Einleitung Technische Mechanik

(i) Was bedeutet Technische Mechanik?

Die **Technische Mechanik** ist das älteste, am konsequentesten entwickelte Teilgebiet der Physik.

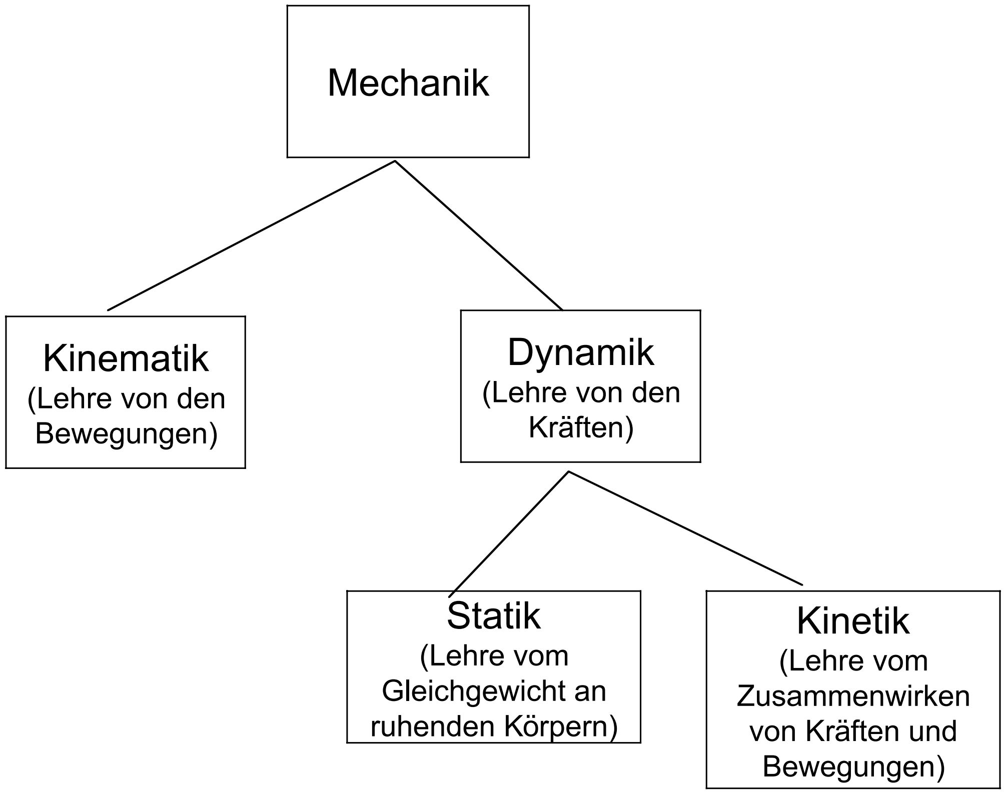
Sie befaßt sich mit der Lehre von den Bewegungen und den Kräften.

Man kann sie nach zwei Ordnungssystemen unterteilen:

A)

- Stereo-Mechanik (Punktmassen und starre Körper)
- Elasto-Mechanik (elastische Körper)
- Plasto-Mechanik (plastische Körper)
- Fluid-Mechanik (flüssige und gasförmige Körper)

B)



Aus Vereinfachungsgründen betrachte wir zunächst den **starren Körper**. Hierfür gilt:

Alle Punkte haben für beliebige Kräfte am Körper immer den selben Abstand,

siehe Kap. 1 Stereostatik und Kap. 3

Der **elastische Körper** verformt sich unter der Einwirkung von Kräften, siehe Kap 2.

Elastische Körper mit komplexen Formen nennt man auch *elastische Strukturen*.

Ein mechanisches System besteht i.a. aus einer Anordnung von Körpern, die durch Gelenke und Federn, Dämpfern, Aktoren, ect. untereinander oder mit der Umgebung (dem Gestell) verbunden sind. Solche System nennt man **Mehrkörpersysteme**.

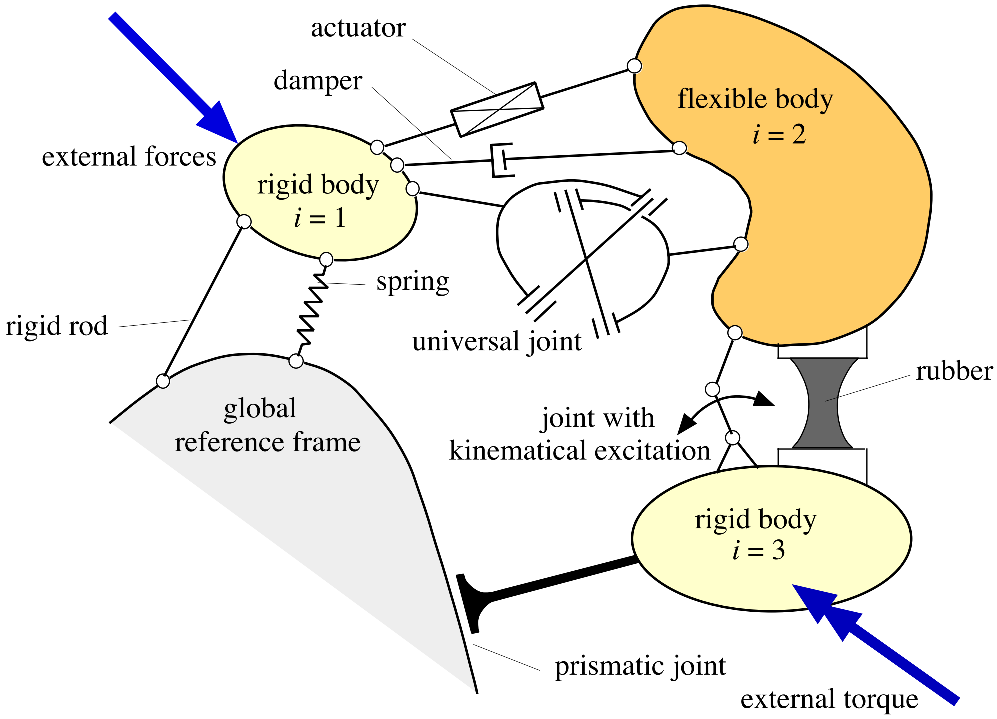
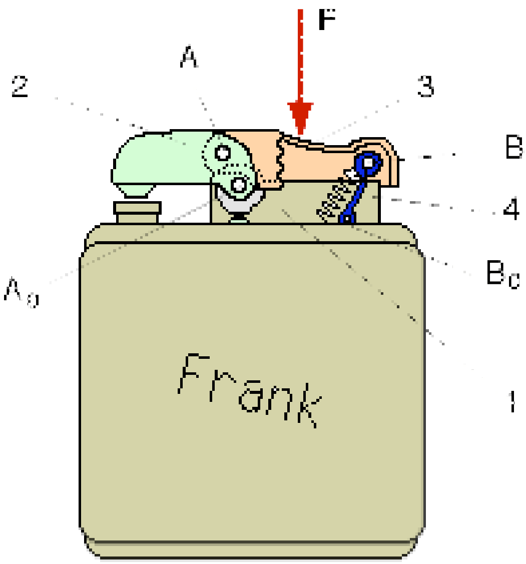


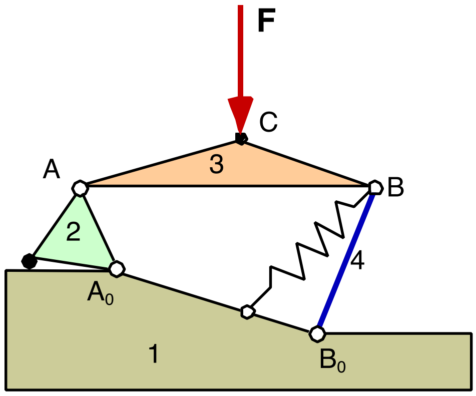
Bild 2: Allgemeines Mehrkörpersystem und seine Komponenten

(ii) Beispiele mechanischer Systeme

Beispiel: Mechanik eines Tischfeuerzeuges – Übertragung der Energie



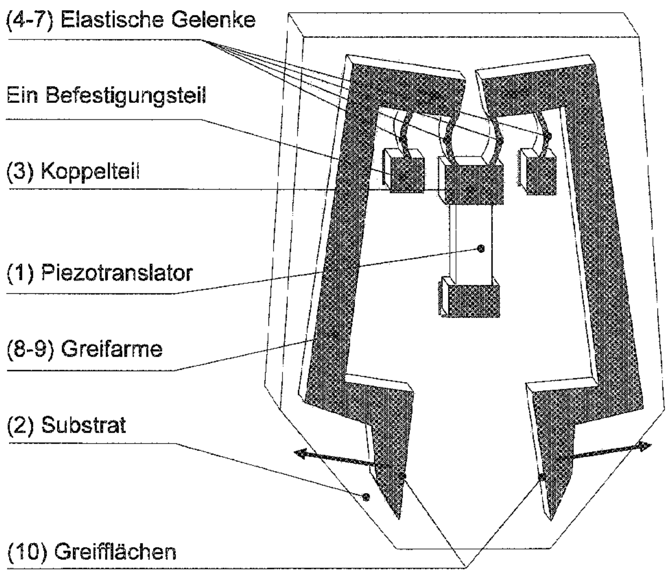
a) Konstruktive Ausführung

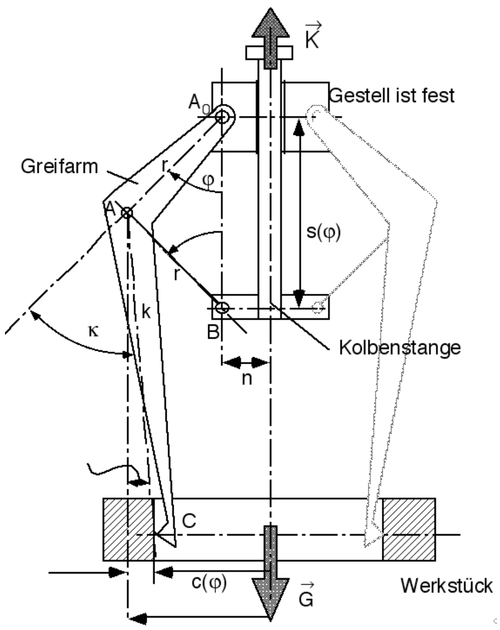


4-Gelenkmechanismus
mit 4 Gliedern (#1 = Gestell)
mit 4 Gelenken (Drehgelenke bei A_0, A, B, B_0)
mit einer Feder und 2 Anschlägen
Das System hat einen Freiheitsgrad (1 FHG)

b) Mechanisches Ersatzmodell

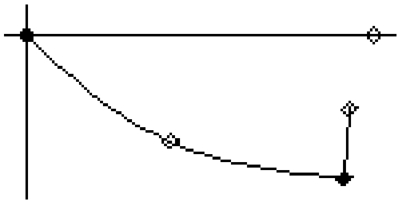
Beispiel: Mikrogreifer aus Silizium



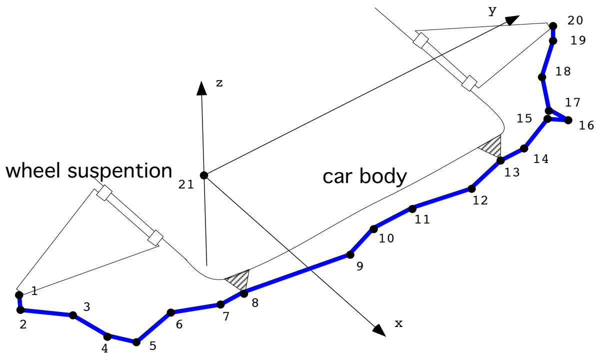


Übung: Was sind die Bauelemente eines mechanischen Systems?

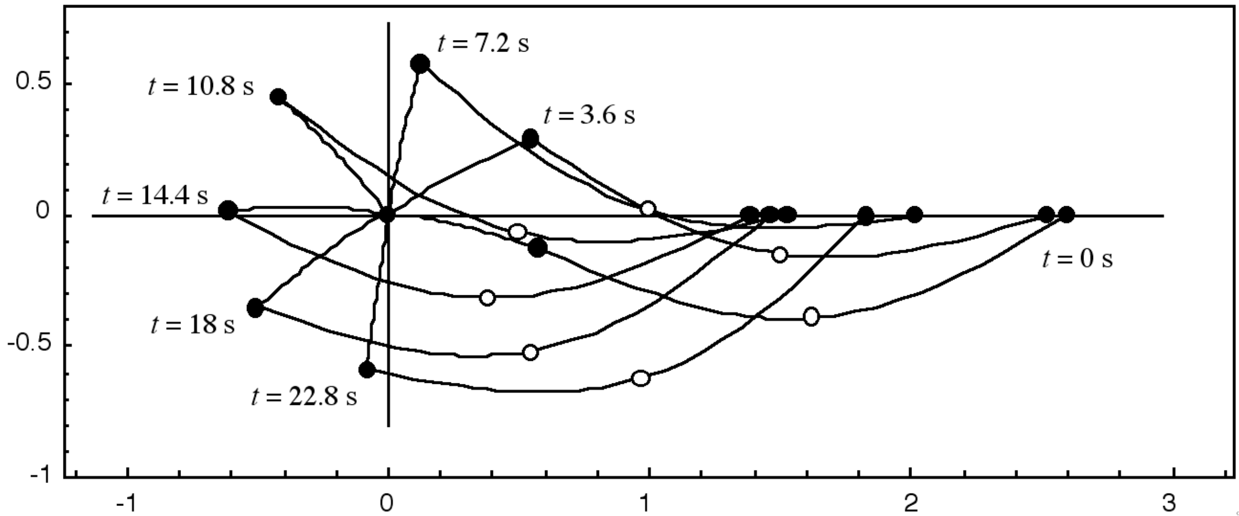
Beispiele mit elastischen Körpern



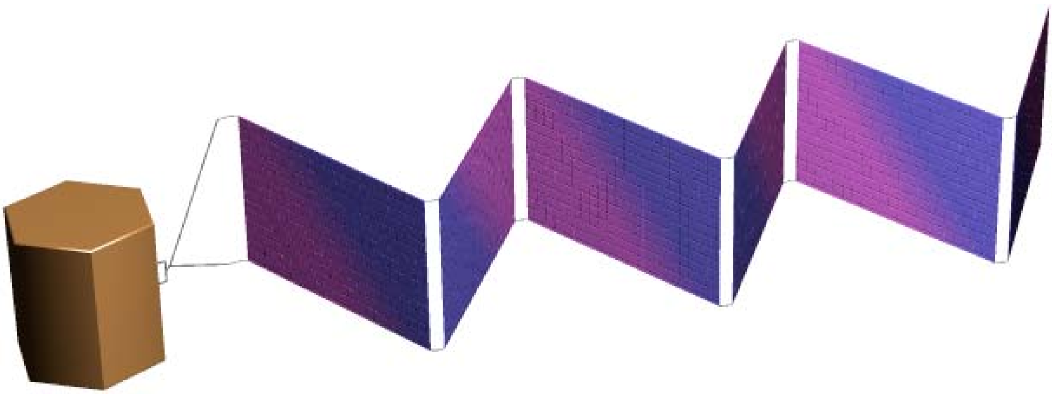
Elastischer Winkel im Schwerefeld



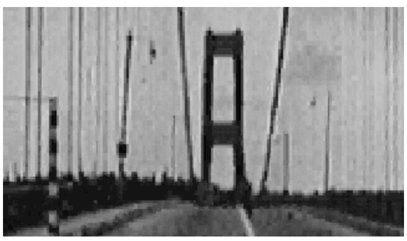
Stabilisator einer Radaufhängung



Schubkurbel mit elastischer Kurbel und Koppel, aus (Schwertassek and Wallrapp 1999)

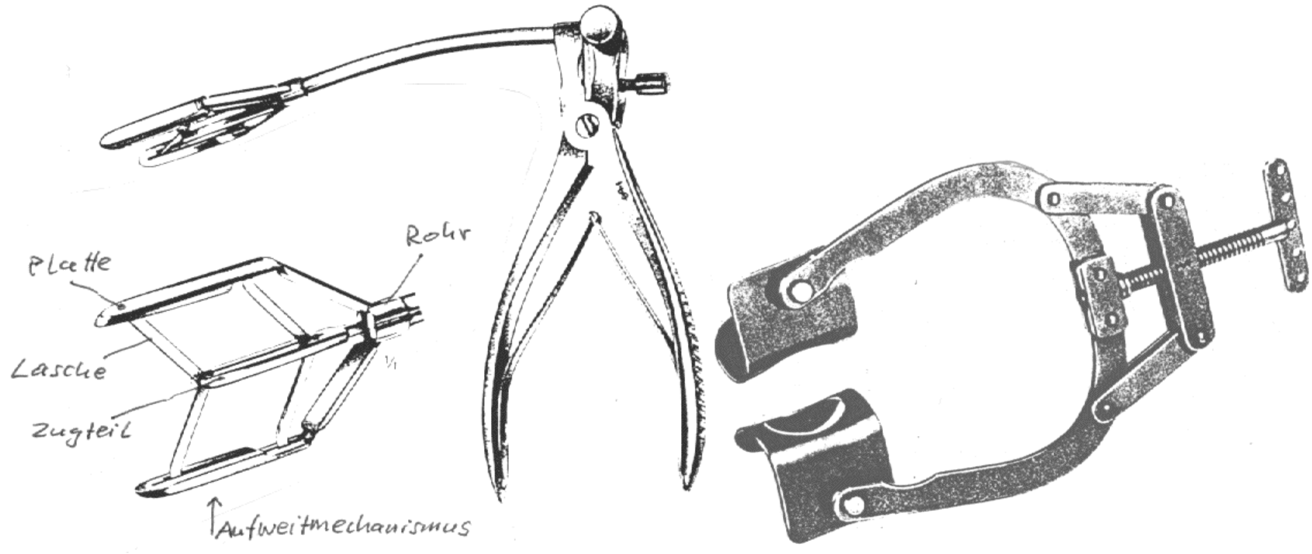


Satellit mit Joch und 6 Solarpanels (Wallrapp u. Wiedemann, 2002)

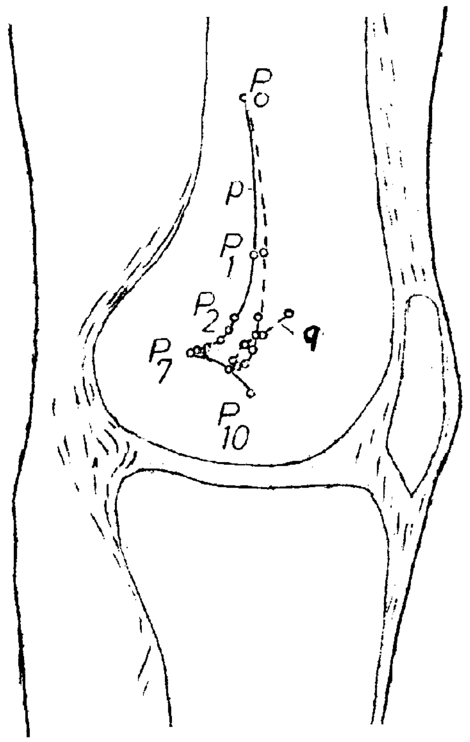


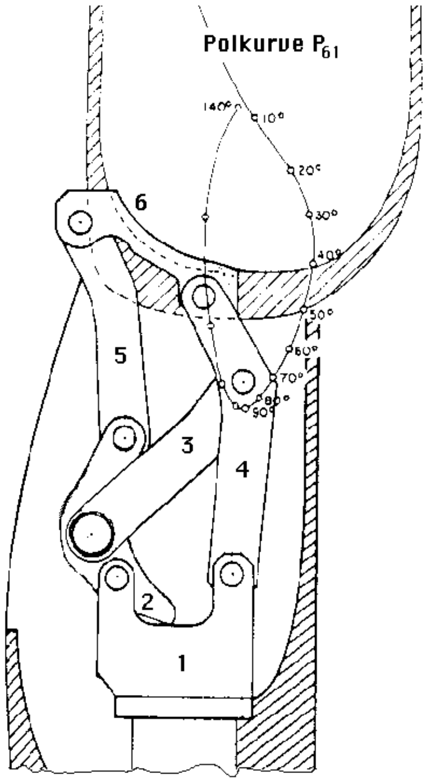
Tacoma Bridge (14.11.1940)

Beispiel: Chirurgische Werkzeuge



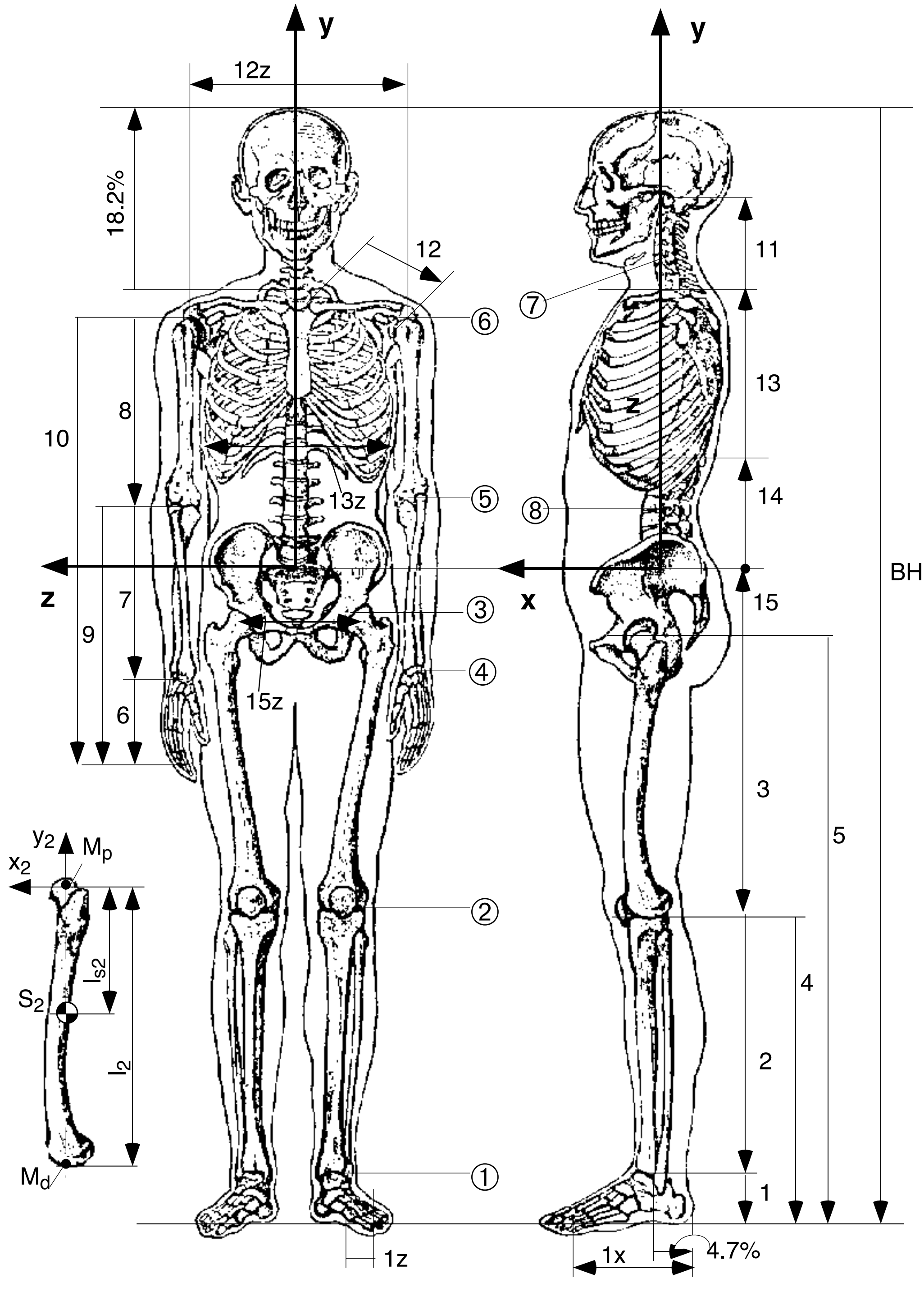
Beispiel: Kniegelenkprothese, entwickelt vom Biomechanics Laboratory, University of California, Berkeley, USA.





Übung: Nenne weitere mechanische Systeme aus dem Bereich Bioingenieurwesen.

Beispiel: Das menschliche Skelett als Mehrkörpersystem, siehe die Vorlesung **Biomechanik**



Übung: Wo könnte man ein mechanisches Modell im Bereich Sport einsetzten?

(iii) Wofür wendet der Ingenieur die Technische Mechanik an?

Übung: Gebe Antworten auf die oben gestellte Frage.

(iv) Welche Lösungsmethoden müssen wir einsetzen?

Abhängig von der Aufgabenstellung bzw. den gewünschten Ausgabegrößen wähle diese gemäß Tab. 1.1 aus.

Lehrsatz der Modellbildung:

Lege das Modell stets so einfach wie möglich aber so aufwendig wie nötig an!

	Statik	**Kinetostatik**	**Kinetik (Dynamik)**	**Inverse Dynamik**
Eingabe-größen	geometrische Lage Lasten, Gewicht	geometrische Lage Lasten, Gewicht Massenträgheitskräfte (Beschleunigung)	Startlage Lasten, Gewicht, eingeprägte Kräfte Massengeometrie Gesetz Muskelkraft	Zeitl. Verlauf d. Lage, Geschwindigkeit, Beschleunigung Lasten, Gewicht, eingeprägte Kräfte Massengeometrie
Ausgabe-größen	Antriebskräfte, Gelenkkräfte	Antriebskräfte, Gelenkkräfte	Zeitl. Verlauf Lage, Geschwindigkeit, Beschleunigung Gelenkkräfte	Gelenkkräfte, Muskelkräfte
Analyse- & Lösungs-methode	GGB Statik oder Prinzip virt. Leistung a) AE -> Hand oder Computer b) VektorE -> Hand	GGB Statik oder Prinzip virt. Leistung a) AE -> Hand oder Computer b) VektorE -> Hand	GGB Newton&Euler Prinzip virt. Leistung DE oder DAE -> Hand oder Computer	GGB Newton&Euler Prinzip virt. Leistung AE -> Hand oder Computer

Tabelle 1.1: Methoden der Statik und Dynamik

(Kräfte steht synonym für Kräfte und Momente,

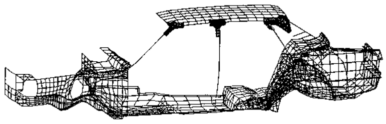
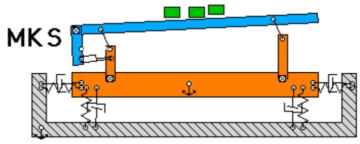
GGB Statik => statische Gleichgewichtsbedingungen am freigeschnittenen Körper,

Prinzip virt. Leistung => virtuelle Leistung aller eingeprägten Kräfte und Momente im System ist null)

a) Hilfreiche Mathematik-Programme sind Mathematica, Maple, Matlab, etc.

b) Verwende MKS Programme wie in Tab. 1.2 gezeigt.

(v) Computerprogramme zur Analyse mechanischer Systeme

Thema	**CAD**	**FEM**	**MKD / MKS**
=			
			
Einsatz	Computerzeichnen eines Systems, Datenerfassung für Geometrie und Material	Berechnung der Verformungen und Spannungen infolge Belastungen	Berechnung der nichtlinearen Kinematik und Dynamik von Systemen mit starren Körpern
Zusatz- optionen	Analyse der Kinematik, Synthesemöglichkeiten, FE-Netzgenerierung	Nichtlineare Kinematik und Dynamik, Bereitung von Daten für MKD	und mit elastischen Körpern, Spannungsberechnung
Pro- gramme	Catia, Euklid Pro-Engineer, AutoCAD, Solid Edge SolidWorks	ANSYS, ABAQUS, MARC, Nastran (Brebbia 1982)	ADAMS, DADS, SIMPACK, WorkingModel RecurDyn (KnowledgeRevolution 1999 , (Schiehlen 1990; Kortüm, Sharp et al. 1993)

Tab. 1.2: Programme aus dem CAE (Computed Aided Enginieering) Bereich.

Beachte intrnet-links zu GT-Programmen unter
http://www.fh-muenchen.de/fb06/professoren/wallrapp/d_wallrapp_o.html

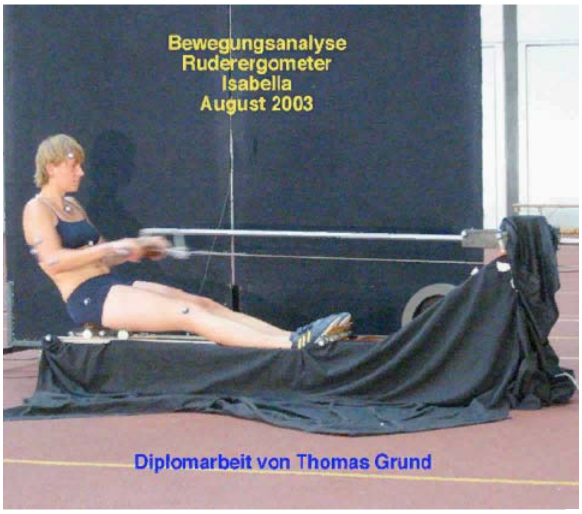
Nehme einfach die Programme der Computermathematik:

☞ Mathematica, Maple, Matlab, etc. und programmiere und löse die Gleichungen selbst!

☞ **Siehe die Ankündigung für den Maple Kurs!**

<u>Beispiel:</u> MKD-Computersimulation der Bewegung eines Ruderers.

Bild 1.1 links die Bewegungsanalyse, rechts die entsprechende Computersimulation.



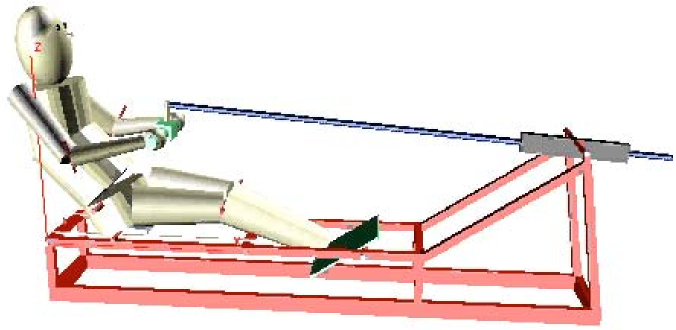


Bild 1.1: Ruderer in der Rudermaschine (Thomas Grund, 2004)

(vi) Weitere Stichworte zur Mechanik

Bioemchanik	untersucht die Bewegungen von Mensch und Tier vom Standpunkt der Gesetze der Mechanik. Sie erforscht damit die niedrigsten, die einfachen Bewegungen der Natur und schafft so die Voraussetzungen, die komplizierten Formen zu erklären.
Getriebetechnik / Mechanismenlehre	betrachtet vorwiegend die Kinematik und Kinetostatik sowie die kinematische Synthese ebener Mechanismen, Systeme mit mehreren Körpers, die durch Gelenke verbunden sind.
Mehrkörperdynamik	beschäftigt sich mit der Kinematik und Dynamik räumlicher - vielgliedriger Mechanismen mit starren (und elastischen) Körpern und beliebigen Gelenken.
Mechatronik	kommt zur Anwendung, wenn das System neben mechanischen auch elektrische, elektronische, hydraulische Komponenten aufweist.
Maschinendynamik	umfaßt die Berechnung und Auslegung von Bauteilen mit Hilfe von Nachschlagewerken, z.B. für Schrauben, Kugellager, etc.
Finite Elemente Methode	ist ein Lösungsverfahren zur Berechnung der Verformungen und Spannungen von elastischen Körpern infolge seiner Belastungen. Lässt sich aber auch auf die Bewegung von strömender Medien und den Fluss von Magnetwellen anwenden.
Computermechanik	Unter Einsatz des Computers die Bewegungsgleichungen eines mechanischen Systems aufstellen und lösen.

Aufgaben zur Einleitung

0.1 Allgemeinwissen TM

a) Wozu setzen Sie FEM-Programme ein?

b) Wozu setzen Sie MKS-Programme ein?

c) Was sind die wesentlichen Elemente eines MKS?

d) Wie viele FHG hat ein freier starrer Körper im Raum?

e) Wie viele FHG hat ein freier elastischer Körper im Raum?

f) Erkläre die Begriffe: Statik, Kinetik, Dynamik, inverse Dynamik, Kinematik.

g) Der Arm einer Apparatur ist abgebrochen. Wie würden Sie das Problem beheben?

0.2 Rechnen mit Vektoren

Gegeben sind die drei Vektoren $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ mit den Koordinaten

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ 5 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} -4 \\ 1 \\ 6 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{c} = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ -5 \end{pmatrix}.$$

Berechne:

a) die Beträge a, b, c der Vektoren.

b) die Richtungen (Einheitsvektoren) der Vektoren

c) den Winkel α_{ab} und α_{ac} zwischen den Vektoren $\vec{a}$ und $\vec{b}$ sowie zwischen $\vec{a}$ und $\vec{c}$.

Prüfe die Richtigkeit der Aussagen

d) $d = a\,b\,\sin\angle(\vec{a},\vec{b})$ wo d der Betrag aus $\vec{d} = \vec{a} \times \vec{b}$

e) $\left(\vec{a} \times \vec{b}\right) \cdot \vec{c} \equiv \left(\vec{b} \times \vec{c}\right) \cdot \vec{a}$ –> $\left(\tilde{\mathbf{a}}\,\mathbf{b}\right)^T \mathbf{c} \equiv \left(\tilde{\mathbf{b}}\,\mathbf{c}\right)^T \mathbf{a}$

f) $\left(\vec{a} \times \vec{b}\right) \times \vec{c} \equiv \left(\vec{a} \cdot \vec{c}\right) \vec{b} - \left(\vec{b} \cdot \vec{c}\right) \vec{a}$ –> $\left(\tilde{\mathbf{a}}\,\mathbf{b}\right)^{\sim} \mathbf{c} \equiv \left(\mathbf{a}^T\,\mathbf{c}\right) \mathbf{b} - \left(\mathbf{b}^T\,\mathbf{c}\right) \mathbf{a}$

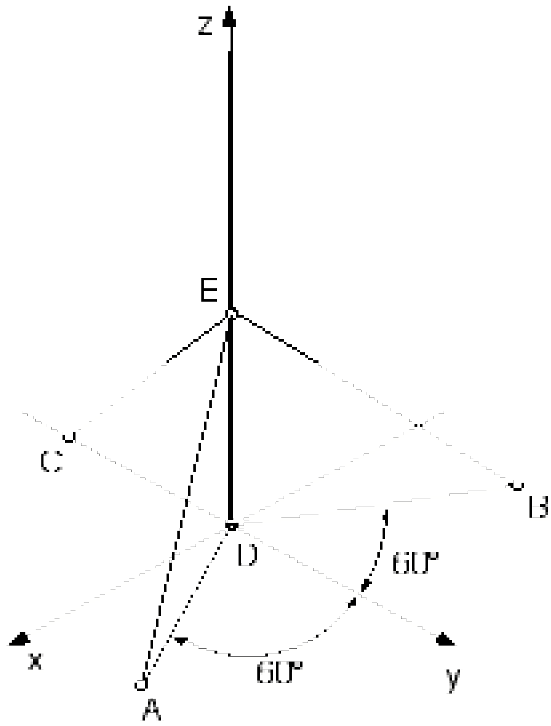
g) $\tilde{\mathbf{a}}\,\tilde{\mathbf{b}}\,\mathbf{c} \equiv \left(\mathbf{b}\,\mathbf{a}^T - \mathbf{a}^T \mathbf{b}\,\mathbf{E}\right) \mathbf{c}$ mit **E** als Einheitsmatrix.

Hinweis: Es gilt $\left(\tilde{\mathbf{a}}\,b\right)^{\sim} = \tilde{\mathbf{a}}\,\tilde{\mathbf{b}} - \tilde{\mathbf{b}}\,\tilde{\mathbf{a}}$

Ergebnisse: a = 6.16, b = 7.28, c = 7.07, $\underline{e}_a$ = (0.323, -0.487, 0.811)^T, $\underline{e}_b$ = (-0.549, 0.137, 0.824)^T, α_{ab} = 64.95 °, α_{ac} = 135.33 °, d = 40.657, e) -147, f) (200, -145, 4)^T, g) (67, -107, -91)^T.

0.3 Finde Ortsvektoren

Ein bei Punkt D verankerter Antennenmast wird zusätzlich durch drei Seile gehalten. Die Seile sind im Punkt E am Mast und in den Punkten A, B und C am Boden befestigt. Die Punkte A, B, und C bilden ein gleichschenkliges Dreieck. Alle Abstände sind gleich: $\overline{DE} = \overline{AD} = \overline{BD} = \overline{CD} = a$.



Gesucht:
a) Die Ortsvektoren $\vec{r}_{ij}$ vom Ursprung i= D des Koordinatensystems zu den Punkten j = A, B, C, E.

b) Berechne die Einheitsvektoren der Vektoren $\vec{r}_{EA}$, $\vec{r}_{EB}$, $\vec{r}_{EC}$.

Ergebnisse: $\underline{r}_{DA} = a/2\ (\sqrt{3}, 1, 0)^T$, $\underline{r}_{DB} = a/2\ (-\sqrt{3}, 1, 0)^T$, $\underline{r}_{DC} = a\ (0, -1, 0)^T$, $\underline{r}_{DE} = a\ (0, 0, 1)^T$,
$\underline{e}_{EA} = (0.6124, 0.3536, -0.7071)^T$, $\underline{e}_{EB} = (-0.6124, 0.3536, -0.7071)^T$, $\underline{e}_{EC} = (0, -0.7071, -0.7071)^T$.