

1. Beim Skifahren fällt ein Kind aus 1m Höhe mit dem Kopf ($m=3\text{kg}$) auf eine harte Piste. Die Gesamtverformung von Piste und Kopf beträgt 3mm. Wie groß ist die mittlere Bremskraft? Wie groß wäre sie gewesen, wenn ein Helm (Helmverformung 1cm) getragen worden wäre?

Geg.: freier Fall ($\rightarrow a=g$); $h=1\text{m}$; $m=3\text{kg}$; $s_1=0,003\text{m}$; $s_2=0,01\text{m}$

Ges.: \bar{F}_{B1} ; \bar{F}_{B2}

Lsg.: Arbeit-Energie-Beziehung $W = \Delta E$

$$W = (\text{da } F \text{ entlang } s) \bar{F}_B \cdot s = \Delta E = E_2 - E_1 \quad (E_1 = 0, \text{ da Kopf in Ruhe})$$

$$\bar{F}_B \cdot s = E_2 = m \cdot g \cdot h$$

$$\bar{F}_{B1} = \frac{m \cdot g \cdot h}{s} = \frac{3\text{kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1\text{m}}{0,003\text{m}} = 10000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{10\text{kN}}};$$

$$\bar{F}_{B2} = \frac{3\text{kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1\text{m}}{0,01\text{m}} = 3000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{3\text{kN}}};$$

Bei dem Fall mit Helm kommt hinzu, dass die Bremskraft auf eine größere Fläche verteilt wird und dadurch der Schaden zusätzlich geringer wird.

2. Bei einer Kniebeuge beträgt das Lastmoment im Kniegelenk 250Nm bei einem Kniewinkel von 90° . Wie viel muss die Kraft im m. Quadriceps mindestens betragen, um im Knie zu strecken?

Geg.: Kniebeuge ($\rightarrow d$ ist im Knie variabel, bei 90° ca. 4cm $\rightarrow d=0,04\text{m}$), $M=250\text{Nm}$.

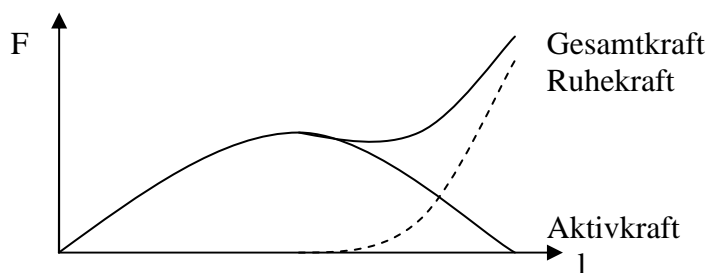
Ges.: F_{Muskel}

Lsg.: damit Streckung möglich, muss $F_{\text{Muskel}} \cdot d > M$ gelten

$$F_{\text{Muskel}} > \frac{M}{d} \approx \frac{250\text{Nm}}{0,04\text{m}} = \underline{\underline{6250\text{N}}};$$

3. Erkläre Kraft-Längen-Beziehung eines Muskels. Zeichne ein Diagramm und interpretiere!

Zur Erklärung muss man differenzieren: der Muskel besitzt ein kontraktiles Element (Sarkomer) und elastische Elemente. Das Sarkomer kann die höchste Kraft bei einer Länge von ca. $2,6\mu\text{m}$ aufbringen. Dazu kommt aber eine weitere Kraftkomponente durch Dehnung der elastischen Elemente. Dadurch sieht die F-l-Beziehung wie folgt aus:



Tendenziell gilt also: je länger der Muskel ist, desto mehr Kraft kann er aufbringen, wobei immer eine funktionelle Anpassung gegeben ist; d.h. wenn der Muskel ständig bei geringer Länge hohe Kraft bringen muss, passt er sich auch dementsprechend an.

4. Was besagt der Drehimpulserhaltungssatz? Erkläre ihn anhand einer motorischen Fertigkeit, bei der das Trägheitsmoment verändert wird.

Der Drehimpulserhaltungssatz besagt, dass die Summe aller Teilimpulse in einem abgeschlossenen System konstant bleibt: $\sum L_i = L_{\text{ges}} = J \cdot \omega = \text{const.}$

Beispielsweise beim Bodenturnen Salto vorwärts gehockt: gestreckter Absprung, anschließend wird angehockt (J wird verringert). Da gilt: $J \cdot \omega = \text{const.}$, muss sich, wenn J kleiner wird, ω vergrößern, d.h. die Drehgeschwindigkeit erhöht sich.

5. Drehimpuls ist 28 Nms. Berechne die Winkelgeschwindigkeit bei gestrecktem und gehocktem Salto um die Breitenachse!

Geg.: $L=28\text{Nms}$; gestreckt ($\rightarrow J_1 \approx 12\text{kgm}^2$); gehockt ($\rightarrow J_2 \approx 4,5\text{kgm}^2$)

Ges.: $\omega_1; \omega_2$

$$\omega = \frac{L}{J};$$

$$\text{Lsg.: } \omega_1 = \frac{28\text{Nms}}{12\text{kgm}^2} = 2 \frac{1}{3} \frac{1}{\text{s}}; \quad \left[\frac{\text{Nms}}{\text{kgm}^2} = \frac{\text{kgms}}{\text{kgms}^2} = \frac{1}{\text{s}} \right]$$

$$\omega_2 = \frac{28\text{Nms}}{4,5\text{kgm}^2} = 6,2 \frac{1}{\text{s}};$$

6. Möglichst hohe Endgeschwindigkeiten bei einer Bewegung. Welche Prinzipien gibt es? Beschreibe.

- Prinzip der Anfangskraft: entgegengerichtete Ausholbewegung (optimales Verhältnis zwischen Beschleunigungs- und Bremsstoß = Kappaverhältnis)

Neuronale Vorteile: Vorinnervation, Muskeldehungsreflex, Antagonistenhemmung

Muskuläre Vorteil: elastische Energie

- Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges: optimal langer Weg, geradlinig oder gleichsinnig gekrümmt.

- Prinzip der optimalen Tendenz im Beschleunigungsverlauf:

lange Beschleunigungszeit: ansteigende Beschleunigung

kurze Beschleunigungszeit: abfallende Beschleunigung

7. Gegebenes Muskelvolumen im Kniegelenk: 98cm^3 (m^3 unrealistisch!), Faserlänge: 7cm , Faserverteilung langsam:schnell 50%:50%. Berechne die max. statische Kraft, die max. Verkürzungsgeschwindigkeit und das Drehmoment!

Geg.: $V_{\text{Muskel}}=98\text{cm}^3$, Faserlänge= 7cm , Verteilung: 50:50 slow:fast ($\rightarrow k_2$ zwischen 8 und 16 ≈ 12 1/s).

Ges.: $F_{\text{max}}, v_{\text{max}}, M$

$$PQ = \frac{V_{\text{Muskel}}}{\text{Faserlänge}} = \frac{98\text{cm}^3}{7\text{cm}} = 14\text{cm}^2;$$

$$\text{Lsg.: } F_{\text{max}} = k_1 \cdot PQ \approx 30 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot 14\text{cm}^2 = 420\text{N};$$

$$v_{\text{max}} = k_2 \cdot \text{Faserlänge} \approx 12 \frac{1}{\text{s}} \cdot 7\text{cm} = 84 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0,84 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$M = F \cdot d = 420\text{N} \cdot 0,04\text{m} = 16,8\text{Nm};$$

(auch unrealistische Werte, aber besser als 98m^3)

8. Wie kommt die Rückwärtsdrehung des Rumpfes beim Weitsprung zustande?
 ??? dezentraler Stoß vor dem Körperschwerpunkt beim Absprung

9. Was sagen die Grundgesetze von Newton?

- Trägheitsgesetz: wenn keine äußere Kraft auf einen Körper wirkt, ist dieser entweder in Ruhe oder in geradliniger Bewegung.
- Reaktionsgesetz: actio et reactio, Kraft und Gegenkraft liegen aber in getrennten Körpern
- dynamisches Grundgesetz: $F = m \cdot a$

10. Erkläre den Magnuseffekt!

Effekt z.B. beim Fußball: der Ball bekommt neben einer translatorischen auch eine rotatorische Beschleunigung (dezentraler Stoß). Durch Reibung (Kohäsion) werden die Luftmassen auf der einen Seite des Balles beschleunigt und auf der anderen Seite gebremst. Es entsteht eine Querkraft senkrecht zur Bewegungsrichtung, die den Ball den Effekt gibt.

11. Turmspringer am 5m-Turm; Berechne Geschwindigkeit beim Aufprall und Fallzeit!

Geg.: freier Fall ($\rightarrow a=g$); $h=5m$

Ges.: v ; t

$$v = \int a \, dt = a \cdot t + v_0 \quad (v_0 = 0)$$

$$s = \int v \, dt = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t + s_0 \quad (s_0 = 0)$$

$$\text{Lsg.: } \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5m}{10 \frac{m}{s^2}}} = \sqrt{1s^2} = \underline{\underline{1s}}$$

$$v = a \cdot t = 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1s = 10 \frac{m}{s} = \underline{\underline{36 \frac{km}{h}}}$$

12. Vertikaler Sprung wird von einem 80kg schweren Athleten durchgeführt, Kraftstoß beträgt 240 Ns. Berechne die Sprunghöhe!

Geg.: vertikaler Sprung ($\rightarrow a=g$); $m=80kg$; $F \cdot \Delta t=240Ns$

Ges.: h

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v = m \cdot (v_2 - v_1) \stackrel{da \, v_1=0}{=} m \cdot v_2 = m \cdot \sqrt{2gh}$$

$$\text{Lsg.: } \left(\frac{F \cdot \Delta t}{m} \right)^2 = 2gh$$

$$h = \frac{\left(\frac{F \cdot \Delta t}{m} \right)^2}{2g} = \frac{\left(\frac{240Ns}{80kg} \right)^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = \underline{\underline{0,45m}}; \quad \left[\frac{N^2s^2}{kg^2m} = \frac{kg^2m^2s^2s^2}{s^4kg^2m} = m \right]$$

13. Wie groß sind die Trägheitsmomente des menschlichen Körpers bei verschiedenen Körperhaltungen um die Hauptdrehachsen?

Tiefenachse (Rad): $J \approx 13kgm^2$

Breitenachse gestreckt (Salto): $J \approx 12kgm^2$

Breitenachse gehockt (Salto): $J \approx 5kgm^2$

Längennachse Arme ausgebreitet (Schraube): $J \approx 2 \text{kgm}^2$

Längennachse Arme anliegend (Schraube): $J \approx 1 \text{kgm}^2$

14. Berechne Flugzeit und Auftreffgeschwindigkeit eines Turmspringers mit einer Fallhöhe von 10m.

Geg.: freier Fall ($\rightarrow a=g$); $h=10\text{m}$

Ges.: v, t

$$v = \int a dt = a \cdot t + v_0 \quad (v_0 = 0)$$

$$s = \int v dt = \frac{1}{2} at^2 + v_0 \cdot t + s_0 \quad (s_0 = 0)$$

$$\text{Lsg.: } \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10\text{m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{2\text{s}^2} \approx \underline{\underline{1,41\text{s}}}$$

$$v = a \cdot t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sqrt{2\text{s}} \approx 14,14 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \underline{\underline{50,9 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

15. Erkläre Kraftstoß-Impuls-Beziehung anhand eines konkreten Beispiels aus dem Sport!

Kraftstoß-Impuls-Beziehung: $F \cdot \Delta t = \Delta p = m \cdot \Delta v$

Wenn auf einen Körper über eine bestimmte Zeit Δt eine bestimmte Kraft F wirkt, erfährt der Körper eine Impulsänderung Δp und damit eine Geschwindigkeitsänderung Δv .

Beispielsweise beim counter movement jump wendet der Sportler über eine bestimmte Zeit Muskelkraft auf, wodurch sich sein Impuls ändert. Da die Masse des Sportlers konstant bleibt, beschleunigt er in vertikaler Richtung.

16. Was besagt das archimedische Prinzip?

Das archimedische Prinzip beschreibt den hydrostatischen Auftrieb: beim Eintauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit erfährt dieser eine Auftriebskraft. Die Richtung dieser Kraft ist entgegen der Gewichtskraft, der Betrag gleich der Gewichtskraft des vom Körper verdrängtem Wassers.

17. Leite mit Hilfe der Energieerhaltung der Mechanik die Formel für die Sprunghöhe beim lotrechten Sprung aufwärts im Vakuum her! Ein Sportler mit $m=80\text{kg}$ entwickelt einen lotrechten Beschleunigungsstoß von 240Ns . Berechne die Sprunghöhe!

Geg.: $m=80\text{kg}$; $F \cdot \Delta t = 240\text{Ns}$

Ges.: h

Energieerhaltung: $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}}$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} mv^2$$

$$h = \frac{v^2}{2g}; \quad (I)$$

$$\text{Lsg.: } F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v = m \cdot (v_2 - v_1) \stackrel{\text{da } v_1=0}{=} m \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{F \cdot \Delta t}{m}; \quad (\text{in } I)$$

$$h = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{\left(\frac{F \cdot \Delta t}{m}\right)^2}{2g} = \frac{\left(\frac{240\text{Ns}}{80\text{kg}}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{0,45\text{m}}}; \quad \left[\frac{\text{N}^2 \text{s}^2}{\text{kg}^2 \text{m}} = \frac{\text{kg}^2 \text{m}^2 \text{s}^2 \text{s}^2}{\text{s}^4 \text{kg}^2 \text{m}} = \text{m} \right]$$

18. Beschreiben Sie das Messprinzip von Dehnmessstreifen!

Ein Dehnmessstreifen ist in Ruhe leicht gebogen und in ihm liegen Kupferdrähte, an welchen eine Spannung anliegt. Bei Druck auf den Messstreifen verändert sich der Querschnitt, was zu einer Spannungsänderung führt. Über diese Spannungsänderung kann die Dehnung ermittelt werden.

19. Beschreiben Sie die mechanischen Faktoren, die das maximale Gelenkmoment bestimmen!

$$M = F \cdot d$$

Das maximale Drehmoment ist also von den Kräften (im Sport meist der verschiedenen Muskeln), die auf ein Gelenk wirken, und dem Abstand der Wirkungslinie der Kraft vom Drehzentrum abhängig.

20. Ein Radfahrer beschleunigt aus dem Stand mit einer konstanten Kraft von 120N. Seine Masse beträgt 70kg, die Masse des Fahrrades 10kg. Berechne Beschleunigung und Geschwindigkeit in km/h nach 10s. Welchen Weg hat er nach 10s zurückgelegt?

Geg.: $F = 120\text{N}$; $m_{\text{ges}} = m_{\text{F}} + m_{\text{R}} = 70\text{kg} + 10\text{kg} = 80\text{kg}$; $t = 10\text{s}$

Ges.: a ; v ; s

$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{120\text{N}}{80\text{kg}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{kg}} = \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$\text{Lsg.: } v = \int a \, dt = a \cdot t + v_0 \stackrel{\text{da } v_0=0}{=} 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10\text{s} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{54 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

$$s = \int v \, dt = \frac{1}{2} \cdot at^2 + v_0 t + s_0 \stackrel{\text{da } v_0=0 \wedge s_0=0}{=} \frac{1}{2} \cdot 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10^2 \text{s}^2 = \underline{\underline{75\text{m}}}$$

21. Warum wird durch eine Ausholbewegung die Sprunghöhe verbessert?

Dahinter steckt ein Prinzip von Hochmuth, das Prinzip der Anfangskraft. Durch den Bremsstoß für die Ausholbewegung ergibt sich eine höhere Anfangskraft für die vertikale Beschleunigung. Diese wirkt zwar weniger lang als bei einem Sprung ohne Ausholbewegung; der Beschleunigungsstoß ist (bei guter Ausführung) dennoch höher als ohne Ausholbewegung.

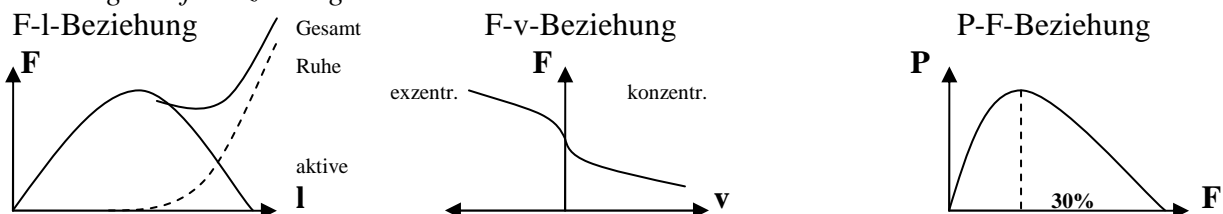
Gründe: mechanisch (Nutzung elastischer Energie), neuronal (Voraktivierung, Muskeldehnungsreflex, Antagonistenhemmung)

22. Wie verändert sich das EMG-Signal bei Ermüdung. Begründen Sie die Veränderung!

Submaximal: zunehmende Amplitude durch Rekrutierung von mehr motorischen Einheiten, abnehmende Frequenz

Maximal: abnehmende Amplitude (alle motorische Einheiten bereits aktiviert), stark abnehmende Frequenz

23. Zeichnen Sie die Diagramme der Kraft-Längen-, der Kraft-Geschwindigkeit-, und der Leistung-Kraft-Beziehung von Muskeln!



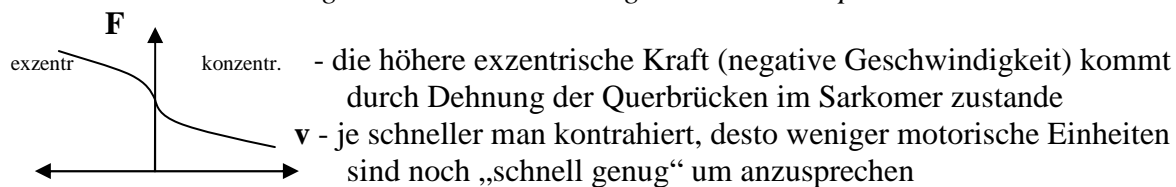
24. Warum wird durch eine Ausholbewegung ein höherer Beschleunigungsstoß erreicht?
Siehe 21.

25. Wie wird beim Weitsprung eine Rückwärtsdrehung des Rumpfes erzeugt?
Siehe 8.

26. Warum müssen aus optischen Verfahren gewonnene s-t-Verläufe geglättet werden?
Welche Probleme treten bei der Datenglättung auf?

Bei optischen Verfahren wird kein Sensor eingesetzt, der z.B. den Körperschwerpunkt oder das Drehzentrum des Kniewinkels angibt, sondern diese müssen in das Bild hineingelegt werden (manuell, PC-Programme). Dadurch ergeben sich oft unmögliche Bewegungen, die nicht der Wirklichkeit entsprechen. Um also ein realitätsnäheres Ergebnis zu erzielen, werden die s-t-Verläufe geglättet. Probleme dabei sind vor allem die Wahl der Glättmethode (Filter, Ausgleichsspline,...) und die Wahl der Filterstärke.

27. Erklären Sie die Kraft-Geschwindigkeits-Beziehung eines Muskels bei konzentrischer und exzentrischer Aktivierung! Zeichnen Sie ein Diagramm und interpretieren Sie!



28. Beschreiben Sie die Möglichkeiten zur Auslösung von Salto- und Schraubbewegungen!

- vom Boden weg: dezentraler Stoß -> Rotation

- in der Luft:

- Salto: Teilimpuls und Verkleinerung des Drehmoments
- Schraube: siehe Salto und bei bereits drehendem Salto Schrägstellen der Drehachse durch Heben eines Armes -> Entstehung eines Drehmoments um die Längsachse

29. Erklären Sie das Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges nach Hochmuth!

Um eine möglichst hohe Endgeschwindigkeit zu erreichen, muss ein Beschleunigungsweg gewählt werden, der einerseits optimal lang ist und andererseits einen zweckmäßigen Verlauf hat. Der Verlauf muss gerade oder gleichsinnig gekrümmt sein, damit der Weg optimal wird.

30. Erklären Sie die Prinzipien von Hochmuth!

Siehe 6.

31. Was versteht man unter Viskoelastizität?

Viskoelastizität ist eine Materialeigenschaft. Sie besagt, dass sich die Verformung eines Materials bei gleich bleibendem Druck/ Spannung nur langsam einstellt. Bei Biomaterialien wie z.B. den Knorpel wird dieser Effekt durch die Proteoglycane hervorgerufen.

32. Magnus-Effekt?

Siehe 10.

33. Rechnung: Geg.: Skifahrer, Kraft, die im Oberschenkel bei Abfahrtschocke wirkt?

Schätzung: Normalabstandes der Kraft zum Drehpunkt! Wie stark ist das Drehmoment?

Geg.: Oberschenkel ($\rightarrow k \approx 30 \text{ N/cm}^2$; $V_{\text{Muskel}} \approx 40.5.4 \text{ cm}^3 = 800 \text{ cm}^3$; Faserlänge $\approx 7 \text{ cm}$)

Ges.: F; M

Abschätzung über $F_{\text{max iso}}$;

$$F_{\max iso} = k \cdot PQ = k \cdot \frac{V_{Muskel}}{\text{Faserlänge}}$$

$$\text{Lsg.: } F = 30 \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{800cm^3}{7cm} \approx \underline{\underline{3500N}};$$

$$M = F \cdot d = 3500N \cdot 0,04m \approx \underline{\underline{137Nm}};$$

34. Nach Heinz Prüller beschleunigen Fl-Autos am Start mit 1,4 g. Welche Geschwindigkeit in km/h haben die Autos nach 4s? Welche Strecke haben die Autos nach 4 s zurückgelegt?

Geg.: $a=1,4g$; $t=4s$

Ges.: v (in km/h); s

$$v = \int a dt = a \cdot t + v_0 \stackrel{da v_0=0}{=} 1,4 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 4s = 56 \frac{m}{s} = \underline{\underline{201,6 \frac{km}{h}}};$$

Lsg.:

$$s = \int v dt = \frac{1}{2} \cdot at^2 + v_0 t + s_0 \stackrel{da v_0=0 \wedge s_0=0}{=} \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 4^2 s^2 = \underline{\underline{112m}};$$

35. Berechne den Luftwiderstand eines Skifahrers in optimaler Abfahrthocke bei 130km/h!

Geg.: $v=130km/h$; Skifahrer in Abfahrthocke ($\rightarrow c_d=0,5$; $A=0,3m^2$; $\rho=1,3kg/m^3$)

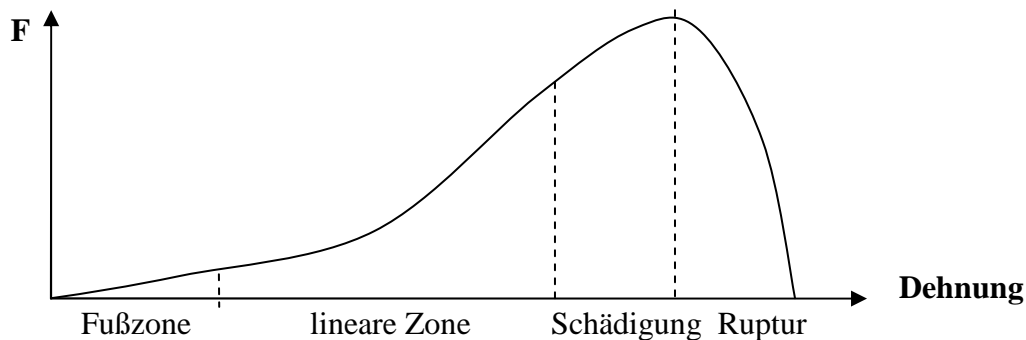
Ges.: F_w

$$F_w = \frac{1}{2} c_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

Lsg.:

$$= \frac{1}{2} 0,5 \cdot 1,3 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,3m^2 \cdot \left(\frac{130}{3,6} \right)^2 \frac{m^2}{s^2} \approx \underline{\underline{127,1N}};$$

36. Beschreiben Sie die Belastungszonen eines Kniegelenkbandes im Kraft-Verlängerungsdiagramm!



37. Erklären Sie die Impulsübertragung bei der Kippe an den Ringen!

Siehe Skriptum.