

## Oberstufe: Ergebnisse und ausführliche Lösungen zu den Aufgaben zum Dynamischen Grundgesetz II

### Ergebnisse:

E1	Beim Abschleppen eines Fahrzeugs besteht die Gefahr, dass das gespannte Zugseil durch ruckartiges Anfahren reißt. Begründen Sie dies.
	Ergebnis
	Beim ruckartigen Anfahren entstehen hohe Kräfte im Zugseil.
E2	Wie lautet der Trägheitssatz? Weshalb kommt trotzdem ein antriebsloses Fahrzeug auf ebener gerader Strecke nach einer bestimmten Zeit zum Stillstand?
	Ergebnis
	Reibungskräfte bremsen das Fahrzeug ab.
E3	Was besagt das Newtonsche Kraftgesetz?
	Ergebnis
	Kraft gleich Masse mal Beschleunigung.
E4	Ein Auto mit der Masse 1400 kg wird mit einer Bremskraft von 3,6 kN gebremst. Wie groß ist die Bremsverzögerung?
	Ergebnis
	Die Bremsverzögerung beträgt etwa $2,571 \text{ m/s}^2$ .
E5	Welche durchschnittlichen Kräfte haben die Kniegelenke auszuhalten, wenn jemand von einer 2 m hohen Mauer herunterspringt? Gehen Sie von einer Masse $m = 70 \text{ kg}$ , einer Bremsstrecke von 0,5 m und der Aufprallgeschwindigkeit 6,3 m/s aus.
	Ergebnis
	Die Kniegelenke haben Kräfte von $F = 2778,3 \text{ N}$ abzufangen.
E6	Auf dem Flugzeugträger Nimitz können Flugzeuge bis zu einer Masse von 36000 kg mit dem Katapult gestartet werden. Dabei werden sie auf einer Strecke von 76 m auf eine Geschwindigkeit von 252 km/h gebracht.
	a) Welche Kraft muss das Katapult ausüben?
	b) Wie groß ist die Kraft im Verhältnis zur Gewichtskraft (F/G)?
	c) Wie groß ist die Kraft, die auf den Piloten wirkt ( $m = 75 \text{ kg}$ ).
	Ergebnisse
	a) Das Katapult muss eine Kraft von 1 160 526,316 N ausüben.
	b) Das Verhältnis F/G beträgt etwa 3,286.
c) Auf den Piloten wirkt eine Kraft von 2417,763 N.	

E7	Die Masse des Spaceshuttles beträgt beim Start zusammen mit der Trägerrakete 2000 t (2.000.000 kg).
a)	Wie groß ist die Schubkraft, wenn die Rakete unmittelbar nach dem Start gerade schwebt?
b)	Die tatsächliche Schubkraft der Rakete beträgt 30 MN (30.000.000 N). Welche Beschleunigung kann der Rakete damit verliehen werden?
c)	Wie lange benötigt die Rakete für den ersten Kilometer und welche Geschwindigkeit hat sie am Ende dieser Strecke erreicht?
d)	Warum kann über eine längere Flugstrecke die Beschleunigung nicht mehr als konstant angenommen werden?
Ergebnisse	
a)	Die Schubkraft ist gleich der Gewichtskraft $F = G = 19\,620\,000\text{ N}$ .
b)	Der Rakete kann eine Beschleunigung von $5,19\text{ m/s}^2$ verliehen werden.
c)	Für den ersten Kilometer benötigt die Rakete etwa 19,63 s. Am Ende dieser Strecke hat sie eine Geschwindigkeit von etwa 101,882 m/s.
d)	Die Masse der Rakete nimmt durch den Treibstoffverbrauch ab.
E8	Bei einem Unfall wird ein Autofahrer mit der Masse 75 kg durch einen Sicherheitsgurt auf einer Strecke von 0,4 m von 70 km/h auf 0 km/h abgebremst. Berechnen Sie:
a)	Die Verzögerung (negative Beschleunigung).
b)	Wie groß ist die auf den Fahrer wirkende Kraft im Vergleich zur Gewichtskraft (F/G)?
Ergebnisse	
a)	Die Verzögerung beträgt etwa $472,608\text{ m/s}^2$ .
b)	Das Verhältnis F/G beträgt etwa 48,176.

**Ausführliche Lösungen:**

A1	<b>Aufgabe</b> Beim Abschleppen eines Fahrzeugs besteht die Gefahr, dass das gespannte Zugseil durch ruckartiges Anfahren reißt. Begründen Sie dies.
A1	<b>Ausführliche Lösung</b> Beim ruckartigen Anfahren können durch die Trägheit des abzuschleppenden Fahrzeugs so hohe Kräfte im Zugseil entstehen, dass es reißt.
A2	<b>Aufgabe</b> Wie lautet der Trägheitssatz? Weshalb kommt trotzdem ein antriebsloses Fahrzeug auf ebener gerader Strecke nach einer bestimmten Zeit zum Stillstand?
A2	<b>Ausführliche Lösung</b> Der Trägheitssatz von Galileo Galilei: Ein Körper bleibt in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung, wenn keine Kraft auf ihn wirkt. Das bedeutet, nur unter dem Einfluss einer Kraft kann ein Körper seinen Bewegungszustand ändern. Ein antriebsloses Fahrzeug kommt auf einer ebenen Straße irgendwann zum Stillstand, weil es durch Reibungskräfte abgebremst wird (Fahrtwind, Lagerreibung).
A3	<b>Aufgabe</b> Was besagt das Newtonsche Kraftgesetz?
A3	<b>Ausführliche Lösung</b> Das Newtonsche Kraftgesetz: Kraft = Masse · Beschleunigung $F = m \cdot a$ Sonderfall für $F = 0$ : $F = m \cdot a \Rightarrow 0 = m \cdot a \Rightarrow a = 0$ , da $m \neq 0$
A4	<b>Aufgabe</b> Ein Auto mit der Masse 1400 kg wird mit einer Bremskraft von 3,6 kN gebremst. Wie groß ist die Bremsverzögerung?
A4	<b>Ausführliche Lösung</b> geg. $m = 1400 \text{ kg}$ $F = 3,6 \text{ kN} = 3600 \text{ N} = 3600 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}$ ges. $a$ $F = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{3600 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}}{1400 \text{ kg}} = \frac{3600 \text{ m}}{1400 \text{ s}^2} \approx \underline{\underline{2,571 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$ Die Bremsverzögerung beträgt etwa $2,571 \text{ m/s}^2$ .

A5	<b>Aufgabe</b>
	Welche durchschnittlichen Kräfte haben die Kniegelenke auszuhalten, wenn jemand von einer 2 m hohen Mauer herunterspringt? Gehen Sie von einer Masse $m = 70 \text{ kg}$ , einer Bremsstrecke von $0,5 \text{ m}$ und der Aufprallgeschwindigkeit $6,3 \text{ m/s}$ aus.

A5	<b>Ausführliche Lösung</b>
	gegeben: $s = h = 2 \text{ m}$ $v = 6,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
	Die Verzögerung beim abfedern beträgt:
	$a = \frac{v^2}{2s}$ und mit $F = m \cdot a$ gilt:
	$F = m \cdot \frac{v^2}{2s} = 70 \text{ kg} \cdot \frac{\left(6,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 0,5 \text{ m}} \approx 2778,3 \text{ N}$
	Die Kniegelenke haben Kräfte von $F = 2778,3 \text{ N}$ abzufangen.

A6	<b>Aufgabe</b>
	Auf dem Flugzeugträger Nimitz können Flugzeuge bis zu einer Masse von $36000 \text{ kg}$ mit dem Katapult gestartet werden. Dabei werden sie auf einer Strecke von $76 \text{ m}$ auf eine Geschwindigkeit von $252 \text{ km/h}$ gebracht.
	a) Welche Kraft muss das Katapult ausüben?
	b) Wie groß ist die Kraft im Verhältnis zur Gewichtskraft ( $F/G$ )?
	c) Wie groß ist die Kraft, die auf den Piloten wirkt ( $m = 75 \text{ kg}$ ).

A6	<b>Ausführliche Lösungen</b>
a)	gegeben : $m = 36000 \text{ kg}$ $s = 76 \text{ m}$ $v = 252 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 70 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
	geseucht : $F$ $\left(1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N}\right)$
	$s = \frac{a}{2} \cdot t^2$ (1) $v = a \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{v}{a} \Leftrightarrow t^2 = \frac{v^2}{a^2}$ eingesetzt in (1)
	$\Rightarrow s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2 \cdot a} \Leftrightarrow a = \frac{v^2}{2 \cdot s}$
	$F = m \cdot a = m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{36000 \text{ kg} \cdot 4900 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 76 \text{ m}}$
	$= \frac{36000 \cdot 4900 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{2 \cdot 76 \text{ s}^2 \cdot \text{m}} = \underline{\underline{1160526,316 \text{ N}}}$
	Das Katapult muss eine Kraft von $1\ 160\ 526,316 \text{ N}$ ausüben.

<b>A6</b>	<b>Ausführliche Lösungen</b>
b)	<p>gegeben : <math>g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math>    <math>s = 76 \text{ m}</math>    <math>v = 252 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 70 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math>    <math>a = \frac{v^2}{2 \cdot s}</math></p> <p>gesucht : <math>\frac{F}{G}</math></p> <p>Verhältnis : <math>\frac{F}{G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{a}{g} = \frac{v^2}{2 \cdot s \cdot g} = \frac{4900 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 76 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}</math></p> $= \frac{4900}{2 \cdot 76 \cdot 9,81} \approx \underline{\underline{3,286}}$ <p>Das Verhältnis F/G beträgt etwa 3,286. Das bedeutet, der Pilot wird bei dem Beschleunigungsvorgang mit dem 3,3-fachen seiner Gewichtskraft in den Sitz gepresst.</p>

<b>A6</b>	<b>Ausführliche Lösungen</b>
c)	<p>gegeben : <math>m = 75 \text{ kg}</math>    <math>s = 76 \text{ m}</math>    <math>v = 252 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 70 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math>    <math>a = \frac{v^2}{2 \cdot s}</math></p> <p>gesucht : F</p> <p><math>F = m \cdot a = m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{75 \text{ kg} \cdot 4900 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 76 \text{ m}} = \frac{75 \cdot 4900 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{2 \cdot 76 \text{ s}^2 \cdot \text{m}} \approx \underline{\underline{2417,763 \text{ N}}}</math></p> <p>Auf den Piloten wirkt eine Kraft von 2417,763 N.</p>

<b>A7</b>	<b>Aufgabe</b>
	Die Masse des Spaceshuttles beträgt beim Start zusammen mit der Trägerrakete 2000 t (2.000.000 kg).
a)	Wie groß ist die Schubkraft, wenn die Rakete unmittelbar nach dem Start gerade schwebt?
b)	Die tatsächliche Schubkraft der Rakete beträgt 30 MN (30.000.000 N). Welche Beschleunigung kann der Rakete damit verliehen werden?
c)	Wie lange benötigt die Rakete für den ersten Kilometer und welche Geschwindigkeit hat sie am Ende dieser Strecke erreicht?
d)	Warum kann über eine längere Flugstrecke die Beschleunigung nicht mehr als konstant angenommen werden?

<b>A7</b>	<b>Ausführliche Lösungen</b>
a)	<p>gegeben : <math>m = 2000 \text{ t} = 2000000 \text{ kg}</math>    <math>g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math>    <math>1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}</math></p> <p>gesucht : F im Schwebезustand</p> <p><math>F = m \cdot g = 2000000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{19620000 \text{ N}}}</math></p> <p>Die Schubkraft ist gleich der Gewichtskraft <math>F = G = 19\,620\,000 \text{ N}</math>.</p>

<b>A7</b>	<b>Ausführliche Lösungen</b>
b)	<p>gegeben : <math>m = 2000\,000\text{kg}</math>    <math>g = 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math>    <math>1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>F = 30\text{MN} = 30\,000\,000\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}</math>    maximale Schubkraft</p> <p><math>F = m \cdot a \Leftrightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{30\,000\,000\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}}{2\,000\,000\text{kg}} = \frac{30\,000\,000}{2\,000\,000}\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 15\frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math></p> <p>nutzbare Beschleunigung : <math>a_n = a - g = 15\frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{5,19\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}</math></p> <p>Der Rakete kann eine Beschleunigung von <math>5,19\text{ m/s}^2</math> verliehen werden. Da die Rakete senkrecht startet, muss der Antrieb auch die Erdbeschleunigung überwinden.</p>

<b>A7</b>	<b>Ausführliche Lösungen</b>
c)	<p>gegeben : <math>a_n = 5,19\frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math>    <math>s = 1000\text{m}</math></p> <p>gesucht : <math>t</math> und <math>v</math></p> <p><math>s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{2 \cdot s}{a_n} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a_n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000\text{m}}{5,19\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{\frac{2000}{5,19}}\text{s}^2 \approx \underline{\underline{19,63\text{s}}}</math></p> <p><math>v = a_n \cdot t = a_n \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a_n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot a_n^2}{a_n}} = \sqrt{2 \cdot s \cdot a_n} = \sqrt{2 \cdot 1000\text{m} \cdot 5,19\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>= \sqrt{10380\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \approx \underline{\underline{101,883\frac{\text{m}}{\text{s}}}}</math></p> <p>Für den ersten Kilometer benötigt die Rakete etwa 19,63 s. Am Ende dieser Strecke hat sie eine Geschwindigkeit von etwa 101,882 m/s.</p>

<b>A7</b>	<b>Ausführliche Lösungen</b>
d)	<p>Die Masse der Rakete nimmt ab, da Treibstoff verbraucht wird. Bei gleichbleibender Schubkraft würde sich dadurch die Beschleunigung erhöhen.</p>

A8	<b>Aufgabe</b>
	Bei einem Unfall wird ein Autofahrer mit der Masse 75 kg durch einen Sicherheitsgurt auf einer Strecke von 0,4 m von 70 km/h auf 0 km/h abgebremst. Berechnen Sie:
	a) Die Verzögerung (negative Beschleunigung).
	b) Wie groß ist die auf den Fahrer wirkende Kraft im Vergleich zur Gewichtskraft (F/G)?

A8	<b>Ausführliche Lösungen</b>
	<p>a)</p> <p>gegeben : <math>m = 75 \text{ kg}</math>    <math>v = 70 \frac{\text{km}}{\text{h}}</math>    <math>s = 0,4 \text{ m}</math></p> <p>gesucht : a Verzögerung</p> <p><math>s = \frac{a}{2} \cdot t^2</math> (1)    <math>v = a \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{v}{a} \Leftrightarrow t^2 = \frac{v^2}{a^2}</math> eingesetzt in (1)</p> $\Rightarrow s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2 \cdot a} \Leftrightarrow a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{\left(\frac{70}{3,6}\right)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 0,4 \text{ m}} \approx \underline{\underline{472,608 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$ <p>Die Verzögerung beträgt etwa <math>472,608 \text{ m/s}^2</math>.</p>

A8	<b>Ausführliche Lösungen</b>
	<p>b)</p> <p>gegeben : <math>g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math>    <math>a = \frac{v^2}{2 \cdot s}</math></p> <p>gesucht : <math>\frac{F}{G}</math></p> $\frac{F}{G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{a}{g} = \frac{v^2}{2 \cdot s \cdot g} = \frac{\left(\frac{70}{3,6}\right)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx \underline{\underline{48,176}}$ <p>Das Verhältnis F/G beträgt etwa 48,176. Das bedeutet, auf den Fahrer wirkt etwa das 48-fache seiner Gewichtskraft.</p>