{Risiko} = \text{Frequenz} \times \text{Schwere}$$

Da das gefährliche Ereignis materielle (Maschine, Gerät, Werkzeug, Umgebung) oder menschliche Ursache haben kann, müssen diese Faktoren bei der Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Eintreffens berücksichtigt werden.

Mit Hilfe einer einfachen Skala kann die Schwere und Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses beurteilt werden (siehe folgende Skala).

Tabelle zur Einschätzung eines Risikos



Risiko =: Frequenz x Schwere

Beispiel

Dauer der Exposition mittel x Wahrscheinlichkeit des Auftretens hoch : Frequenz B
 Möglichkeit der Vermeidung ungünstig = Frequenz bleibt Niveau B
 Frequenz B x Verletzungsschwere stark 3 = Risiko B3IR = **Inakzeptables Risiko**

Schutzmassnahmen haben absolute Priorität!

Vermeidung oder Minderung des Risikos

Um ein Risiko zu vermeiden (oder zu mindern), muss eine oder mehrere Bedingungen seines Eintretens beeinflusst werden.

Je höher die Stufe in der folgenden Tabelle liegt, auf die eine Strategie des Vermeidens einwirkt, desto wirkungsvoller ist sie. Strategien der Vermeidung haben Vorrang vor jenen der Minderung eines Risikos.

Wenn möglich...	Wirksamkeit	Andernfalls...
Vermeidung des gefährlichen Phänomens oder der Gefahr	* * * *	Minderung der Schwere des möglichen Schadens in Bezug auf das gefährliche Phänomen
Vermeidung der gefährlichen Situation, d.h. der Aussetzung der Person einer Gefahr	* * *	Herabsetzung der Häufigkeit und der Dauer einer Exposition
Vermeidung der möglichen gefährlichen Ereignisse	* *	Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens der denkbaren gefährlichen Ereignisse
Bereitstellung von Mitteln zur Schadensverhinderung	*	Bereitstellung von Mitteln zur Schadensbegrenzung

Sicherheitsprinzipien

I. Zeitlicher Ablauf eines Zwischenfalls

Vorbeugung

Unter der Vorbeugung von Risiken versteht man ein sehr umfassendes Prinzip, das die Gesamtheit der Maßnahmen zusammenfasst, die im Vorfeld eines Unfalls durchgeführt werden können, um Risikofaktoren zu begrenzen, die zum Unfall führen, wenn sie gehäuft auftreten.

Risikovorbeugung umfasst vor allem Ausbildungs-, Aufsichts- und Wartungsmaßnahmen.

Beispiele für den Bereich der Bühnen-Ausrüstung:

- Verpflichtende Ausbildung für Nutzer elektrischer Personenhebebühnen;
- Die regelmäßige Überprüfung elektrischer Kettenzugwinden (alle 6 oder 12 Monate);
- Die vorbeugende Wartung mechanischer Ausrüstung.

Früherkennung eines Zwischenfalls

Die Früherkennung eines Zwischenfalls ist ein Hauptfaktor im Umgang mit dem Risiko. Abhängig von der Geschwindigkeit der Risikoerscheinung ermöglicht sie die schnelle Ergreifung von Gegenmaßnahmen und trägt so dazu bei, eine Katastrophe zu verhindern oder ihr Ausmaß zu beschränken.

Im Bereich der Brandbekämpfung ist die Rauchmeldung ein sehr effizientes Mittel, um automatische Feuerlöschsysteme auszulösen und den Einsatz von Brandbekämpfungs- und Rettungsmaßnahmen zu beschleunigen.

Beispiele für den Bereich der Bühnen-Ausrüstung:

- Der Einsatz von Kraftmessgeräten in komplexen Hebesystemen ermöglicht es, Überbelastungen bereits vor einer fatalen Überbeanspruchung der Hubkapazitäten des Systems festzustellen;
- In der Elektrik ist ein Differentialschutzschalter ebenso Teil eines Frühwarnsystems.

Aktive Sicherheit

Unter dem Konzept der „aktiven Sicherheit“ versteht man im Allgemeinen Ausrüstungen, die vor einem Unfall zum Einsatz kommen, um eine Katastrophe zu verhindern oder das Ausmaß derselben zu begrenzen.

Im Automobilbereich versteht man unter Zubehör zur aktiven Sicherheit Systeme wie ABS oder Anti-Traction-Control, die in Grenzbereichen eingreifen, um dem Fahrer zu helfen, einen Unfall zu vermeiden oder abzuschwächen.

Im Bereich der Bühnen-Ausrüstung sind aktive Sicherheitssysteme selten.

Passive Sicherheit

Unter dem Konzept der „passiven Sicherheit“ versteht man im Allgemeinen Ausrüstungen oder technische Eigenschaften, die während einer Katastrophe zum Einsatz bzw. zur Geltung kommen, um das Ausmaß derselben zu begrenzen.

Im Automobilbereich spricht man von passiver Sicherheit sowohl im Zusammenhang mit „passiven“ Materialcharakteristiken wie stoßdämpfenden Eigenschaften als auch im Zusammenhang mit Ausrüstungen wie Airbags, pyrotechnische Gurtstraffern o.ä., die während eines Zusammenstoßes zum Einsatz kommen.

Die Unterscheidung zwischen „passiv“ und „aktiv“ ist also nicht ganz unmissverständlich, da sie nicht vom passiven Verhalten der Ausrüstung, sondern vom Einsatzzeitpunkt abhängt.

Beispiel aus dem Bereich der Bühnen-Ausrüstung:

- Sicherheitsschlingen an Ausrüstungsgegenständen, die über dem Zuschauerbereich hängen, sind Teil eines passiven Sicherheitskonzepts.

Räumung und Schadensbekämpfung

Bestimmte Katastrophen passieren augenblicklich (Explosionen, Sturz von Ausrüstungsgegenständen, Einstürze), bei anderen (Bränden, Überschwemmungen) hat man manchmal Zeit, die Ursache zu bekämpfen oder gefährdete Personen und Güter in Sicherheit zu bringen.

Im Bereich von öffentlichen Gebäuden, muss die Evakuierung von Personen unter optimalen Sicherheitsbedingungen (Massenpanik) in einem möglichst kurzen Zeitraum (maximal 5 Minuten) durchgeführt werden können.

Beispiel aus dem Bereich der Bühnen-Ausrüstung:

Das vorherige Anbringen von Feuerlöschern in der Nähe möglicher Brandherde ist eine Vorsorgemaßnahme, die die Aufnahme des Kampfes gegen ein auftretendes Feuer deutlich beschleunigt.

Die Umsetzung der Brandbekämpfung darf sich niemals negativ auf die Evakuierung von gefährdeten Personen auswirken.

Rettungsmaßnahmen

Rettungsmaßnahmen: Gesamtheit der Hilfsleistungen für gefährdete Personen

Bei Massenveranstaltungen oder Ereignissen, die besondere Sicherheitsrisiken in sich bergen, ist die vorherige Stationierung von Hilfskräften (Sanitäter) oder von Rettungsmaterial eine häufig angewendete Methode, um die Durchführung von Rettungsmaßnahmen effizienter zu gestalten.

Beispiel aus dem Bereich der Bühnen-Ausrüstung:

- Die Ausbildung von Ersthelfern aus der Belegschaft sowie die Anbringung von Erste-Hilfe-Kästen und Rettungsbahren sind nützlich, um die medizinischen Folgen eines Unfalls einzugrenzen.

II. Zusammenfassung

Vor dem Zwischenfall:

1. Vorbeugen
2. Vermeiden
3. Melden

Während und nach dem Zwischenfall:

4. Schaden begrenzen
5. Räumen & bekämpfen
6. Retten

III. Weitere Grundprinzipien

Zuverlässigkeit – Funktionssicherheit

Die Funktionssicherheit hängt direkt mit der Betriebsqualität der Ausrüstung zusammen: Zuverlässigkeit, Beständigkeit, Leistung, Genauigkeit usw.

- **Beispiel: Ein Seil mit \varnothing 12mm ist stärker als ein identisches Seil mit \varnothing 10mm.**

Der Verwendungskoeffizient (design factor)

Der Verwendungskoeffizient ist das Verhältnis zwischen den physikalischen Eigenschaften einer Ausrüstung und den maximalen Beanspruchungen, denen sie während des Betriebs ausgesetzt ist.

- **Beispiel: Wenn ein Schekel mit einer maximalen Arbeitslast von 1000 daN ausgezeichnet ist, garantiert der Hersteller über das Konformitätszertifikat CE, dass die Bruchlast des Schekels über 4000 daN beträgt. (Verwendungskoeffizient = 4)**

Die Toleranz

Unter der Toleranz versteht man die Empfindlichkeit der Ausrüstung auf verschiedenen Faktoren: Temperatur, Feuchtigkeit, Schocks usw.

- **Beispiel: Bei gleicher Widerstandsfähigkeit haben Seile aus Polyamid eine bessere Fähigkeit Schocks (Überdehnungen) zu absorbieren als Hanfseile.**

Erkennung von Anomalien

Unter der Erkennung von Anomalien versteht man die Möglichkeit für den Nutzer, Materialschwächen oder Störungen vor einem Unfall zu erkennen. (Verschiebung, Durchhängen, übermäßige Spannung)

- **Beispiel: An einem sehr elastischen Seil kann man (anhand der physischen Veränderung) eine Überdehnung leicht feststellen, wohingegen man einem Stahlseil visuell eine zu hohe Spannung nicht ansieht.**

Redundanz (Single Failure Proof)

Die Redundanz ist ein Grundbegriff im Bereich der Ausrüstungssicherheit.

Die Redundanz wird im Allgemeinen durch die Anbringung „einer unabhängigen Vorrichtung von unterschiedlicher Technologie“ gewährleistet.

Ziel ist es, zu verhindern, dass eine einzelne (Material-) Schwäche einen technischen Zwischenfall auslösen kann. Es müssen gleichzeitig mindestens zwei Störungen auftreten, um einen Zwischenfall zu provozieren, was statistisch gesehen praktisch auszuschließen ist.

- **Beispiel: Showbeleuchtung ist gleichzeitig durch einen Schraubhaken und eine unabhängig davon angebrachte Sicherheitsschlaufe gesichert.**

„Positive Sicherheit“

Das Prinzip der „positiven Sicherheit“ bedeutet, dass eine Vorrichtung so konzipiert ist, dass eine „natürliche“ Störung zur Außerbetriebnahme der Vorrichtung führt.

- **Beispiel: Die Sicherheitsbremse einer Hubwinde funktioniert durch „Strommangel“, d. h. über ein elektromagnetisches System zieht der elektrische Strom Rückhaltefedern zusammen, die beim Lösen zu einer Notbremsung führen. Jegliches Problem in der Stromversorgung führt folglich zum Einsatz dieser Bremsen.**

Sicherheit der Bedienelemente

Die Sicherheit eines Bediensystems hängt von einer Vielzahl technischer Kriterien ab:

- Beispiel: Ein Bedienelement, das eine willentliche Handlung des Ausführenden (das kontinuierliche Drücken eines Knopfes) vorsieht, ist sicherer als eine programmierte automatische Vorrichtung.
- Beispiel: Um zu verhindern, dass eine Steuerung durch einen versehentlichen Druck ausgelöst wird, sind Druckknöpfe im Allgemeinen in einen metallischen Zylinder eingearbeitet.
- Beispiel: Eine Notabschaltung ist eine Vorrichtung zur unmittelbaren Unterbrechung der Hauptstromversorgung einer technischen Einrichtung. Im Fall eines elektrischen oder mechanischen Problems kann man damit die Elektronik und die Programmierung umgehen und ein System komplett zum Stillstand bringen.

Stürze aus der Höhe

IV. Europäische Verordnung

Richtlinie 2001/45/CE

Die Richtlinie 2001/45/CE bestimmt die Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit.

(9) Jeder Arbeitgeber, der zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen ausführen lassen will, muss Arbeitsmittel auswählen, die angemessenen Schutz vor Abstürzen bieten.

(10) Im Allgemeinen bieten kollektive Schutzmaßnahmen zur Verhütung von Abstürzen einen besseren Schutz als individuelle Schutzmaßnahmen. Die Auswahl und Benutzung der für die einzelnen Arbeitsplätze angemessenen Arbeitsmittel zur Verhütung und Beseitigung der Gefahren sollte gegebenenfalls mit spezieller Unterweisung und zusätzlichen Untersuchungen einhergehen.

(11) (...) Eine angemessene spezielle Unterweisung der Arbeitnehmer ist deshalb erforderlich.

Anhang:

Vorschriften für die Benutzung von Arbeitsmitteln, die für zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen bereitgestellt werden: Allgemeine Vorschriften

4.1.1. (...) Dabei muss dem kollektiven Gefahrenschutz Vorrang vor dem individuellen Gefahrenschutz eingeräumt werden. (...)

4.1.3. Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen dürfen nur angewandt werden, wenn die Risikobewertung ergibt, dass die betreffende Arbeit sicher durchgeführt werden kann, und wenn die Verwendung anderer, sichererer Arbeitsmittel nicht gerechtfertigt ist.

Unter Berücksichtigung der Risikobewertung und insbesondere nach Maßgabe der Dauer der Arbeiten und der ergonomischen Beanspruchungen ist ein Sitz mit angemessenem Zubehör vorzusehen.

4.4. Besondere Vorschriften für Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen

Für Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- a. Das System umfasst mindestens **zwei getrennt voneinander befestigte Seile**, wobei eines als Zugangs-, Absenk- und Haltemittel (Arbeitsseil) und das andere als Sicherungsmittel (Sicherungsseil) dient;
- b. die Arbeitnehmer erhalten und verwenden ein **geeignetes Sicherheitsgeschirr**, über das sie mit dem Sicherheitsseil verbunden sind;
- c. das Arbeitsseil wird mit sicheren Mitteln für das Aufseilen und Abseilen ausgerüstet; es umfasst ein **selbstsicherndes System**, das in den Fällen, in denen der Anwender die

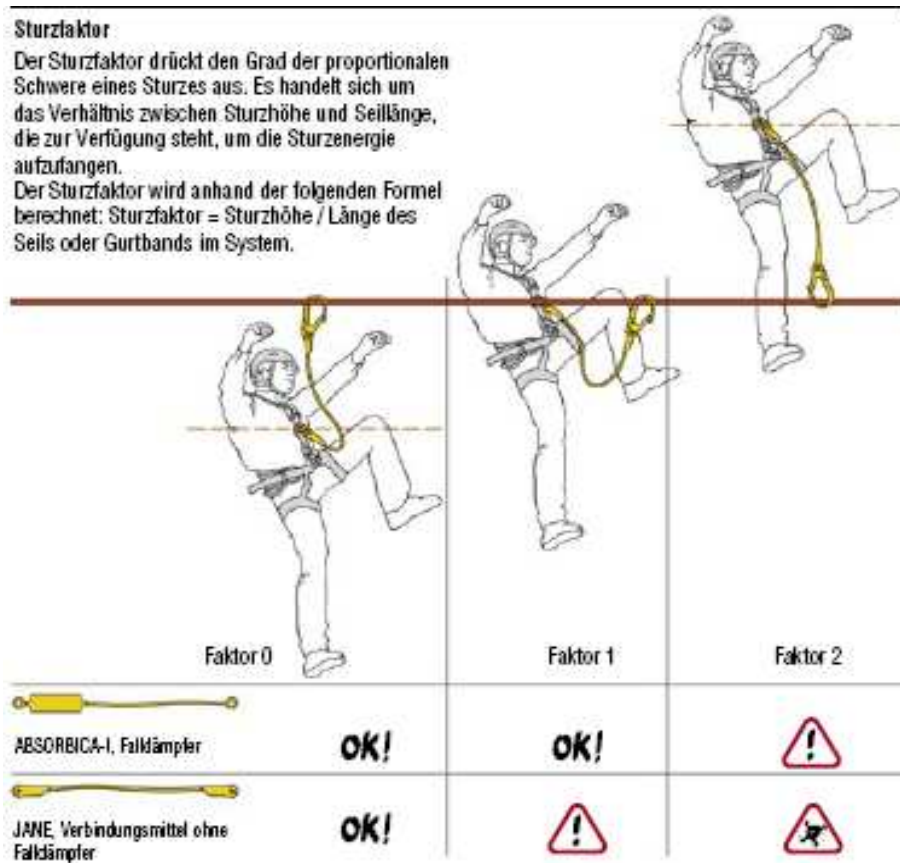
Kontrolle über seine Bewegungen verliert, einen **Absturz verhindert**. Das Sicherungsseil ist mit einer bewegungssynchron mitlaufenden **beweglichen Absturzsicherung** auszurüsten;

- d. **Werkzeug und anderes Zubehör**, das von den Arbeitnehmern benutzt werden soll, sind an deren Sicherheitsgeschirr oder Sitz oder unter Rückgriff auf andere angemessene Mittel **zu befestigen**;
- e. die Arbeiten sind sorgfältig zu planen und zu überwachen, damit einem Arbeitnehmer **bei Bedarf unmittelbar Hilfe geleistet** werden kann;
- f. die betreffenden Arbeitnehmer haben gemäß Artikel 7 eine **angemessene und spezielle Unterweisung in den vorgesehenen Arbeitsverfahren**, insbesondere in Bezug auf die Rettungsverfahren, erhalten.

V. Parameter eines Absturzes

Auf physikalischer Ebene spielen bei einem Absturz folgende Daten eine Rolle:

- Die Masse der Person;
- Die Absturzhöhe;
- Die Länge des Bremswegs;
- Der Sturzraum.



Der Sturz ist heftiger je:

- o größer das Gewicht der Person ist;
- o tiefer der Sturz ist;

Der Sturz ist tiefer je:

- o länger die Sicherheitsschlinge ist ;
- o tiefer die Sicherheitsschlinge verankert ist;

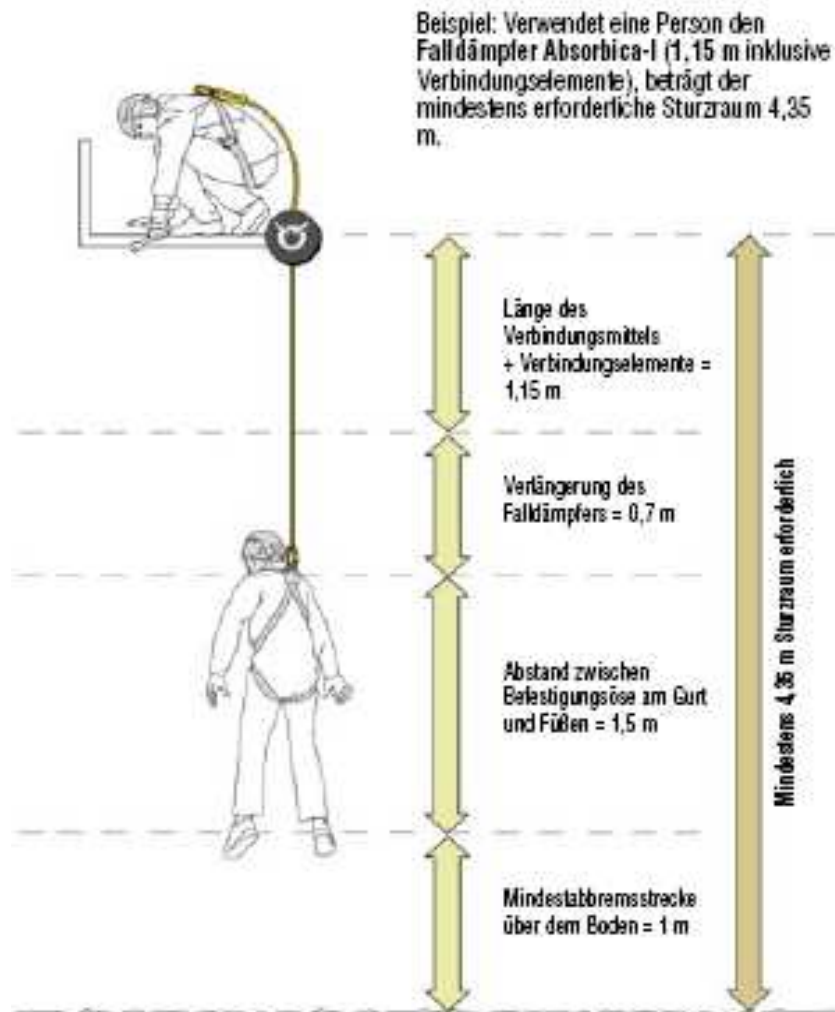
Der Sturz ist leichter abzufangen je:

- o kürzer er ist;
- o je länger der Bremsweg ist;

Um die Auswirkungen eines Sturzes abzuschwächen, benutzt man dementsprechend kurze Sicherheitsschlingen mit Bandfalldämpfer, die man so hoch wie möglich verankert.

Um einen Absturz sicher abzufangen, muss man die dynamischen Kräfte, die auf die Person und das Material einwirken so weit wie möglich abschwächen. Ein weiches Abfangen setzt automatisch einen gewissen Bremsweg voraus, weshalb sich Falldämpfer auf einer gewissen Länge entfalten, um dadurch den Sturz der Person abzubremsen und dabei die dynamischen Kräfte auf maximal 600 daN abzuschwächen.

Das Abfangen eines Sturzes setzt immer eine Verlängerung der Dämpfungsvorrichtung voraus und folglich einen gewissen Freiraum unter der Person. Diesen Freiraum nennt man den „minimalen Sturzraum“.



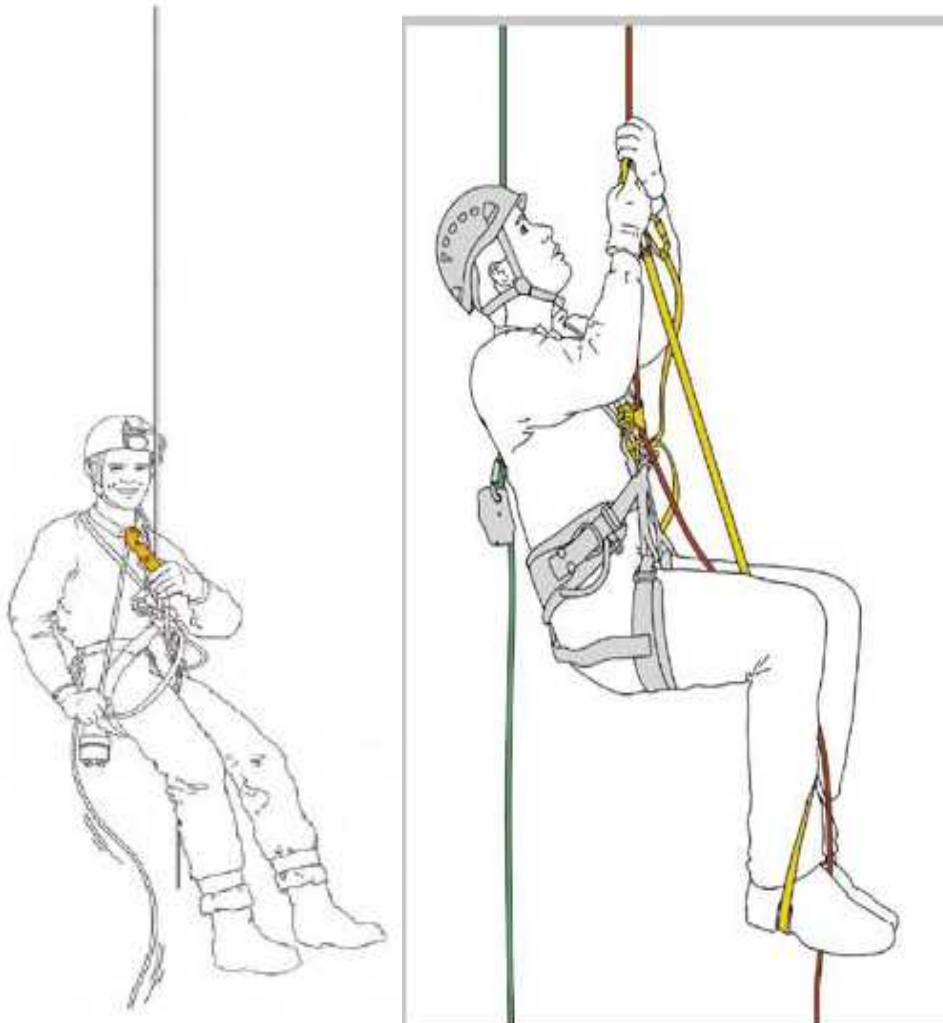
Um einen Sturz sicher abzufangen, muss...:

die Länge der Sicherheitschlinge	+	die Verlängerung des Falldämpfers	+	die Größe der Person	+	der Sicherheitsabstand	≤	als der zur Verfügung stehende Sturzraum.
----------------------------------	---	-----------------------------------	---	----------------------	---	------------------------	---	---

Man geht im Allgemeinen davon aus, dass eine Sturzabfangvorrichtung erst ab einer Höhe von 3 m wirksam wird.

In einer Höhe zwischen 1-3m empfiehlt es sich einen festen Arbeitsplatz einzurichten.

IV. Unterschiede zwischen SPORT-Ausrüstungen und ARBEITS-Ausrüstungen



Die Kriterien für die Widerstandsfähigkeit von Sportausrüstungen genügen nicht den Beanspruchungen, die durch einen Absturz verursacht werden!

Sportausrüstungen werden nach weniger anspruchsvollen dynamischen Kriterien entwickelt als Arbeitsausrüstungen.

Sportklettergurt:

Norm:

NF EN 12277: Hochgebirgs- und Kletterausrüstung: Sicherheitsgurt Typ C

Technische Zuordnung:

„Sportausrüstung, Spielplatzausstattung und anderweitige Freizeitausrüstung“ CEN/TC 136

Technische Eigenschaften:

- Sicherheitsgurt bestehend aus einem Hüftgurt und Beinschlaufen.
- Diese Art von Sicherheitsgurt kann eine bewusstlose Person nicht in einer aufrechten Sitzposition stabilisieren.
- Statischer Belastungstest bei 1500 daN in aufrechter Position.
- Kein Belastungstest in Kopfüber-Position.
- Kein dynamischer Belastungstest.

Haltegurt zur Arbeitsplatzpositionierung:

Norm:

NF EN 358: PSA (persönliche Sicherheitsausrüstung) zur Arbeitsplatzpositionierung und zur Vorbeugung von Abstürzen: Haltegurte zur Arbeitsplatzpositionierung.

Technische Zuordnung:

„Schutz vor Abstürzen, Arbeitshaltegurte mit eingeschlossen“ CEN/TC 160

Technische Eigenschaften:

- Vorrichtung zur Fixierung des Körpers durch Fassung an der Hüfte.
- Diese Art von Sicherheitsgurt kann eine bewusstlose Person nicht in einer aufrechten Sitzposition stabilisieren.
- Statischer Belastungstest durch Anreißen an den Aufhängungen bei 1500 daN.
- Kein Belastungstest in Kopfüber-Position.
- Dynamischer Belastungstest mit einem Dummy von 100 kg bei einem Sturz von 1 m, aufgefangen durch ein dynamisches Seil von 1 m (Typ EN 892, Ø 11 mm, Sturzfaktor = 1)

Sitz- und Haltegurt ohne Brustgurt:

Norm:

NF EN 813: PSA zur Vorbeugung von Abstürzen: Hüftgurte mit Beinschlaufen

Technische Zuordnung:

„Schutz vor Abstürzen, Arbeitshaltegurte mit eingeschlossen“ CEN/TC 160

Technische Eigenschaften:

- Sicherheitsgurt bestehend aus einem Hüftgurt und Beinschlaufen.

- Diese Art von Sicherheitsgurt kann eine bewusstlose Person nicht in einer aufrechten Sitzposition stabilisieren.
- Statischer Belastungstest bei 1500 daN in aufrechter Position.
- Kein Belastungstest in Kopfüber-Position.
- Dynamischer Belastungstest mit einem Dummy von 100 kg bei einem Sturz von 2 m, aufgefangen durch ein dynamisches Seil von 1 m (Typ EN 892, Ø 11 mm, Sturzfaktor = 2)

Auffang- und Haltegurt:

Norm:

NF EN 361: PSA für Abstürze: Auffanggurte

Technische Zuordnung:

„Schutz vor Abstürzen, Arbeitshaltegurte mit eingeschlossen“ CEN/TC 160

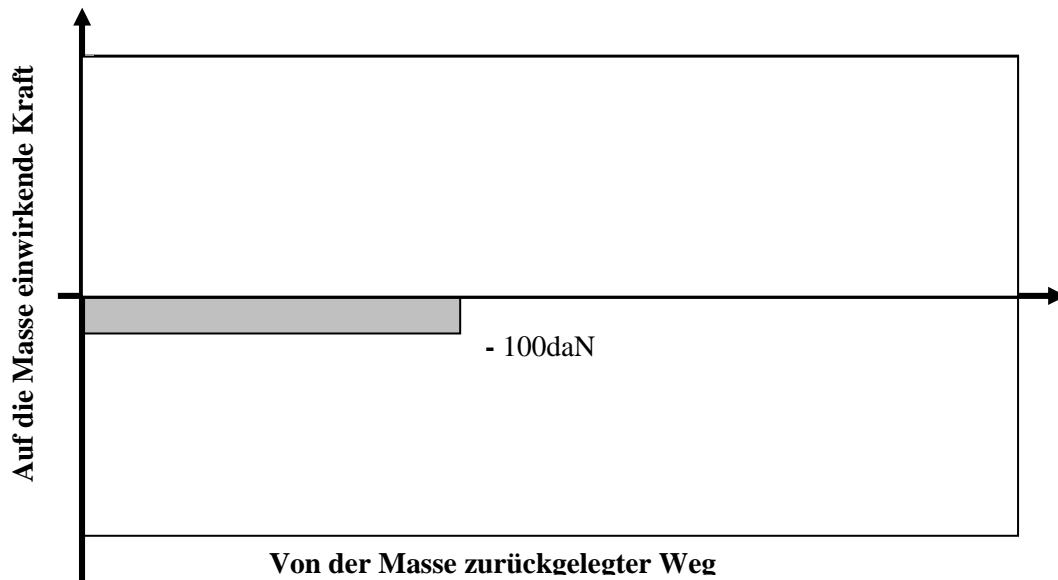
Technische Eigenschaften:

- Vorrichtung zur Fixierung des Körpers zum Auffangen von Abstürzen (...) und so an den Körper einer Person angepasst, dass sie dieselbe während und nach einem Sturz aufrecht hält.
- Diese Art von Sicherheitsgurt kann eine bewusstlose Person in einer aufrechten Sitzposition stabilisieren.
- Statischer Belastungstest bei 1500 daN in aufrechter Position.
- Statischer Belastungstest bei 1000 daN in Kopfüber-Position.
- 2 aufeinanderfolgende dynamische Belastungstests mit einem Dummy von 100 kg bei einem Sturz von 4 m, aufgefangen durch ein dynamisches Seil von 2 m (Typ EN 892, Ø 11 mm, Sturzfaktor = 2) (Während des ersten Tests muss eine Belastung von mindestens 900 daN auf die Testausrüstung einwirken.) Der erste Versuch findet mit aufrechtem Dummy statt, der zweite in Kopfüber-Position.
- Am Ende des Sturzes muss der Dummy in einer aufrechten Position stabilisiert sein, wobei der Winkel zwischen der Achse der Wirbelsäule und der Vertikalen maximal 50° betragen darf.

Das Prinzip der Absorption von Energie

Physikalische Gesetzmäßigkeit

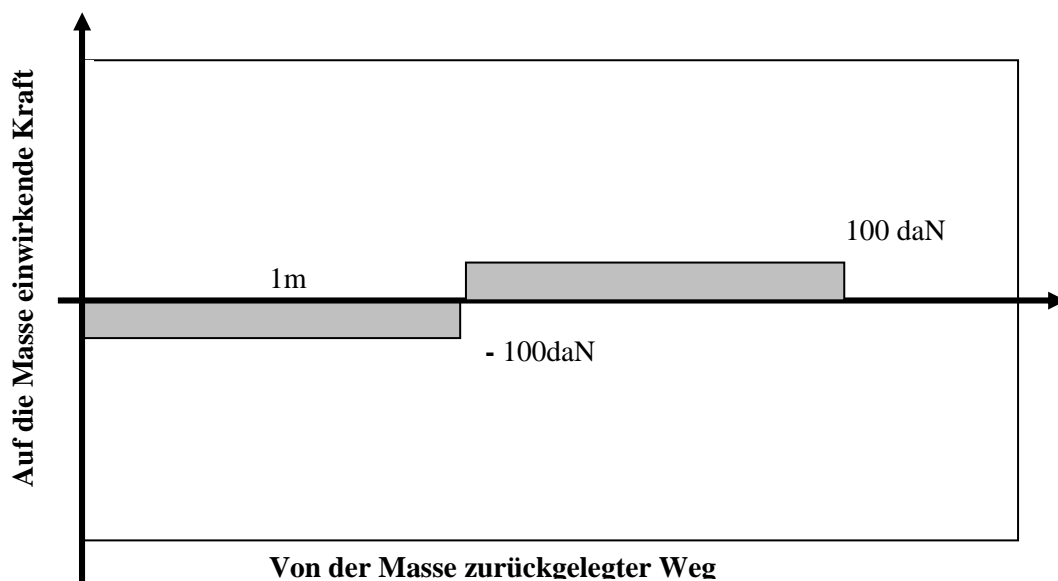
Vereinfacht lässt sich sagen: Eine Masse von 100 kg die 1 m fällt, entwickelt eine Energie, welche der Arbeit entspricht die aufgewendet werden müsste, um sie um einen Meter anzuheben. Diese Energie wird durch die Erdanziehungskraft entwickelt.



Um den Fall der Masse aufzuhalten, muss ihm mindestens die gleichwertige Energie entgegengesetzt werden.

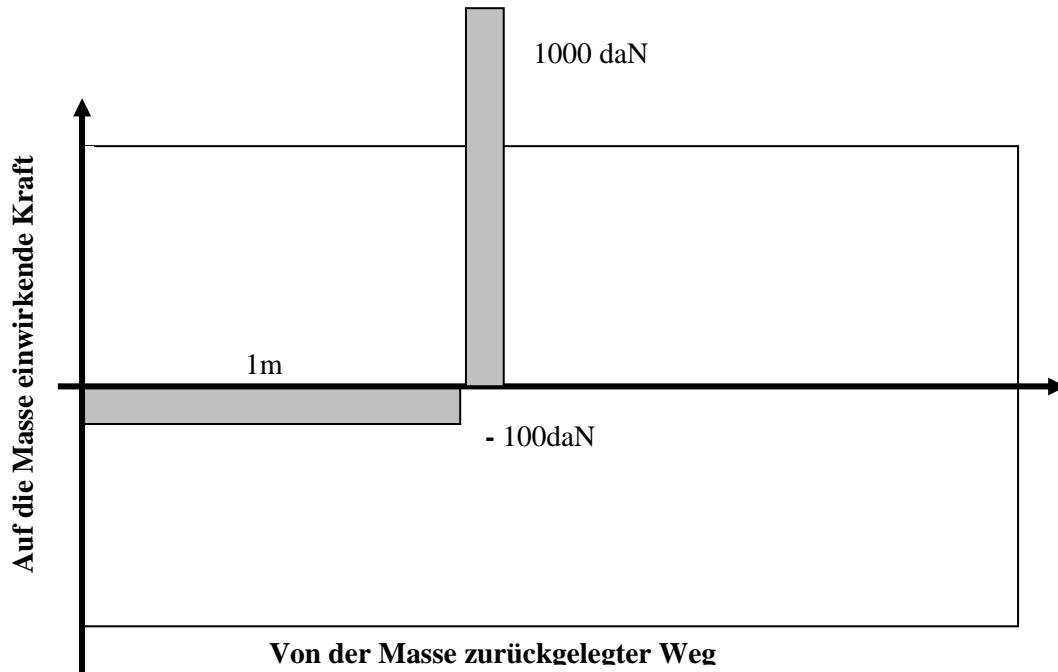
Beispiel 1:

Unter der Annahme dass die Erdanziehungskraft unvermittelt aufgehoben würde. Die Masse würde eine ebenbürtige Kraft in umgekehrter Richtung erfahren, und der Fall käme nach 1 Meter zum Stillstand.



Beispiel 2:

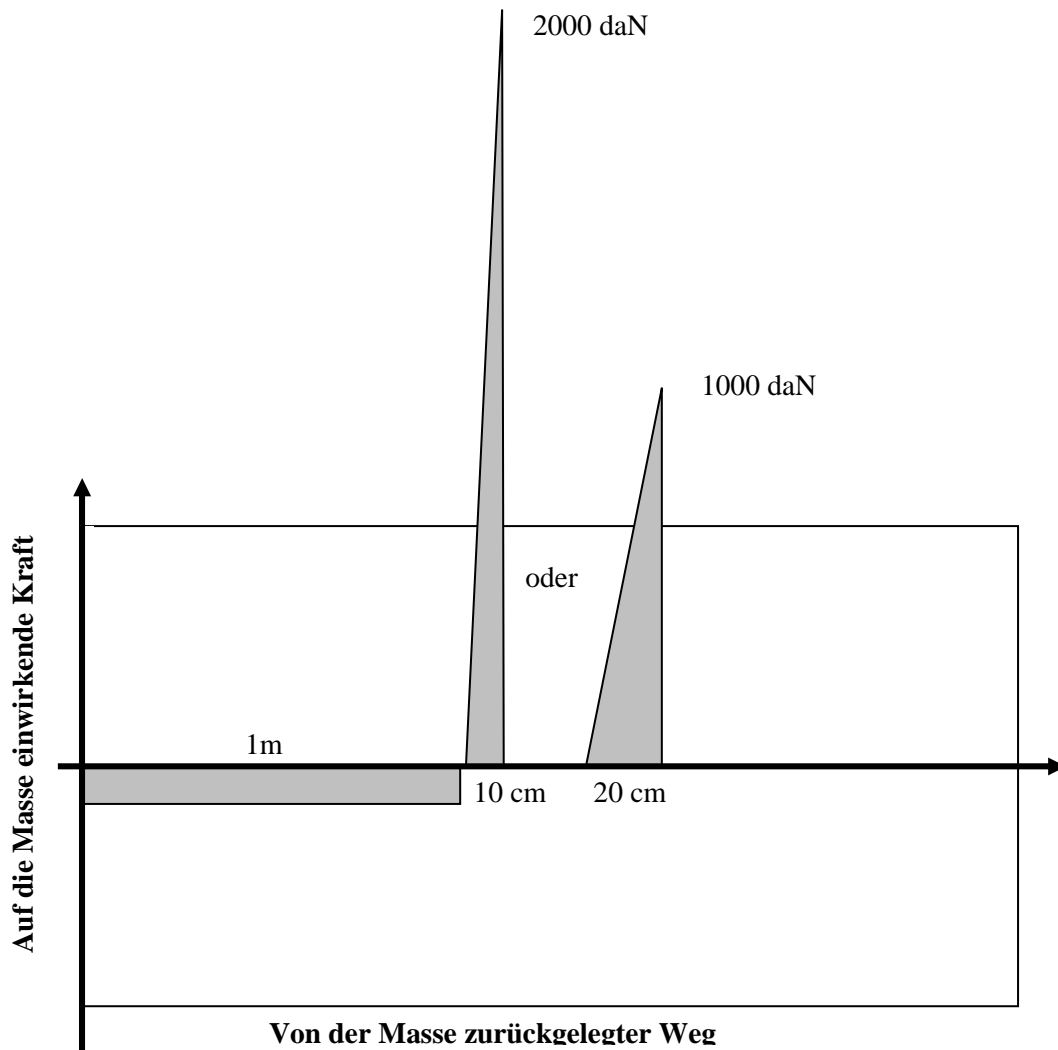
Wird der Fall der Masse dagegen nach 10 cm gestoppt, muss eine 10x größere Kraft aufgewendet werden, um einen gleich bleibenden Energieaufwand zu gewährleisten.



Dieses Beispiel geht von der Annahme aus, dass die Bremskraft während des ganzen Bremsweges (10 cm) konstant bleibt.

Die gebräuchlichen Fall-Fangeinrichtungen sind allerdings auf dem Prinzip der Federung aufgebaut. Eine Feder entwickelt keine konstante Kraft. Diese vergrößert sich proportional zur Kompression der Feder.

Die Reaktionskraft einer Feder kann somit durch ein Dreieck dargestellt werden:



Die Arbeit der Feder ist somit 2 x wirkungsvoller als die einer konstanten Kraft.

Um die Masse von 100 kg nach 10 cm zu stoppen, muss somit eine Bremskraft werden, deren Spitzenwert doppelt so groß ist. Oder: bleibt die maximal aufgewendete Kraft konstant bei 1000 daN, verdoppelt sich dafür der Bremsweg.

Man stellt fest, dass der Bremsweg und die aufzuwendende Bremskraft sich gegenseitig bedingen. Diese Erfahrung kann leicht in einem Auto gemacht werden: Je kürzer der Bremsweg, umso größer die Bremswirkung auf den Körper.

Beispiel 1: Fangnetz im Fliegenden Trapez

Der Artist fällt aus einer Höhe von 10 m. Er befindet sich während 8 m im freien Fall, und die letzten 2 m wird sein Fall abgebremst durch das Netz, welches eine Bremskraft entwickelt, welche proportional zur Dehnung des Netzes ansteigt (Dreieck-Diagramm).

Wir beobachten den Moment, wo der Fall des Artisten zum Stillstand kommt: das Netz hat sich um eine Höhe von 2 m verformt. In diesem Moment:

- Entwickelt die Erdanziehung eine Kraft, welche dem vertikalen Fall des Körpers von einer Höhe von 10 m entspricht
- Um den Fall dieser Masse zu stoppen, benötigt das Netz eine Distanz von 2 m (entsprechend 1/5 der Fallhöhe). Wäre die Bremswirkung des Netzes konstant, wäre die Wirkung auf den Körper des Artisten umgekehrt proportional: er entspräche der fünffachen Erdanziehungskraft = fünf Mal das Körpergewicht = 5g
- Da das Netz jedoch wie eine Feder reagiert, wird die maximale auf den Körper des Artisten einwirkende Bremskraft verdoppelt, und entspricht damit der 10fachen Erdanziehungskraft = 10x das Körpergewicht = 10 g.

Zum Vergleich: Piloten von Jagdflugzeugen sind einer maximalen Beschleunigung von 6 g ausgesetzt. Der maßgebliche Unterschied zum Falle eines Trapezartisten besteht in der Dauer des Phänomens: Die ist bei ihm um das Vielfache kürzer. Nur deshalb kann er diese Wirkung unbeschadet überstehen.

Daraus ist ersichtlich, dass der dynamische Effekt, der beim Abbremsen eines Falles entsteht, gewaltig sein kann: das 5 -20fache der Masse des Objektes!

Beispiel 2: Person, gesichert durch eine statische Sicherheitsleine von 1 m Länge.

Die Person befestigt die Sicherheitsleine auf Fußhöhe. Seine Fallhöhe beträgt somit 2 m.

Die Sicherheitslonge, an der er hängt ist nicht mit einer Energie absorbierenden Vorrichtung versehen, und besitzt selber keine ausreichenden elastischen Eigenschaften. Die Dehnungskapazität des Seiles vor dem Reißen beträgt 10%.

Betrachten wir die Situation im Moment wo die maximale Dehnungsfähigkeit des Sicherungsseils erreicht ist (10 % von 1 m = 10 cm). In diesem Moment hat die Erdanziehungskraft eine Arbeit aufgewendet entsprechend der totalen Fallhöhe der Masse: 2,10 m.

Setzen wir voraus, dass das Seil entsprechend einer perfekten Feder reagiert. Die maximale Kraft, welche auf die Person einwirkt entspricht somit der 40fachen Erdanziehungskraft: 40 g = 40faches Körpergewicht (80 kg).

Die Katastrophe ist unvermeidlich. Die Kraft des Fallschockes beträgt 40 x 80 kg = 3200 kg. Selbstredend vermag keine übliche Sicherheitsvorrichtung dieser Kraft zu widerstehen.

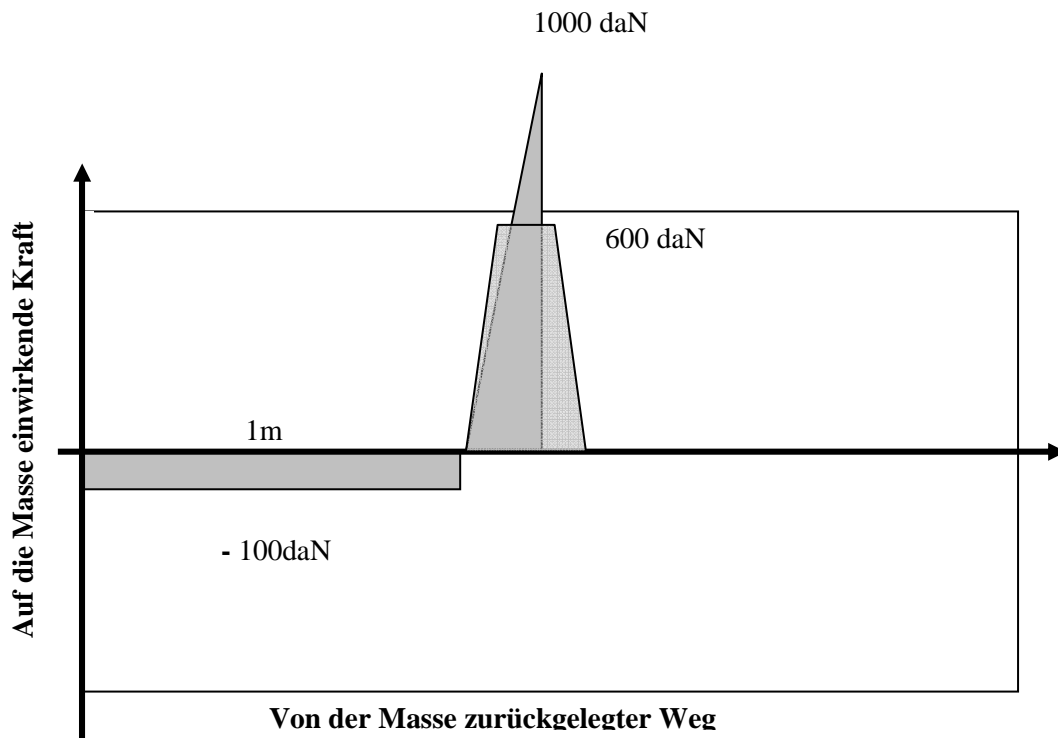
Das Sicherheitsseil wird unter diesen Umständen höchstwahrscheinlich reißen. Die Person schwebt in akuter Lebensgefahr

Diese Fallbeschreibung macht deutlich, dass Sicherheitseinrichtungen unbedingt mit Vorrichtungen versehen sein sollten, welche die Energie des Fallens absorbieren!

Das Prinzip des Fall-Absorbers (Falldämpfer)

Er agiert wie ein Begrenzer der maximalen Belastung, welche der fallende Körper aushalten muss.

Die Nahtstellen des Sicherheitsbandes sind so konzipiert, dass sie bei einer Beanspruchung von 600 daN fortschreitend reißen und somit die maximale Belastung über die gesamte Länge des Bremsweges auf 600 daN begrenzen.



Wie aus dem Diagramm ersichtlich wird, bewirkt die Vorrichtung eine Verlängerung des Bremsweges. Diese maximale Länge der Sicherheitsleine muss in die Berechnung des freien Raumes zum Boden am Ende des Falles mit einbezogen werden!

Vertikaltuch

Reißversuche am Vertikaltuch

a) 2 **statische** Reißversuche:

1. Versuch: 800 kg
2. Versuch: 500 kg

Das Tuch reißt in beiden Fällen an derselben Stelle: in Höhe des Knotens, an der Kontaktstelle zwischen der Schlaufe und dem durchlaufenden Tuch

b) 2 **dynamische** Reißversuche:

Fall einer Masse von 80 kg, anschließend 100kg. Fallhöhe: 1 m

Resultat wie beim ersten Versuch: das Tuch reißt immer an der Kontaktstelle Tuch/Knoten

Lösungsvorschläge

- Ein „Tuchbügel“ (Glocke) ist unbedingt zu empfehlen!
- Auf der Höhe des Knotens soll das Tuch durch eine widerstandsfähige Hülle laufen, um den Kontakt Tuch/Tuch zu vermeiden.