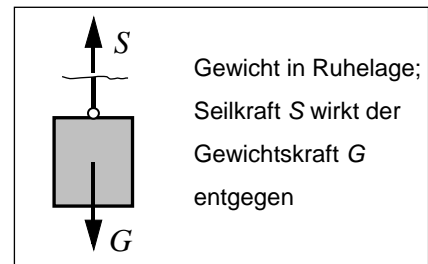


1 Grundbegriffe

Die **Statik** ist die Lehre von der Wirkung von Kräften auf Körper in Ruhe bzw. im Gleichgewicht (Bild 1.1).



Im Folgenden werden weitere Grundbegriffe und Erfahrungstatsachen erläutert, die bei der Untersuchung statischer Probleme immer wieder auftauchen.

Bild 1.1: Gewicht in Ruhelage

1.1 Begriffserklärung „Statik starrer Körper“

Sind die Deformationen an einem festen Körper infolge der auf ihn wirkenden Kräfte so klein, dass dabei die Änderung der Geometrie des Gebildes auf die statische Berechnung praktisch ohne Einfluss bleibt, so wird der Körper *idealisiert* zu einem starren Körper (Bild 1.2).

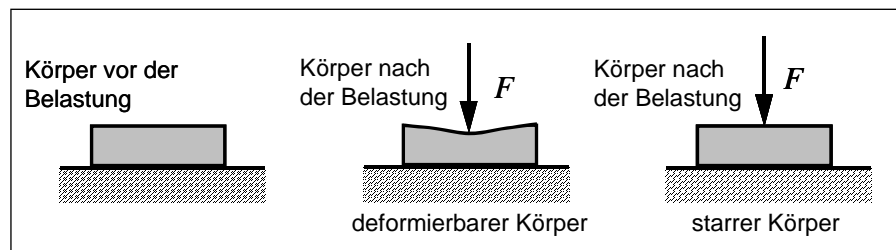


Bild 1.2: Starrer Körper – deformierbarer Körper

Ein **starrer** Körper ändert unter Einfluss von Kräften seine Gestalt nicht.

Die *Lehre von der Wirkung von Kräften auf starre Körper im Gleichgewicht* nennen wir „**Statik starrer Körper**“.

1.2 Kräfte und Kraftarten

In der Statik ist die Kraft einer der wichtigsten Begriffe. Die Kraft kann an ihrer Wirkung erkannt und gemessen werden. Zum Beispiel verspüren wir beim Heben eines Körpers über unsere Muskelkraft das Eigengewicht des Körpers.

Die Einzelkraft ist eine *vektorielle* Größe und ist durch drei Bestimmungsstücke zu beschreiben (Bild 1.3):

1. Betrag (Größe) der Kraft,
2. Richtung der Kraft (Wirkungslinie und Richtungssinn),
3. Angriffspunkt der Kraft.

Die zeichnerische Darstellung einer Kraft erfolgt durch einen Pfeil, der gemäß Bild 1.3 die Richtung bestimmt und dessen Länge den absoluten Betrag angibt, wozu ein Umrechnungs-

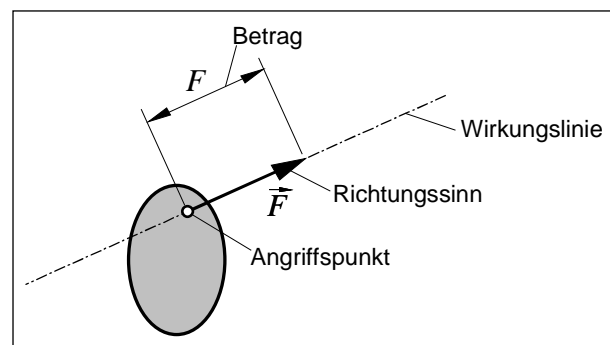


Bild 1.3: Darstellung einer Einzelkraft

maßstab (z.B. Kräftemaßstab $m_F = \frac{2 \text{ kN}}{1 \text{ cm}}$) notwendig ist.

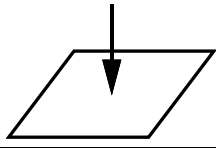
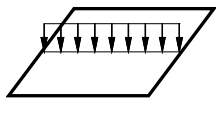
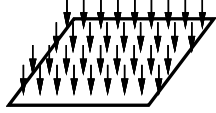
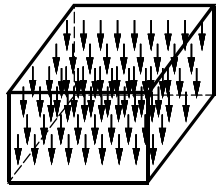
Hinweis: Da aus der zeichnerischen Darstellung einer Kraft durch einen Pfeil der Vektorcharakter eindeutig hervorgeht, schreiben wir meistens nur noch an den Pfeil den entsprechenden Schriftbuchstaben (z.B. F statt \vec{F}).

Die Einheit der Kraft ist das **NEWTON (N)**, benannt nach dem englischen Naturforscher ISAAC

$$\text{NEWTON*}, \quad \boxed{N = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}.$$

Je nach Einwirkung auf einen Körper können die Kräfte in verschiedenen Formen auftreten (siehe folgende Tabelle).

Es sind dies folgende Kraftarten:

Kraftart	Symbol	Dimension (beispielhaft)	Bemerkung	Beispiel
Einzelkraft		N kN MN	wirkt auf einem Punkt (Idealisierung, da Kräfte nur auf Flächen wirken)	Stabkräfte, Lagerkräfte
Linienkraft (Streckenlast)		N/m kN/m MN/m	wirkt längs einer Linie (Idealisierung)	Gewichtskraft eines Trägers
Flächenkraft		N/m ² kN/m ² MN/m ²	wirkt flächenhaft verteilt	Schneelast, Windlast, Erddruck, Flächenlager
Volumenkraft		N/cm ³ kN/m ³ MN/m ³	wirkt räumlich verteilt an allen Elementen eines Körpers	Schwerkraft, spezifische Gewichte

Zu beachten ist außerdem die Art der Aufbringung der äußeren Kräfte.

Bei **allmählich anwachsender Belastung** über einen längeren Zeitraum verteilt sprechen wir von einer **statischen Belastung**. Tritt eine **plötzliche Belastung in Verbindung mit Bewegungsenergie** (z.B. Stoß) auf, so wird neben dem Eigengewicht noch kinetische Energie wirksam, so dass eine **dynamische Belastung** vorliegt und äußere und innere Kräfte nicht im Gleichgewicht sind.

1.3 Streckenlasten

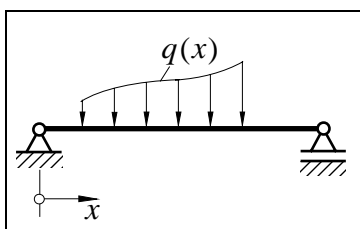


Bild 1.4: Balken mit Streckenlast $q(x)$

Streckenlasten (Ausdruck **Linienlasten** ist auch gebräuchlich) sind über eine gewisse Strecke kontinuierlich verteilt am Balken angreifende Lasten (Bild 1.4). Die Maßangabe ist Kraft je Längeneinheit (z.B. N/m, kN/m). Streckenlasten sind zum Beispiel: Eigengewichte von Balken, Schneelast, durch Wind oder elektromagnetische Felder verursachte Belastung. Sie werden mit q bezeichnet. Die Streckenlast kann sich also von Punkt zu Punkt ändern.

Für Gleichgewichtsbetrachtungen können wir die Streckenlast über die Länge durch die Resultierende R_q im Schwerpunkt der Intensitätsfläche ersetzen (siehe nachfolgende Beispiele). Die Resultierende R_q ergibt sich aus der Integration über die Länge (entspricht der eingeschlossenen Fläche unter der $q(x)$ -Linie).

* NEWTON, ISAAC (1643-1727), englischer Naturforscher. Entdecker des Gesetzes der Gravitation.

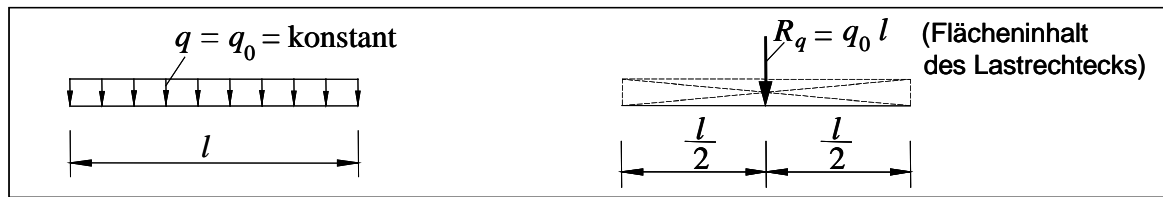
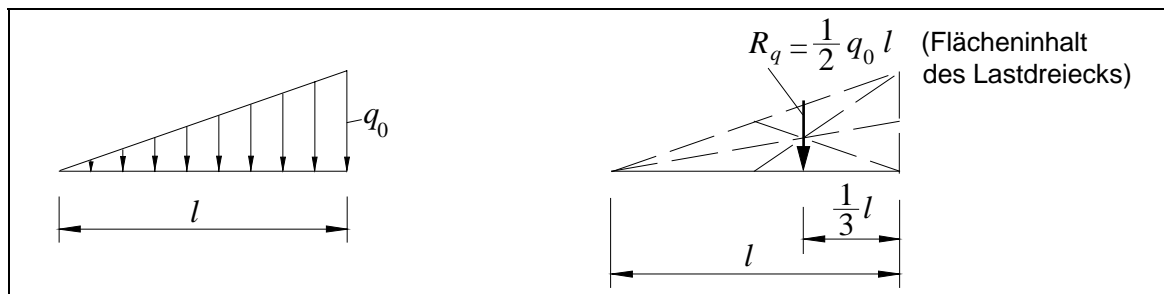
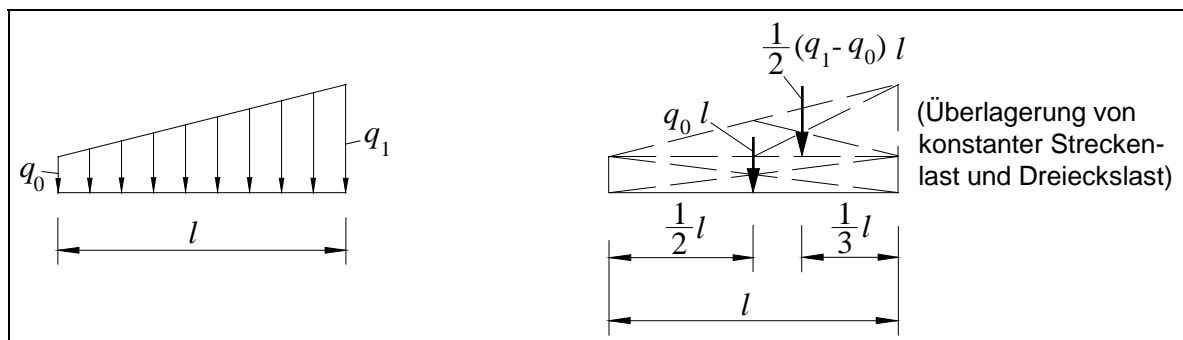
Beispiele:• **Konstante Streckenlast**Bild 1.5: Konstante Streckenlast und deren Resultierende R_q • **Dreiecksförmige Streckenlast**Bild 1.6: Dreiecksförmige Streckenlast und deren Resultierende R_q • **Trapezförmige Streckenlast**

Bild 1.7: Ersatz der trapezförmigen Streckenlast durch zwei resultierende Einzelkräfte

1.4 Was ist ein mechanisches System?

Eine Maschine, ein Tragwerk oder eine andere technische Konstruktion bezeichnen wir als ein **mechanisches System**. Mechanische Systeme sind z.B. in den Bildern 1.8, 1.9, 1.10 und 1.11 dargestellt. Ein mechanisches System besteht aus mehreren Teilen oder Körpern, die unter gewissen Voraussetzungen als starr angesehen werden können und aufeinander Kräfte ausüben.

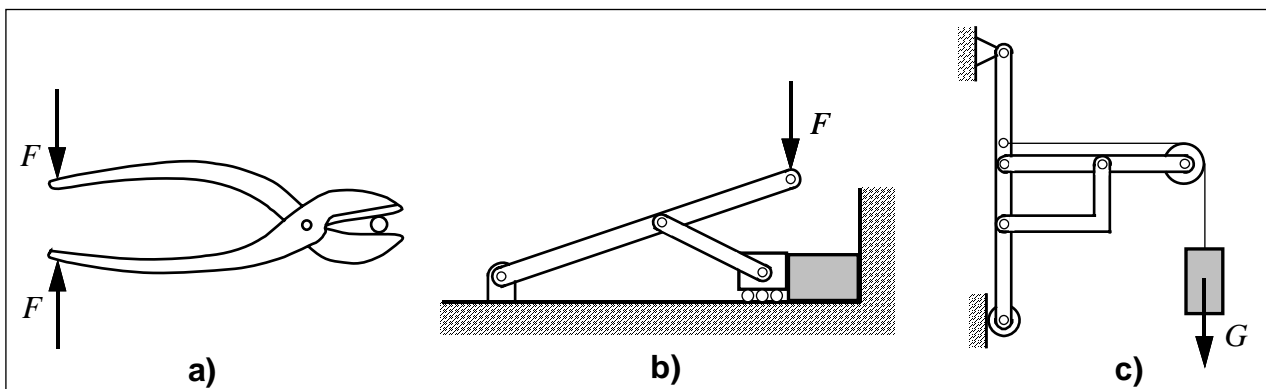
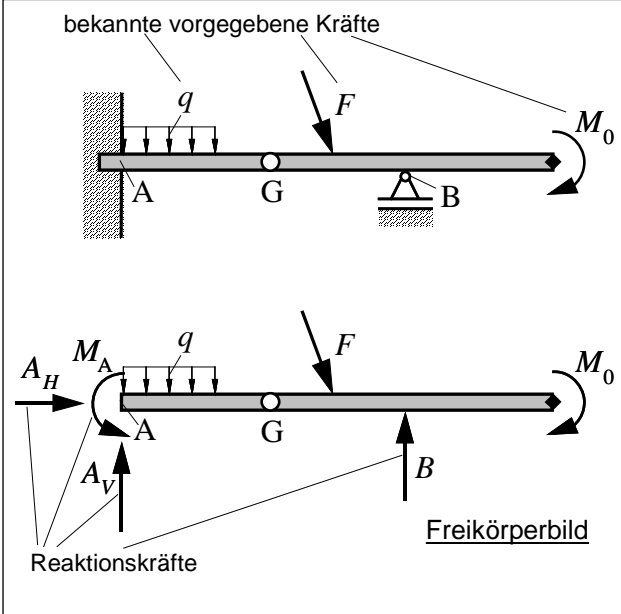
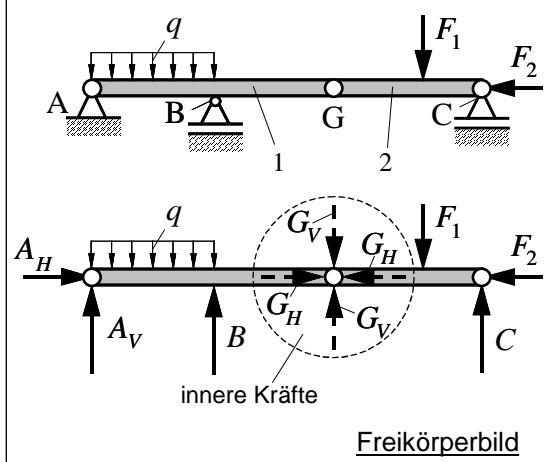
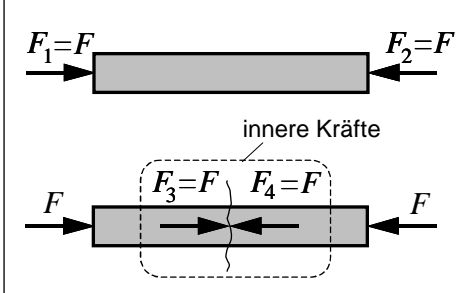


Bild 1.8: Beispiele für mechanische Systeme: a) Schere b) Spannsystem c) Ausleger mit Rolle

1.5 Einteilung der Kräfte*

äußere Kräfte	innere Kräfte
<p>- bekannte vorgegebene (eingepögte) Kräfte (Bild 1.9), hervorgerufen durch z.B. Gewichtskräfte, Wind- und Schneelasten, Zahräder, Reibungswiderstände, Zerspanungswiderstände</p> <p>- Reaktionskräfte (Zwangskräfte) (Bild 1.9) z.B. Auflagerreaktionen</p>  <p>Bild 1.9: Zur Begriffsbestimmung „äußere Kräfte“</p>	<p>Kräfte innerhalb eines mechanischen Systems oder eines starren Körpers, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reaktionskräfte im starren Körper (Bild 1.11) - Reaktionskräfte in den Verbindungsstellen zwischen zwei starren Körpern (Bild 1.10)  <p>Bild 1.10: Zur Begriffsbestimmung „innere Kräfte“; Gelenkträger</p>  <p>Bild 1.11: Zur Begriffsbestimmung „innere Kräfte“; starrer Körper</p> <p>Innere Kräfte treten stets paarweise auf.</p>

Die Einteilung nach äußeren und inneren Kräften ist relativ. Sie hängt davon ab, welches System wir untersuchen (betrachten, abgrenzen) wollen.

Fassen wir das Gesamtsystem in Bild 1.10 als das System auf, welches wir insgesamt betrachten wollen, so sind die im Gelenk G zwischen den beiden starren Körpern 1 und 2 wirkenden Kräfte G_H und G_V innere Kräfte.

Trennen wir dagegen das Gesamtsystem (Bild 1.10) und betrachten nur den Körper 1 oder nur den Körper 2 als unser System, so sind die Kräfte G_H und G_V jetzt äußere Kräfte (Bild 1.12).

* Hier und im Folgenden wird manchmal das Wort Kräfte im verallgemeinerten Sinne gebraucht. Es umfasst sowohl Kräfte als auch Momente.

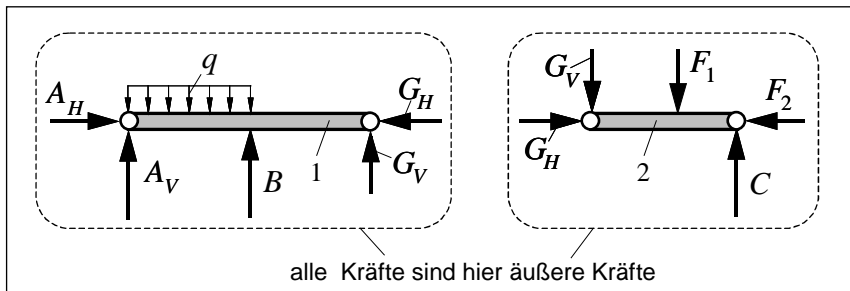


Bild 1.12: Gelenkträger nach Bild 1.10 im Gelenk G getrennt

Dies gilt auch sinngemäß für den in Bild 1.11 dargestellten Gesamtkörper (siehe Bild 1.13).

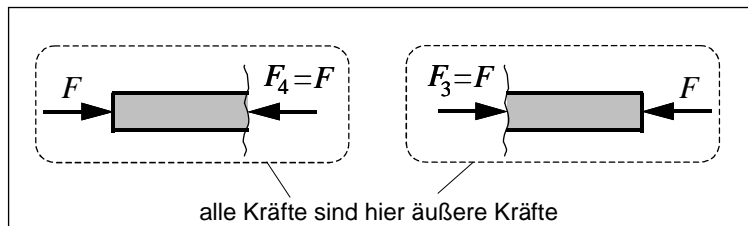


Bild 1.13: Geschnittener Körper nach Bild 1.11

1.6 Aufgabe der Statik

Mit den Verfahren der Statik werden die von den bekannten vorgegebenen Kräften verursachten unbekanntes Reaktionskräfte (an den Auflagern (Bild 1.14b) oder an den Verbindungsstellen oder im starren Körper (Bild 1.14c)) ermittelt, die vorhanden sein müssen, damit das betrachtete System im Gleichgewicht gehalten wird.

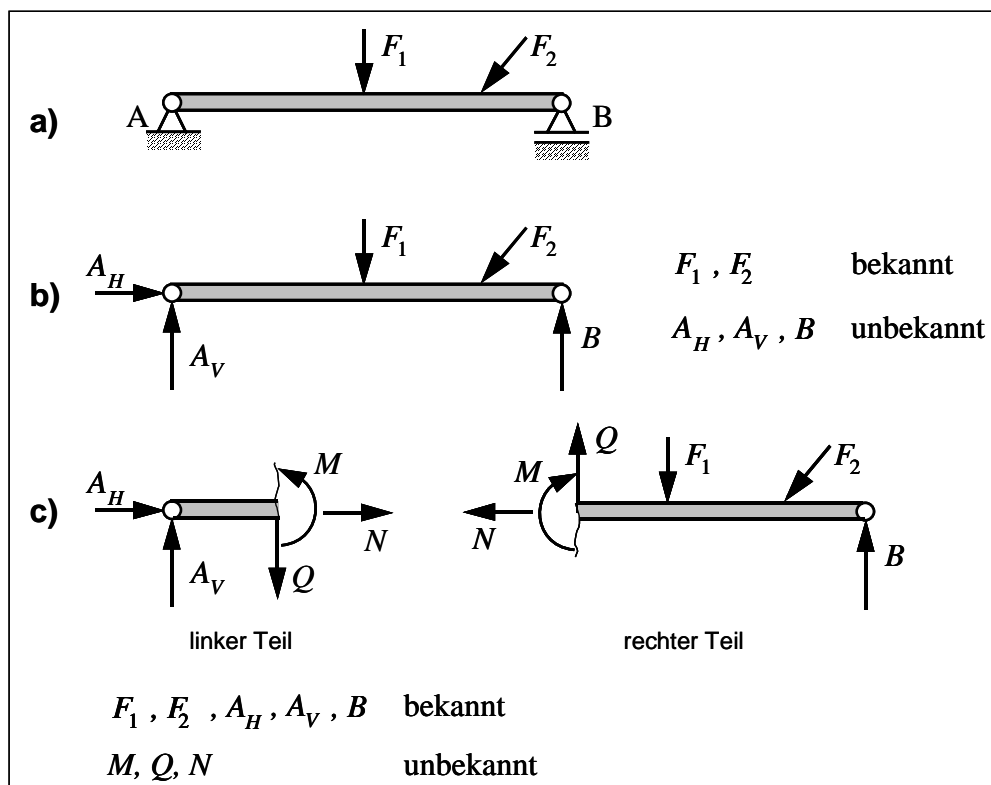


Bild 1.14: Unbekannte Kräfte ermitteln

- a) Träger auf zwei Stützen (Prinzipskizze)
- b) Freikörperbild
- c) Freikörperbild für linken und rechten Teil

1.7 Modellbildung, Ersatzsystem, Idealisierung

Die Bearbeitung eines technischen Problems bei mechanischen Systemen erfordert meistens eine **Modellbildung**. Hierunter verstehen wir eine **Idealisierung** (z.B. punktförmiger Kraftangriff; starrer Körper), das heißt, Vereinfachung des Problems durch Weglassung unwesentlicher Größen und Eigenschaften, die auf das Ergebnis von vernachlässigbarem Einfluss sind. Durch die Bildung von **Ersatzsystemen** wird ein statisches Problem überschaubarer. Es werden Bedingungen formuliert unter denen die Ersatzsysteme gültig sind.

1.8 Rechnerische Bearbeitung von Gleichgewichtsproblemen

Die zur Lösung von Gleichgewichtsproblemen erforderlichen Arbeiten müssen meistens in folgenden **Schritten** ausgeführt werden:

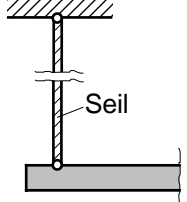
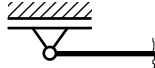
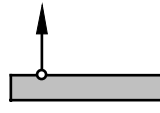
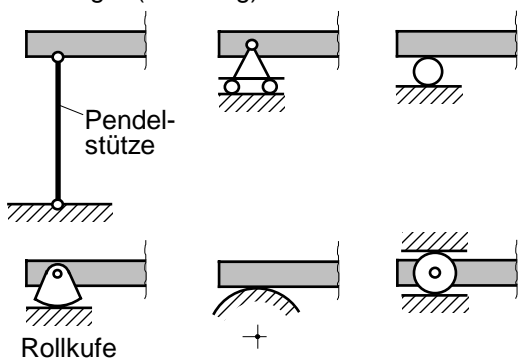


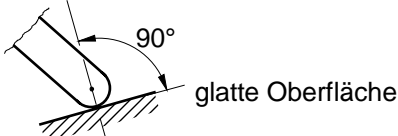
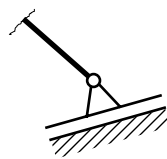
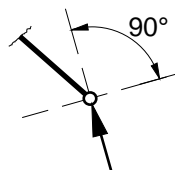
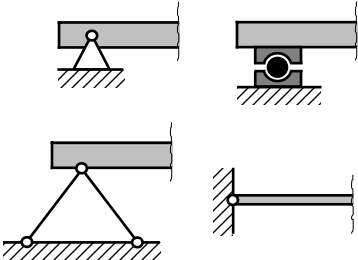
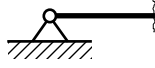
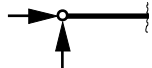
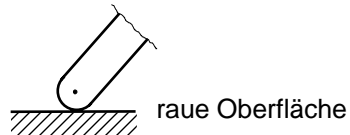


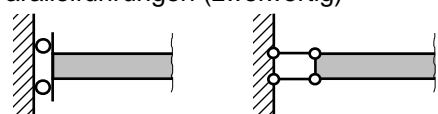
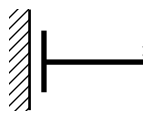

① Beschreibung der Wirklichkeit: Geometrie, Lasten (z.B. in Form einer technischen Zeichnung).			
② Abgrenzen (Aufteilen) eines mechanischen Systems.			
Es werden die mit der Strichlinie umfahrenen Teile betrachtet.			
③ Modellbildung: Anfertigen einer idealisierten Darstellung* (Prinzipiskizze; Ersatzsystem).			
④ Das Freimachen (Befreiungsprinzip; Anfertigen eines Freikörperbildes).			
Freikörperbilder oder freigemachte Systeme			
⑤ Erfüllung des Gleichgewichts: Aufstellen der Gleichgewichtsbedingungen.			
⑥ Auflösung der Gleichungen nach den Unbekannten. Zuvor prüfen, ob die Zahl der Gleichungen mit der Zahl der Unbekannten übereinstimmt.			
⑦ Überprüfung der Ergebnisse (z.B. mittels der Anschauung).			
Es gilt, dieses sehr hilfreiche planmäßige Vorgehen immer wieder anzuwenden.			

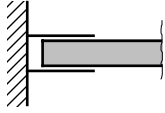

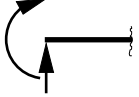
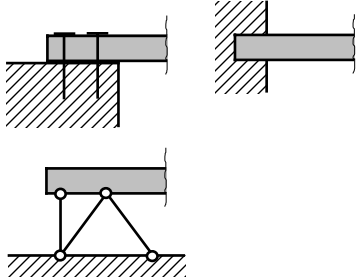
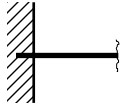
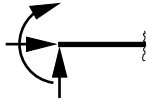
* In der Regel wird dem Lernenden in den Anfangssemestern eine idealisierte Darstellung (Ersatzsystem) gegeben, so dass er sofort mit dem Punkt ④ (Das Freimachen) beginnen kann.

1.9 Lagerungen

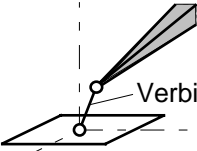
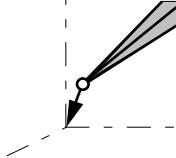
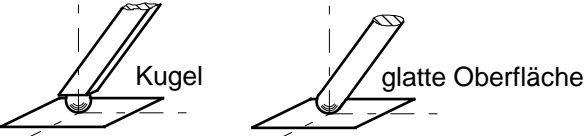
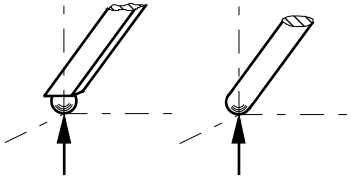
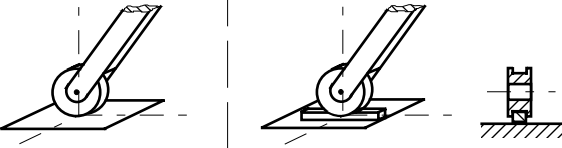
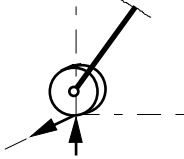
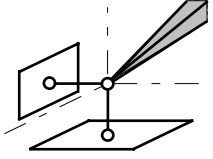
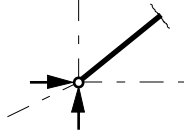
Maschinen und Tragwerke sind mit ihrer Umgebung durch Lager verbunden. Die Lager übertragen Kräfte. Diese Kräfte von der Umgebung auf den Körper bezeichnen wir als Lagerreaktionen. Jede Lagerreaktion übt einen Zwang auf den Körper aus (wirkt als Fessel).

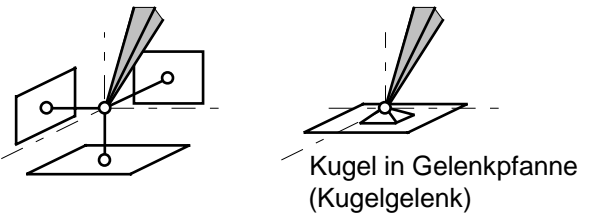
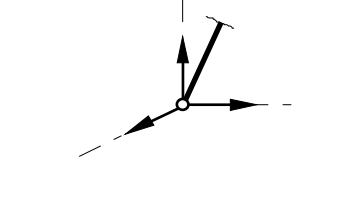
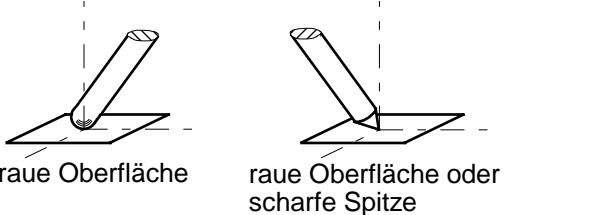
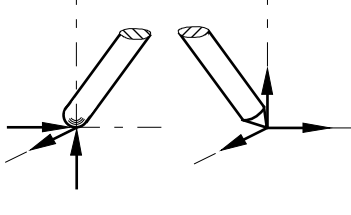
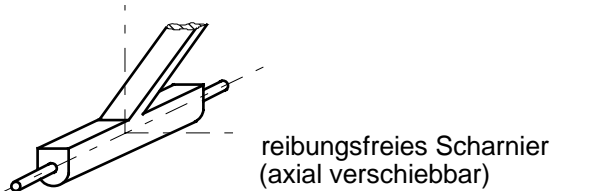
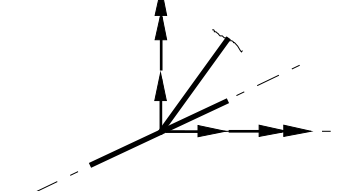
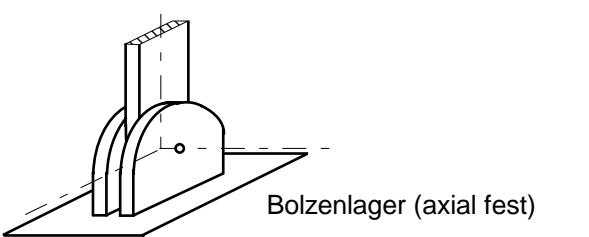
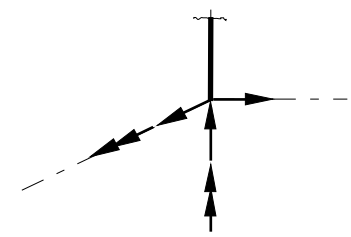
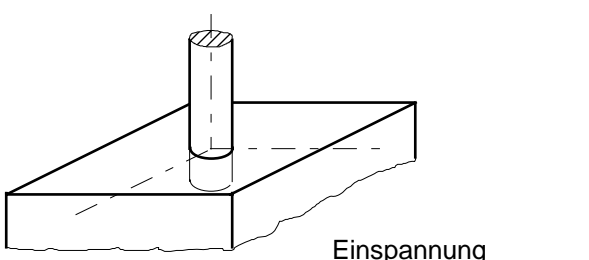
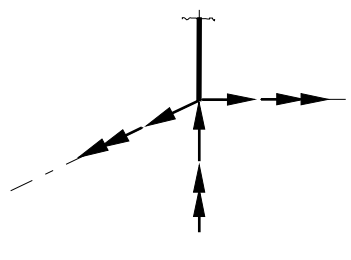
1.9.1 Lagerungen in der Ebene

Lagerung	Symbol	freigemachte Lagerstelle	Anzahl der unbekanntenen Lagerreaktionen (Fesseln)
Loses Lager (einwertig) 			1
Lose Lager (einwertig) 			1
Loses Lager (einwertig) 			1
Feste Lager (zweiwertig) 			2
Festes Lager (zweiwertig) 			2
"verschiebliche Einspannung" Parallelführungen (zweiwertig) 			2

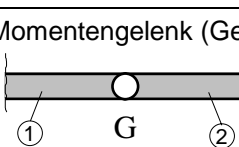
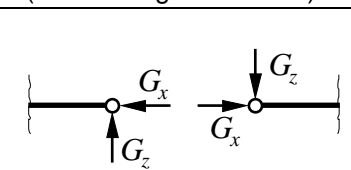
Lagerung	Symbol	freigemachte Lagerstelle	Anzahl der unbekannten Lagerreaktionen (Fesseln)
"verschiebliche Einspannung" Schiebehülse (zweiwertig) 			2
Einspannung (dreiwertig) 			3

1.9.2 Lagerungen im Raum

Lagerung	freigemachte Lagerstelle	Anzahl der unbekannten Lagerreaktionen (Fesseln)
einwertiges Lager  Verbindungsstück	nur eine Kraft in Längsachsenrichtung des Verbindungsstückes 	1
einwertige Lager  Kugel glatte Oberfläche		1
zweiwertige Lager  Rolle auf rauher Oberfläche Rad mit zweiseitigem Spurkranz auf Schiene		2
zweiwertiges Lager 		2

Lagerung	freigemachte Lagerstelle	Anzahl der unbekanntenen Lagerreaktionen (Fesseln)
<p>dreiwertige Lager</p>  <p>Kugel in Gelenkpfanne (Kugelgelenk)</p>		3
<p>dreiwertige Lager</p>  <p>raue Oberfläche raue Oberfläche oder scharfe Spitze</p>		3
<p>vierwertiges Lager</p>  <p>reibungsfreies Scharnier (axial verschiebbar)</p>		4
<p>fünfwertiges Lager</p>  <p>Bolzenlager (axial fest)</p>		5
<p>sechswertiges Lager</p>  <p>Einspannung</p>		6

1.9.3 Verbindungselement zwischen zwei Körpern in der Ebene

Verbindungselement	freigemachte Verbindungsstelle (Verbindungsreaktionen)	Anzahl der Verbindungsreaktionen
<p>Momentengelenk (Gelenk)</p>  <p>wischen den beiden Körpern bestehen die Gesetzmäßigkeiten nach dem Wechselwirkungsgesetz (actio = reactio)</p>		2

1.10 Abgrenzen (Aufteilen) eines mechanischen Systems

Dieses Thema finden wir auch unter Schritt ② (Bearbeitung von Gleichgewichtsproblemen), Seite 8.

Beim Abgrenzen wird festgelegt, welcher Körper oder welcher Teil eines mechanischen Systems betrachtet wird, z.B. die gesamte Konstruktion (Bild 1.15b) (wenn wir nur die Auflagerkräfte zu berechnen und zu konstruieren haben, brauchen wir ja nur die Auflagerkräfte in A und B), nur den Vollwandträger (Bild 1.15c), nur den Fachwerkträger (Bild 1.15d), nur einzelne Teile des Fachwerkträgers (Bilder 1.15e und 1.15f). Die Umrisslinie des jeweils zu betrachtenden Körpers oder Teils ist hier durch eine gestrichelte Linie dargestellt.

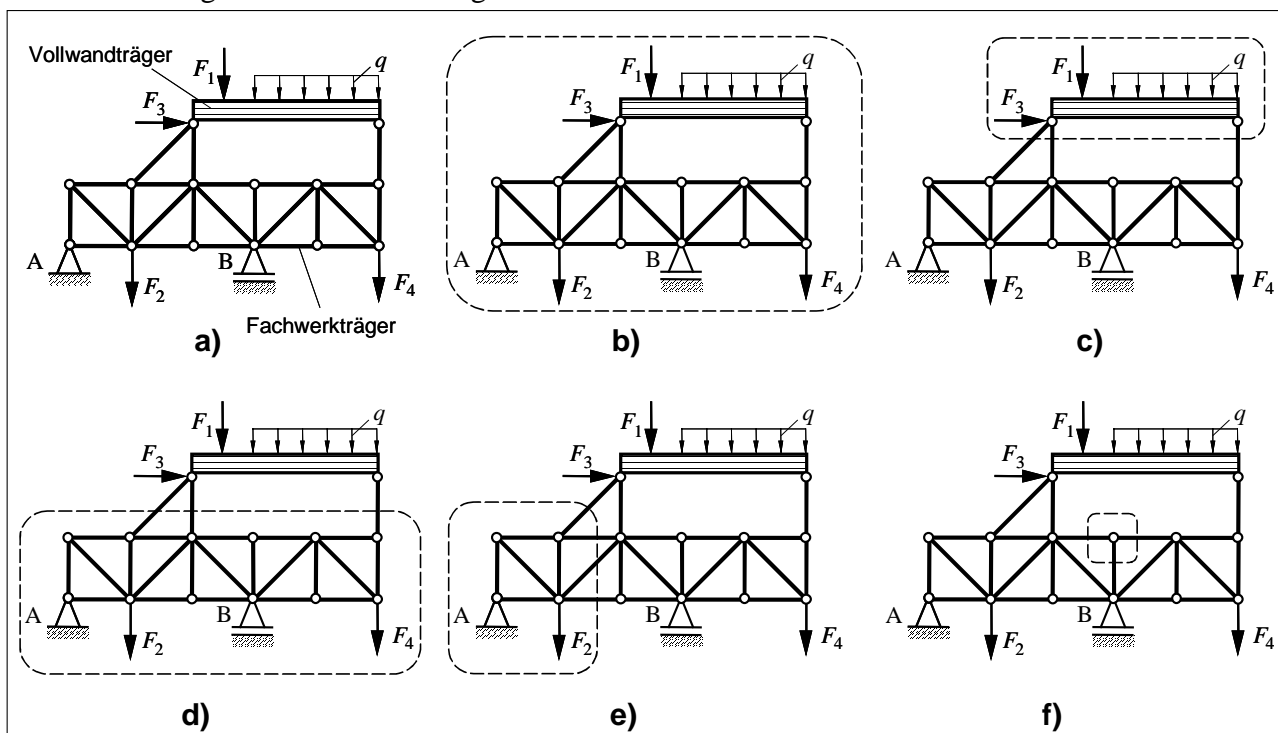


Bild 1.15: Zum „Abgrenzen“ (Gemischtbauweise: Vollwand / Fachwerk)

1.11 Das Freimachen

In der „Statik starrer Körper“ können nur Aufgaben richtig gelöst werden, wenn tatsächlich **alle** am betrachteten Körper angreifenden Kräfte in die Untersuchung einbezogen werden.

Um alle am Körper angreifenden Kräfte richtig zu erfassen, sollte jeder statischen Untersuchung das sogenannte **Freimachen** des Körpers vorausgehen.

Freimachen heißt:

Wir nehmen die Nachbarkörper, die den zu betrachtenden Körper berühren, Stück für Stück weg und bringen als Ersatz dafür an den Berührungsstellen diejenigen Kräfte an, die von den weggenommenen Körpern auf den betrachteten Körper wirken.

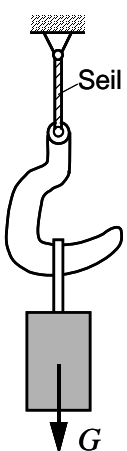
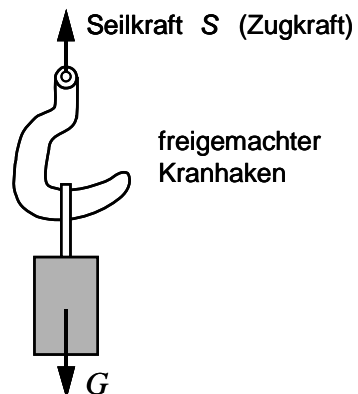
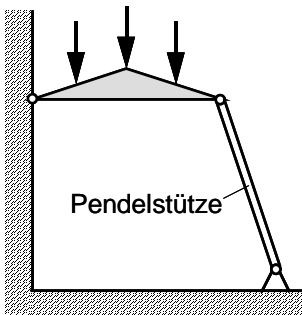
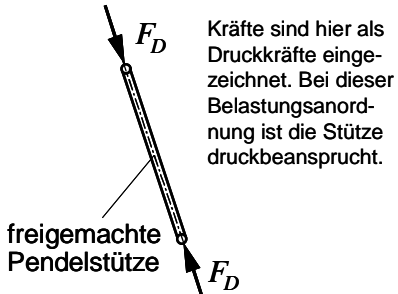
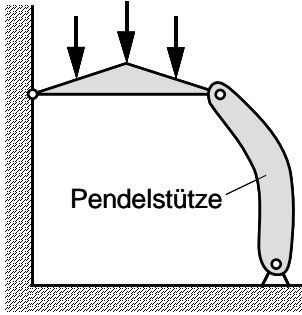
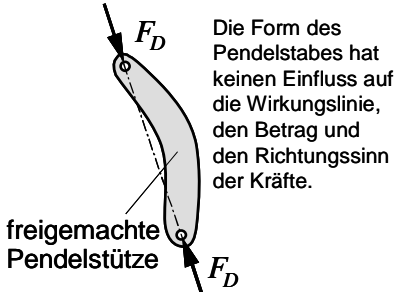
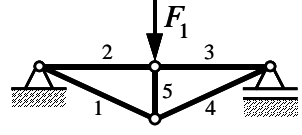
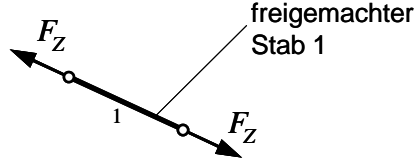
Oder anders ausgedrückt:

Unter dem **Freimachen** des betrachteten Körpers verstehen wir das Loslösen (durch gedankliches Schneiden) dieses Körpers von seinen Bindungen und Ersatz der Wirkung der Bindungen bzw. Auflager auf den Körper durch die Reaktionskräfte.

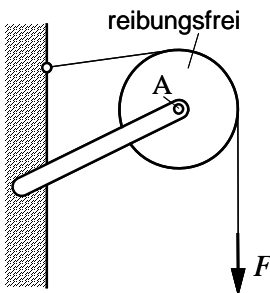
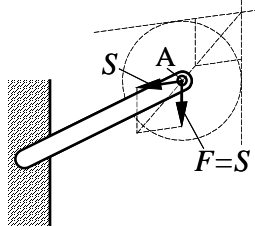
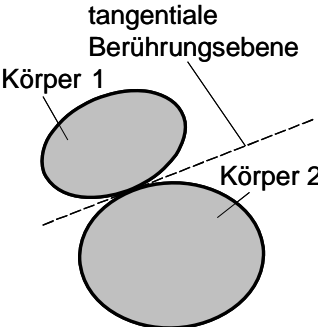
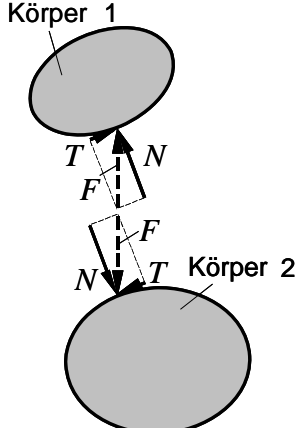
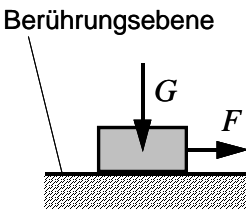
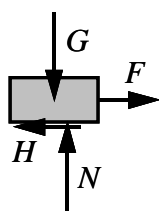
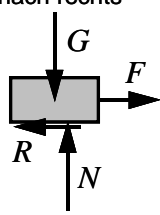
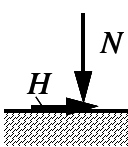
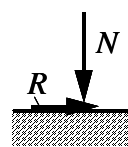
Der Richtungssinn der Kräfte an den Lager- bzw. Verbindungsstellen ist beim „Freimachen“ **unbekannt** – außer im Seil und an der glatten Oberfläche. Wir nehmen zuerst einen Richtungssinn an. Die Richtigkeit dieser Annahme ergibt sich infolge Berechnung aus dem Vorzeichen der gesuchten Größe (+ : die Kraft wirkt in dem angenommenen Richtungssinn, - : die Kraft wirkt dem angenommenen Richtungssinn entgegen).

Den betrachteten Körper mit **allen** angreifenden Kräften nennen wir **freigemachten Körper**. Das Bild dazu heißt **Freikörperbild**.

Für das richtige und sichere Freimachen sind die folgenden Sachverhalte bei verschiedenen Lagerungen und Abstützungen der Bauteile sehr wichtig.

Bauteillagerung und Lagerungsteile	Beispiel	
	mechanisches System	Freikörperbild
<p>● Seile und ähnliche flexible Körper (z.B. Ketten, Riemen, Drähte) können nur Zugkräfte in Seilrichtung aufnehmen. Der Richtungssinn dieser Kräfte (Zug) geht stets vom Angriffspunkt am freigemachten Körper weg.</p>		 <p>freigemachter Kranhaken</p>
<p>● Pendelstäbe (Pendelstützen) können je nach Belastungsanordnung Zug- oder Druckkräfte aufnehmen, deren Wirkungslinie die Verbindungsgerade der Gelenkpunkte ist. Der Richtungssinn der Druckkräfte geht von außen auf den Angriffspunkt am freigemachten Körper zu; bei Zugkräften ist es umgekehrt.</p> <p>Einzige Voraussetzung für einen Pendelstab ist, dass er nur an <u>zwei Punkten</u> mit Nachbarbauteilen gelenkig verbunden ist und <u>keine Kräfte an anderen Stellen</u> aufnimmt.</p> <p>Die beiden Kräfte an den Gelenkpunkten sind im Gleichgewicht, das heißt, sie haben die gleiche Wirkungslinie, gleichen Betrag und sind entgegengesetzt gerichtet (Gleichgewichtsaxiom).</p>		 <p>Kräfte sind hier als Druckkräfte eingezeichnet. Bei dieser Belastungsanordnung ist die Stütze druckbeansprucht.</p> <p>freigemachte Pendelstütze</p>
		 <p>Die Form des Pendelstabes hat keinen Einfluss auf die Wirkungslinie, den Betrag und den Richtungssinn der Kräfte.</p> <p>freigemachte Pendelstütze</p>
	 <p>Stäbe 1, 2, 3, 4 und 5 sind Pendelstäbe</p>	 <p>freigemachter Stab 1</p> <p>Kräfte sind hier als Zugkräfte eingezeichnet. Hier ist der Stab 1 auf Zug beansprucht.</p>

Bauteillagerung und Lagerungsteile	Beispiel	
	mechanisches System	Freikörperbild
<p>Fortsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pendelstäbe (Pendelstützen) 		<p>Der Stab 1 ist falsch freigemacht!</p> <p>Stab 1 ist kein Pendelstab mehr, weil noch eine zusätzliche Kraft F_2 außerhalb der Gelenkpunkte angreift.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Loslager nehmen nur Kräfte senkrecht zur Stützfläche auf. ● Ein Festlager kann eine Lagerkraft beliebiger Größe und Richtung aufnehmen. Beim Freimachen (Kräfte in einer Ebene) ersetzen wir die Lagerkraft durch zwei senkrecht aufeinander stehende Komponenten, z.B. einer Horizontal- und einer Vertikalkomponente. 		<p>freigemachter Träger</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Eine Einspannung kann eine nach Größe und Richtung unbekannte Lagerkraft und ein Einspannmoment aufnehmen. Die Lagerkraft wird beim Freimachen (Belastung in einer Ebene) durch zwei senkrecht aufeinander stehende Komponenten ersetzt. 		<p>freigemachter Träger</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Eine gekrümmte glatte Stützfläche (ohne Reibung) (auch Kante und Ecke mit sehr kleinem Rundungsradius) kann nur eine Kraft aufnehmen. Ihre Wirkungslinie verläuft durch den Berührungspunkt und den Krümmungsmittelpunkt. 		<p>freigemachter Träger</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Bei der „reibungsfreien“ Rolle sind die Kräfte an den Seilenden gleich groß. 		<p>freigemachte Rolle</p>

Bauteillagerung und Lagerungsteile	Beispiel	
	mechanisches System	Freikörperbild
<p>● Feste Rolle (Umlenkrolle, drehbar um A) ohne Reibung</p>		 <p>Bei der festen Rolle ohne Reibung können die Seilkräfte durch Anwendung des Verschiebungs- und Parallelogramm-axioms direkt in der Lagerstelle A der festen Rolle angesetzt werden.</p>
<p>● Zwei gegeneinander gedrückte Körper übertragen eine Kontaktkraft F, die nach dem Prinzip <i>actio = reactio</i> entgegengesetzt gleich groß auf jeden Körper wirkt. Wir können sie durch ihre Komponenten, die Normalkraft N und die Tangentiale Kraft T ersetzen. Die Kraft T liegt in der tangentialen Berührungsebene, während die Kraft N senkrecht zur Berührungsebene wirkt. Bei rauen Oberflächen sind T und N vorhanden, während bei glatten Oberflächen nur die Normalkraft N auftritt.</p>		
<p>● Raue Berührungsflächen können Normal- und Tangentialkräfte aufnehmen. Die Wirkungslinie der Normalkraft N verläuft stets senkrecht zur Berührungsebene. Infolge der rauen Oberflächen kann zwischen den Körpern eine tangentiale Kraft übertragen werden. Ihre Wirkungslinie liegt stets in der Berührungsebene. Der Richtungssinn ist entgegen der Bewegungsrichtung, in welche sich der Körper bewegen möchte. Da die Körper noch gegeneinander „haften“, nennen wir die Kraft Haftungskraft H. Überschreitet die Kraft F einen gewissen Grenzwert, so reiben die Körper gegeneinander. Infolge der Rauigkeit wird eine tangentiale Reibungskraft R übertragen, welche der Bewegung entgegen gerichtet ist.</p>	 <p>raue Oberflächen</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Haftung</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Gleitreibung; Körper bewegt sich nach rechts</p>  </div> </div> <p>freigemachte Körper</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>freigemachte Unterlagen</p> <p>(Zwischen freigemachtem Körper und freigemachter Unterlage bestehen die Gesetzmäßigkeiten nach dem Wechselwirkungsgesetz <i>actio = reactio</i>.)</p>