Aufgaben zur Modellbildung

I) Impulsströme; Fließgleichgewichte

1a) Erkläre den Verlauf des v-t-Diagramms (Siehe Anhang)

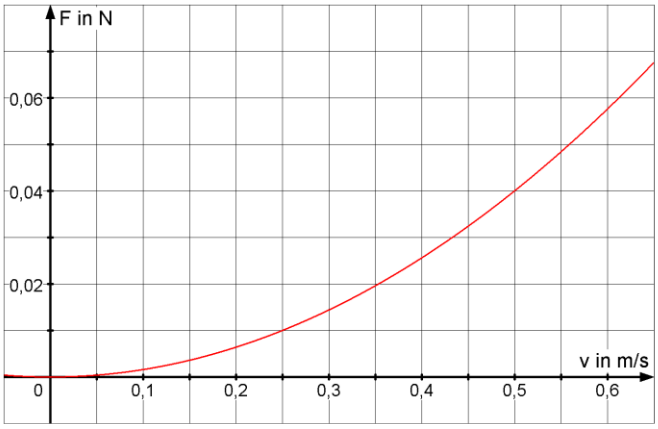
Die Geschwindigkeit des Gleiters wächst von 0 m/s aus. Mit zunehmender Zeit ist der Geschwindigkeitszuwachs immer geringer. Schließlich wird die Geschwindigkeit konstant bleiben. Der Gleiter erhält durch die Schnur einen konstanten Impulszufluss (F_{zu}) und gibt durch die Styroporplatte umso mehr Impuls an die Luft ab, je schneller er ist. (Wenn der Impulszufluss gleich dem Impulsabfluss ist, befindet sich der Gleiter im Fließgleichgewicht.)

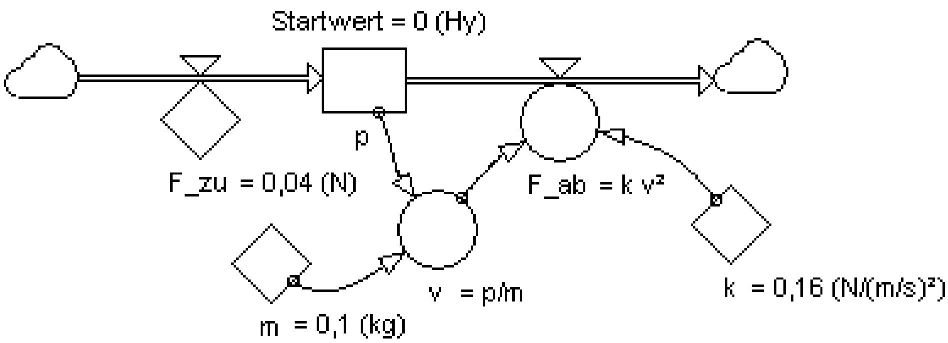
b) Formuliere ein POWERSIM-Modell (Skizze und Terme) für das vorgeführte Experiment.
$m_{Gleiter}$ = 0,1 kg, $m_{Gewicht}$ = 4 g.

$$F_{zu} = g \cdot m_{Gewicht} = 10\tfrac{N}{kg} \cdot 0{,}004kg$$
$$= 0{,}04N$$

$$F_{ab} = k \cdot v^2 \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{F_{ab}}{v^2}$$

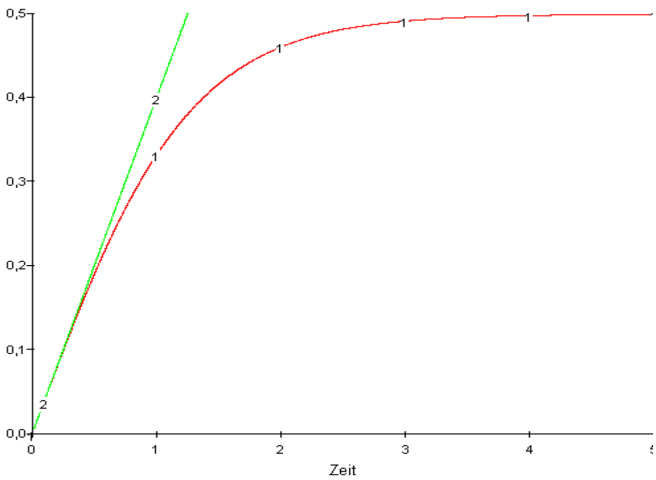
$$k = \frac{0{,}04N}{(0{,}5\frac{m}{s})^2} = 0{,}16\frac{N}{(\frac{m}{s})^2}$$





c) Ein entsprechendes Modell liefert folgende v-t-Diagramme. Erkläre die Bedeutung von Diagramm 2:

*$v_2(t)$ nimmt linear mit t zu, d.h. $p_2(t)$ wächst linear mit t: $p_2(t) = F_{zu} \cdot t$
Dies ist der Fall, wenn kein Impuls abfließt ($k = 0$ N/(m/s)²).*

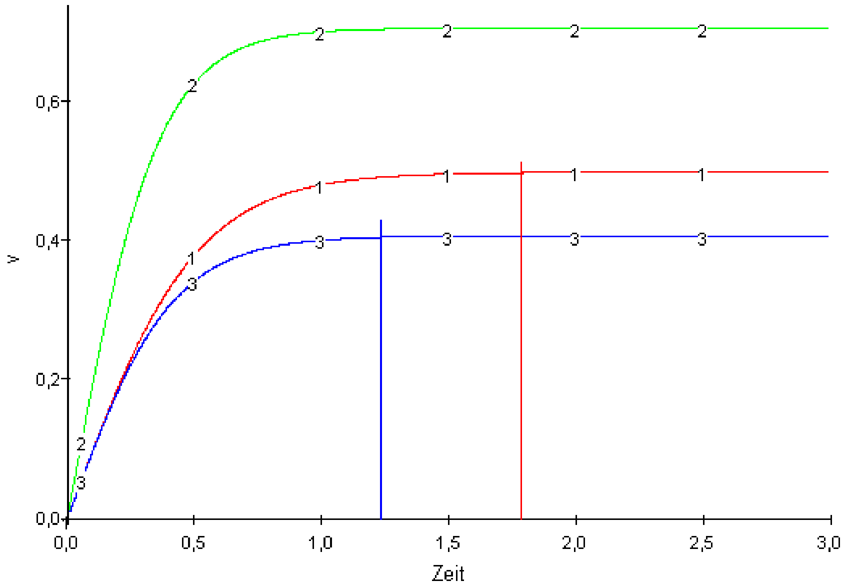


d) Berechne die Grenzgeschwindigkeit v_{Grenz} für die Werte aus b)

Im Fließgleichgewicht ist $F_{ab} = F_{zu}$. Mit $F_{ab} = k \cdot v^2$ folgt:

$$v_{Grenz} = \sqrt{\frac{F_{zu}}{k}} = \sqrt{\frac{0{,}0N}{0{,}16\frac{N}{(\frac{m}{s})^2}}} = \sqrt{0{,}25(\tfrac{m}{s})^2} = 0{,}5\tfrac{m}{s}$$ (Vergleiche Diagramm aus bei F = 0,04N)

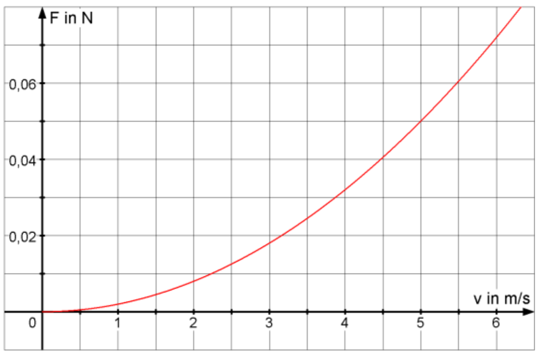
e) Skizziere in einem Diagramm mit verschiedenen Farben, wie sich eine Erhöhung von $m_{Gewicht}$ und der Fläche des Styropors auswirken würde und begründe deine Angabe.



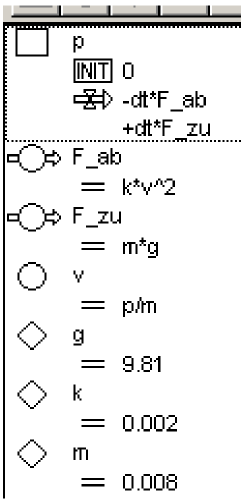
Bei einer Erhöhung von $m_{Gewicht}$ ist F_{zu} (der Impulszufluss in den Gleiter) stärker. Daher muss auch F_{ab} stärker werden um F_{zu} zu kompensieren. Dies ist aber erst bei höherer Grenzgeschwindigkeit der Fall (Diagramm 2).

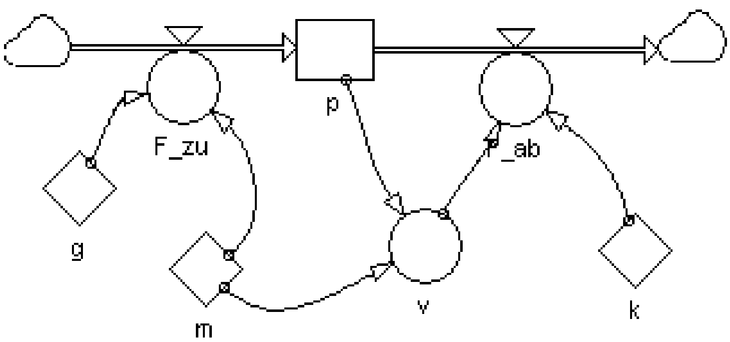
Bei einer Vergrößerung der Styroporfläche nimmt k zu und damit F_{ab} zu. Damit ist bei gleicher Geschwindigkeit der Impulsabfluss stärker bzw. der alte Wert des Impulsabflusses wird bereits bei einer geringeren Grenzgeschwindigkeit erreicht. Eine geringere Grenzgeschwindigkeit wird (bei gleichem Zufluss) schon früher erreicht (Diagramm 3).

2a) Formuliere ein POWERSIM-Modell (Skizze und Gleichungen sowie Werte) für das Fallen einer Kugel (d = 10 cm) mit Luftreibung.

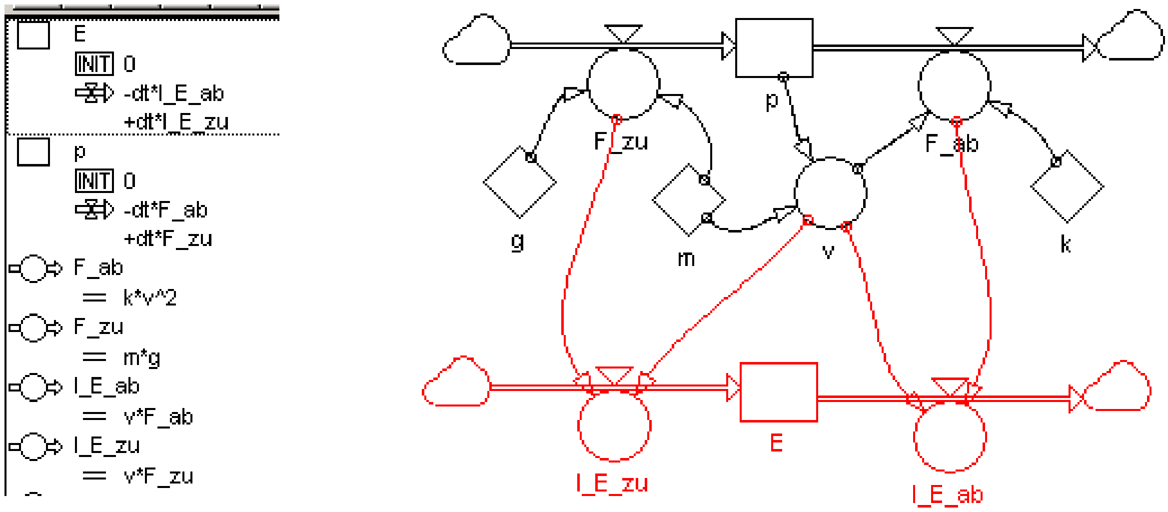


$$k = \frac{F}{v^2} = \frac{0{,}05N}{(5\frac{m}{s})^2} = 0{,}002\frac{kg}{m} \text{ aus Diagramm}$$

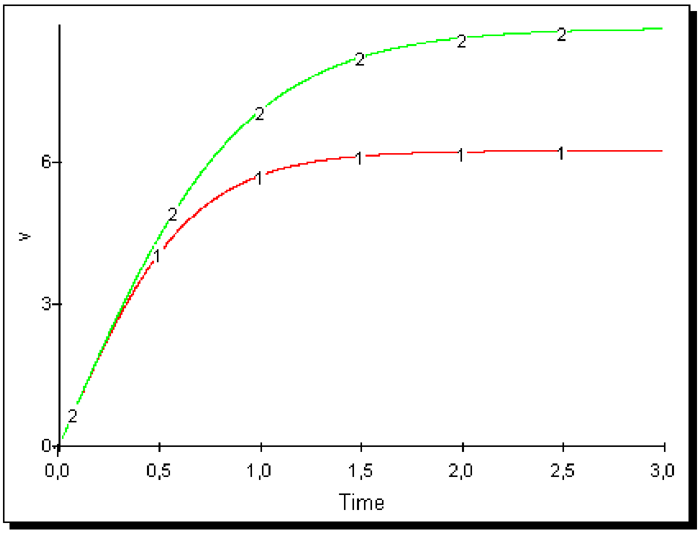




b) Ergänze im Modell mit einer anderen Farbe die Energie der fallenden Kugel. Ergänze auch die zugehörigen Gleichungen und Werte.



c) Skizziere das zu erwartende Diagramm und erkläre, warum die skizzierten Veränderungen zu erwarten sind, wenn eine andere Kugel aus dem gleichen Material und größerem Durchmesser verwendet wird.



Größerer Radius r_2 bedeutet grössere Fläche A_2 und damit größeres k_2. Es gilt einerseits:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot c_W \cdot \pi \cdot r_2^2}{\frac{1}{2} \cdot c_W \cdot \pi \cdot r_1^2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 .$$

Größerer Radius r_2 bedeutet aber auch größeres Volumen V_2 und damit auch größere Masse m_2. Andererseits gilt daher:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_2^3}{\rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_1^2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3$$

. Deshalb ist die Zunahme der Masse stärker als die Zunahme des k-Wertes. Daher nimmt auch die Stärke des zufließenden Impulsstromes F_zu stärker zu als die Stärke des abfließenden Impulsstromes F_ab bei Vergrößerung der Kugel. Deshalb erreicht die Kugel₂ eine höhere Endgeschwindigkeit v_2 zu einem späteren Zeitpunkt t_2:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{g \cdot m_2}{k_2} : \frac{g \cdot m_1}{k_1}} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} : \frac{k_2}{k_1}} = \sqrt{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 : \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}} .$$

Die Zeit bis zum Erreichen der konstanten Endgeschwindigkeit ist fast proportional zur Fallhöhe h.

Es gilt: $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad \Leftrightarrow \quad h = \frac{v^2}{2g}$. *Daher gilt:* $\frac{h_2}{h_1} = \frac{v_2^2}{2g} \cdot \frac{2g}{v_1^2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}\right)^2 = \frac{r_2}{r_1}$

Daraus folgt, dass $\frac{t_2}{t_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{r_2}{r_1}$.

d) Welche Endgeschwindigkeiten erreichen zwei Kugeln gleichen Durchmessers aus verschiedenen Materialien mit den Massen m_1 = 8 g und m_2 = 4 kg. Welche Energien haben sie dann und welche Höhen haben sie durchfallen bis sie ihre Endgeschwindigkeiten erreicht haben?

Im Gleichgewicht gilt: $F_{zu} = F_{ab} \Leftrightarrow m \cdot g = k \cdot v^2 \quad \Leftrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k}}$

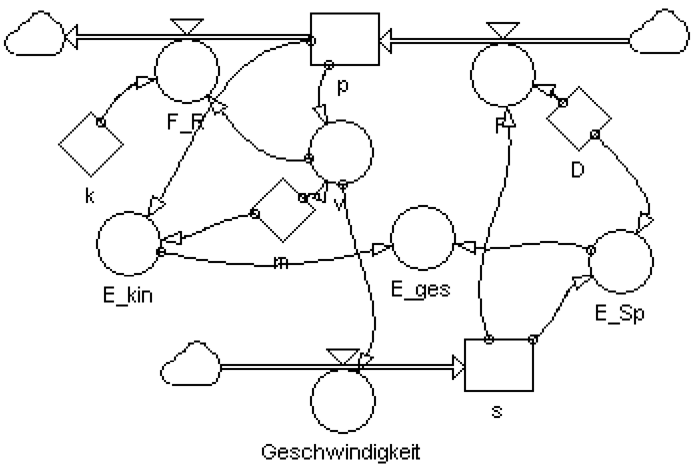
$$v_1 = \sqrt{\frac{m_1 \cdot g}{k}} = \sqrt{\frac{0{,}008kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}{0{,}002\,\frac{kg}{m}}} = \sqrt{39{,}24\,\frac{m^2}{s^2}} = 6{,}26\,\frac{m}{s} \quad v_2 = \sqrt{\frac{4kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}{0{,}002\,\frac{kg}{m}}} = \sqrt{19620\,\frac{m^2}{s^2}} = 140{,}07\,\frac{m}{s}$$

$$E_1 = \tfrac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = \tfrac{1}{2} \cdot 0{,}008kg \cdot 39{,}24\,\tfrac{m^2}{s^2} = 0{,}157J \quad \tfrac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = m_1 \cdot g \cdot h_1 \Leftrightarrow h_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{39{,}24\,\frac{m^2}{s^2}}{2 \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}} = 2m$$

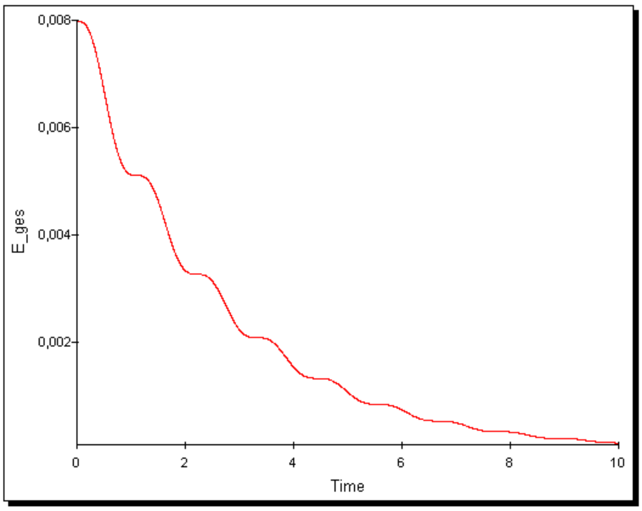
$$E_2 = \tfrac{1}{2} \cdot 4kg \cdot 19620\,\tfrac{m^2}{s^2} = 39240\,\tfrac{kg \cdot m^2}{s^2} = 39240J \quad h_2 = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{19620\,\frac{m^2}{s^2}}{2 \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}} = 1000m$$

II) Mechanische Schwingungen

1) Erstelle ein POWERSIM-Modell* für einen **gedämpften** Federschwinger, das auch die beiden **Einzelenergien** und die **Gesamtenergie** ermittelt.

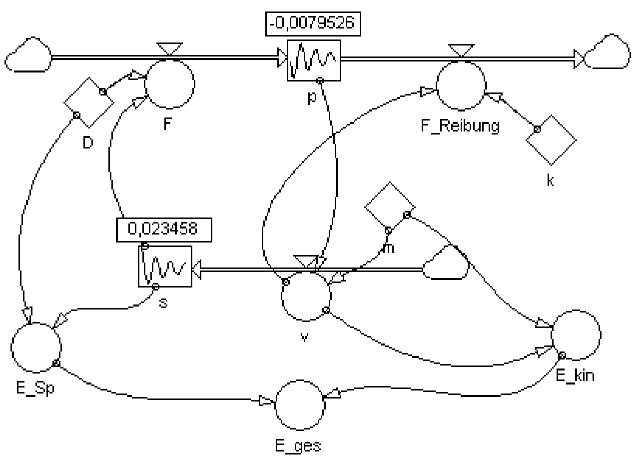


2) Was kann man über den Federschwinger aussagen, der das abgebildete $E_{ges}(t)$-Diagramm besitzt?
Erkläre die Gestalt des Diagramms. Gehe dabei insbesondere auf die relativ steilen und die relativ flachen Anteile ein.



Es ist ein gedämpfter Schwinger, da seine Gesamtenergie abnimmt.
Die relativ steilen Anteile des Dia-gramms zeigen die stärksten Energie-verluste an.
Da für $P_{Verlust}(t)=v(t)\cdot F_{Reibung}(t)$ und $F_{Reibung}(t)= k\, v(t)$ gilt, ist $P_{Verlust}(t) \sim v^2(t)$. Wenn $v(t)=v_{max}$ ist, sind auch seine Reibungsverluste maximal. Dies ist immer beim Nulldurchgang der Fall.
Wenn dagegen v(t)=0m/s ist, sind auch die Reibungsverluste gleich Null, dann ist die Tangente an das Diagramm waagrecht. Dies ist immer in den Umkehrpunkten der Fall.

3a) Erstelle ein POWERSIM-Modell für **gedämpfte** mechanische Schwingungen, das auch die beiden **Einzelenergien** und die **Gesamtenergie** ermittelt.



Startwerte: p = 0 (Hy); s = 0.2 (m);
const D = 0.4 (N/m); k = 0.03 (kg/m);
m = 0.1 (kg);
Formeln: F = -D*s; F_Reibung = k*v;
v = p/m ; E_kin = 1/2*m*v^2 ;
E_Sp = 1/2*D*s^2 ;
E_ges = E_kin+E_Sp;

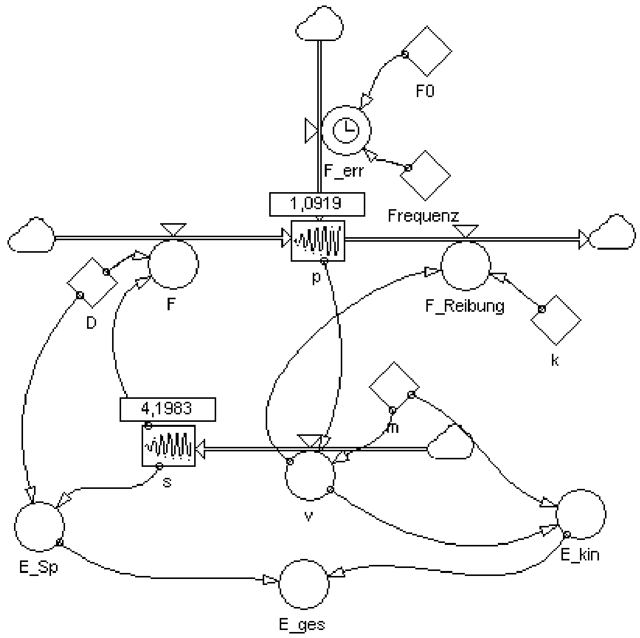
b) Erstelle auf der Grundlage von a) ein neues POWERSIM-Modell für **erzwungene** mechanische Schwingungen.

...

const F0 = 0.5 (N)

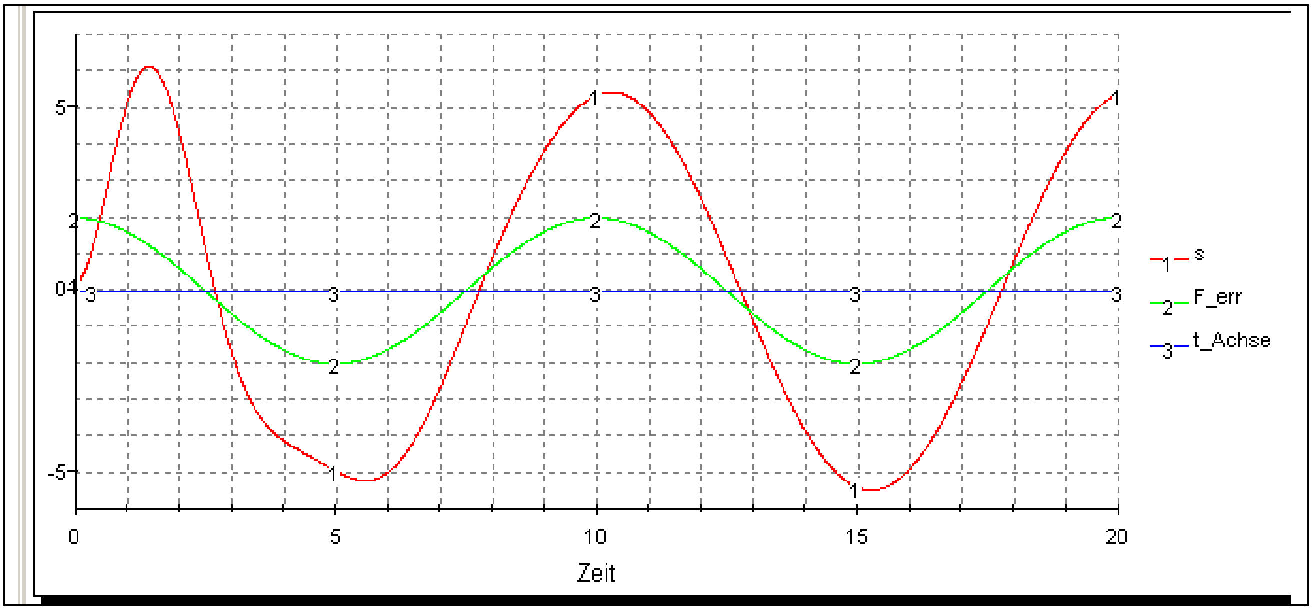
Frequenz = 0.3 (Hz)

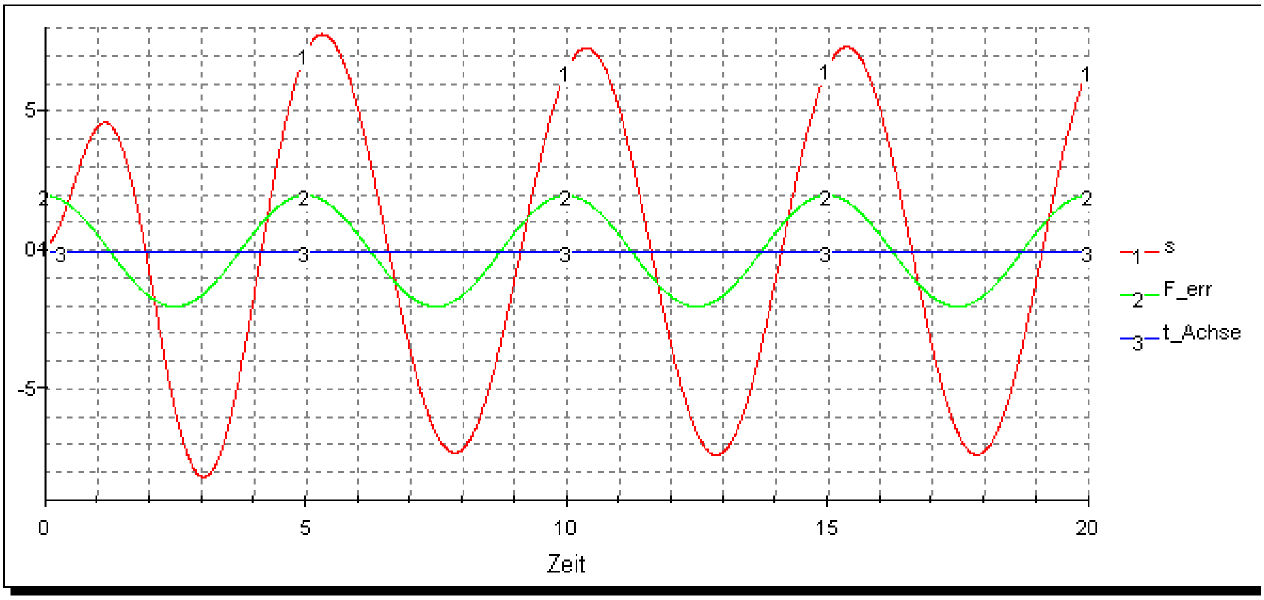
F_err =F0*COS(2*PI*Frequenz*TIME)

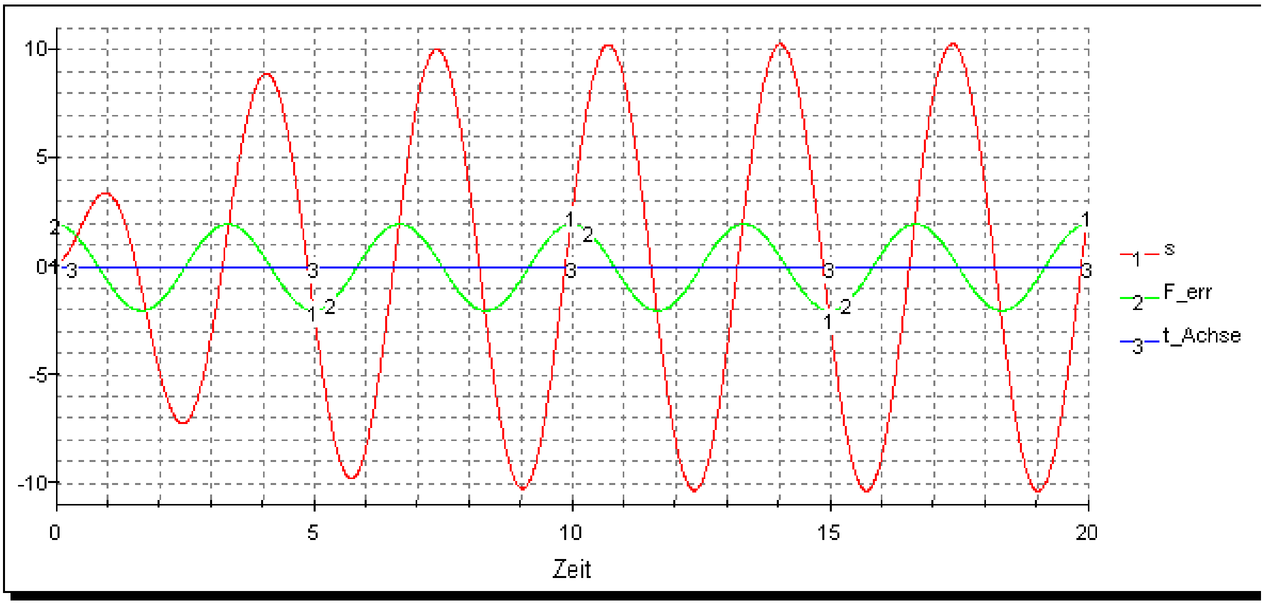


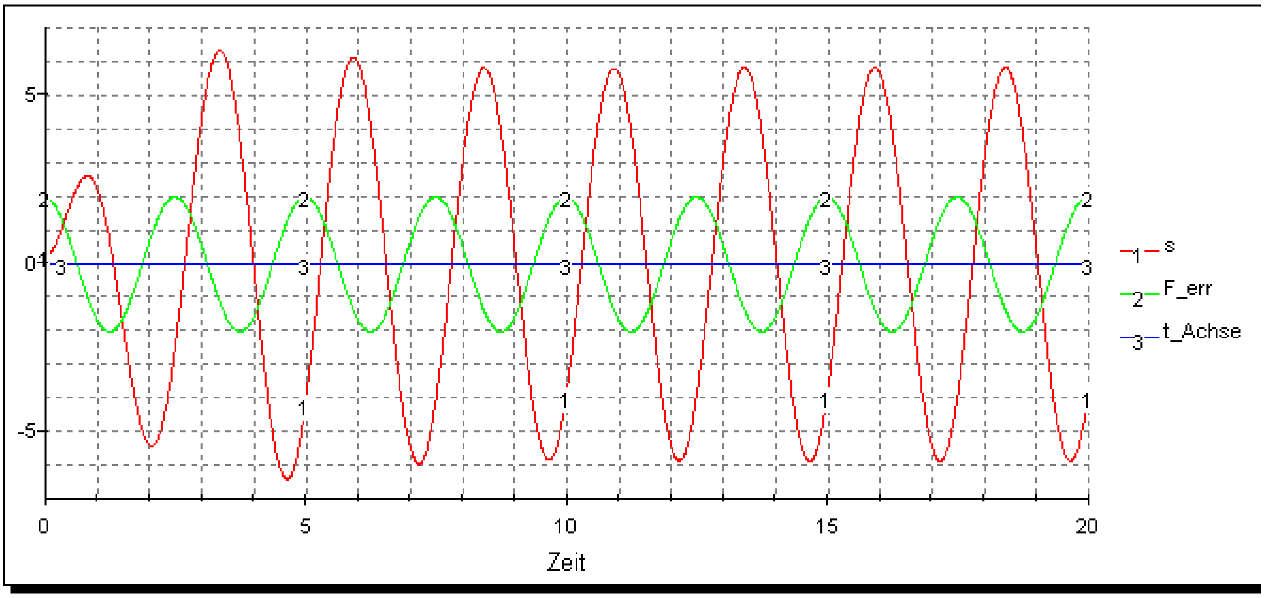
4) Nun wird ein Federpendel gedämpft und mit einer periodischen Kraft ($F_{err}=F_0*\cos(\omega_{err}*t)$) angeregt. Das Arbeitsblatt zeigt den zeitlichen Verlauf der erregenden Kraft und der Auslenkung s.

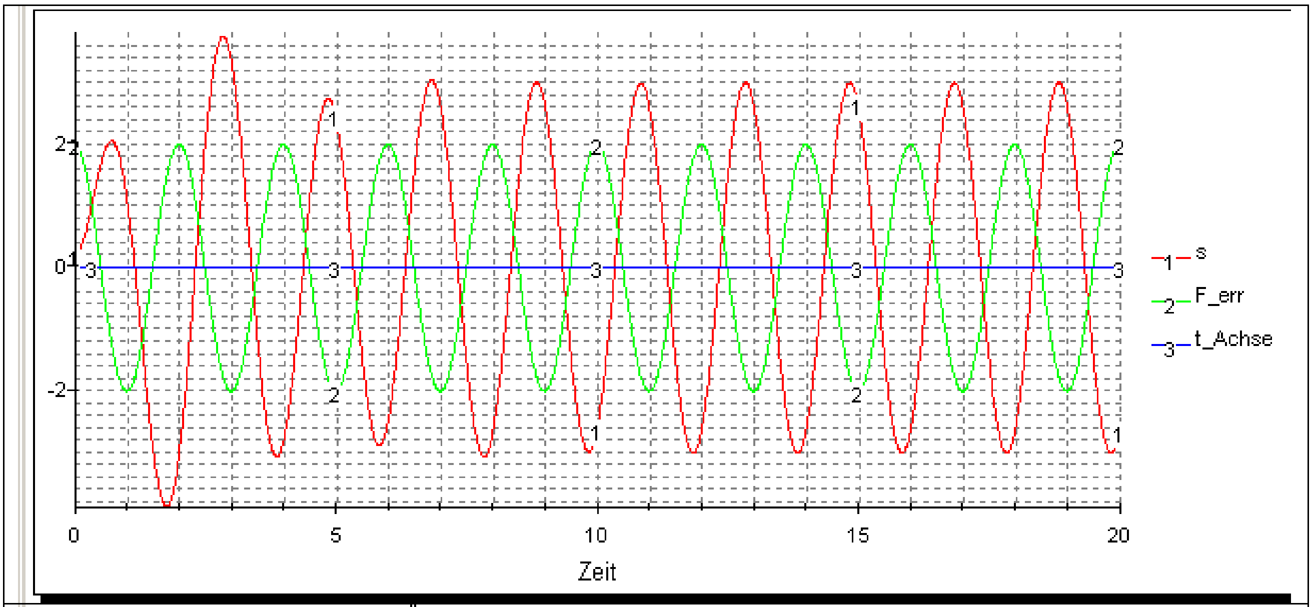
Arbeitsblatt

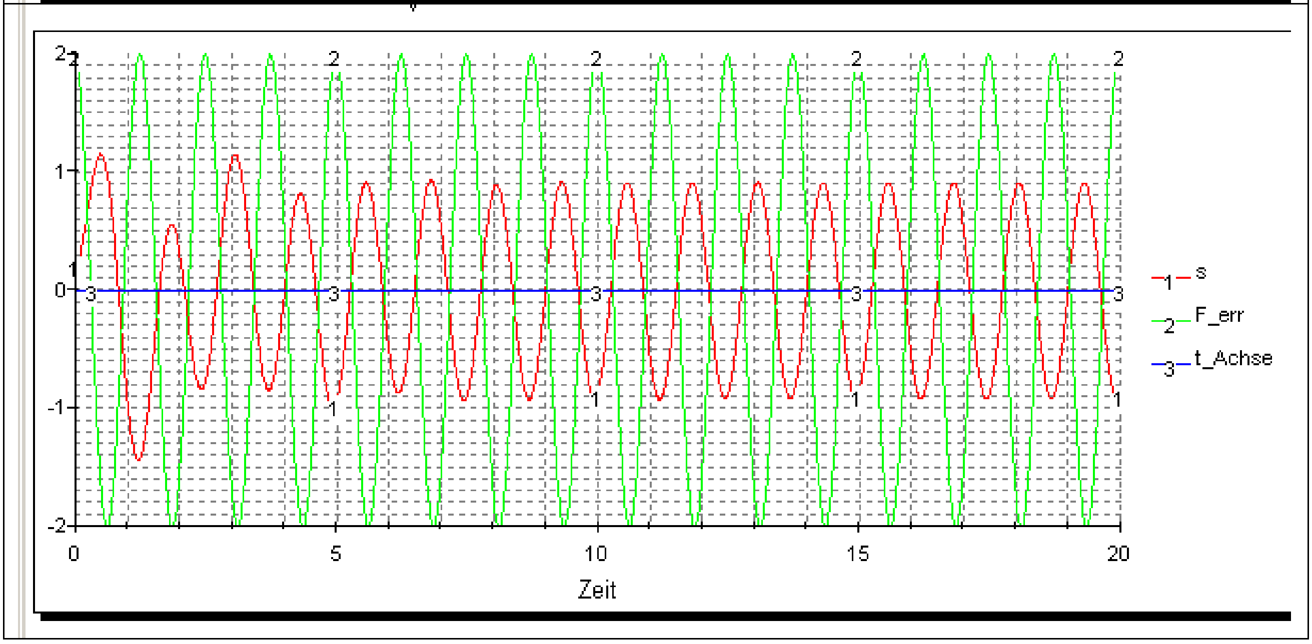



5
0
-5
0
5
10
15
20
Zeit
s
F_err
t_Achse


10
5
0
-5
-10
0
5
10
15
20
Zeit
s
F_err
t_Achse


5
0
-5
0
5
10
15
20
Zeit
s
F_err
t_Achse



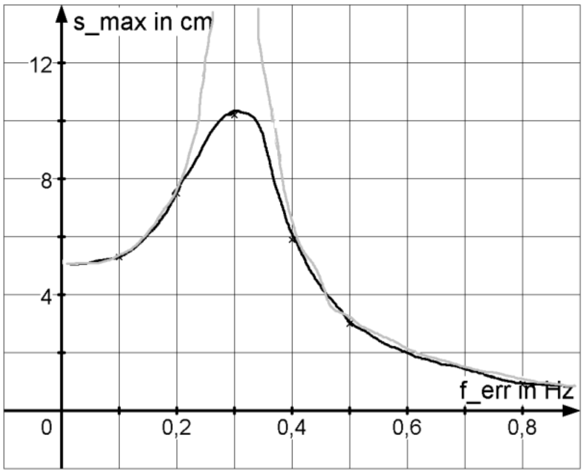


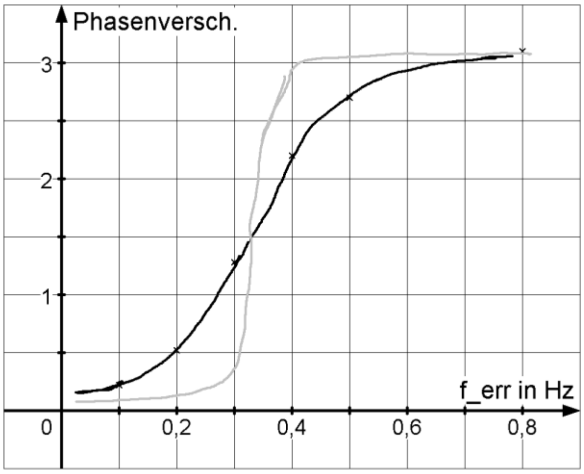
a) Ermittle in jedem Diagram die Schwingungsdauer T_{err} und die Frequenz f_{err} der erregenden Kraft. Außerdem den Scheitelwert der Auslenkung s_{Max} und die Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ zwischen Erreger und Schwinger und trage sie in die Tabelle ein:

T_{err}	10s	5s	3,333...s	2,5s	2s	1,25s
f_{err}	0,1 Hz	0,2 Hz	0,3 Hz	0,4 Hz	0,5 Hz	0,8 Hz
s_{Max}	5,3 cm	7,5 cm	10,2 cm	5,9 cm	3 cm	0,9 cm
$\Delta\varphi$	$\pi/15=0,22$	$\pi/6=0,52$	$2\pi/5=1,28$	$6\pi/9=2,2$	$5\pi/6=2,7$	$\pi=3,1$

b) Zeichne damit zwei Diagramme: s_{Max}-f_{err}- und $\Delta\varphi$-f_{err}-Diagramm). Beschreibe, wie man eine grundsätzliche Kontrolle des Diagramms durchführen kann.
Skizziere mit einer anderen Farbe, wie die Diagramme bei kleinerer Dämpfung aussehen könnten.

Kontrolle: Das Maximum des s_{Max}-f_{err}-Diagramms und $\pi/2$ beim $\Delta\varphi$-f_{err}-Diagramm *sollten bei der Eigenfrequenz f_0 des Oszillators sein:* $f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{0{,}4N}{0{,}1kgm}} = 0{,}318\,Hz$



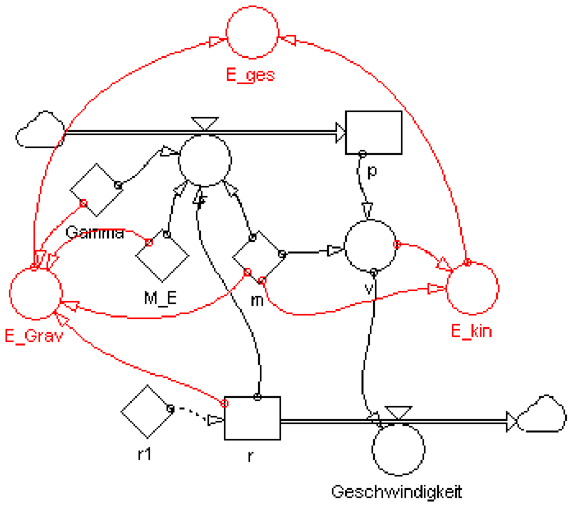


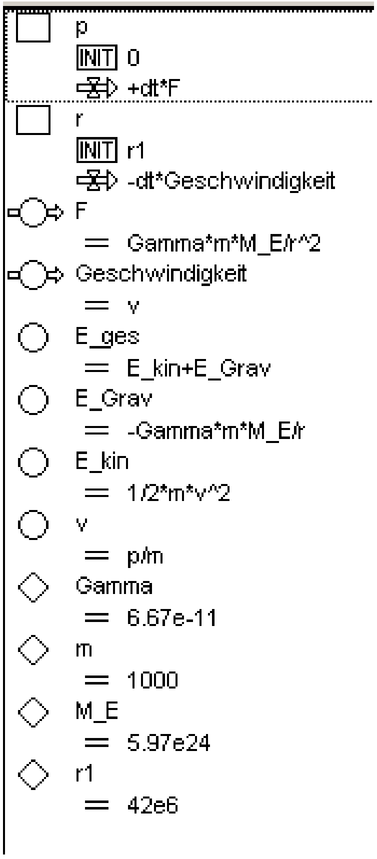
c) Was versteht man unter Resonanz?
Welche typischen Eigenschaften von erzwungenen Schwingungen sind hier zu erkennen?

Resonanz liegt vor, wenn bei einer erzwungenen Schwingung der Erreger mit der Eigenfrequenz des Schwingers arbeitet ($f_{err} = f_0$).
Wenn die Erregerfrequenz unterhalb der Eigenfrequenz liegt, ist die Amplitude des Schwingers gering und die Phasenverschiebung zwischen Erreger und Schwinger nahe 0, d.h. sie schwingen in Phase.
Wenn die Erregerfrequenz gleich der Eigenfrequenz ist, ist die Amplitude des Schwingers Maximal und die Phasenverschiebung 90^0 bzw. $\pi/2$.
Wenn die Erregerfrequenz oberhalb der Eigenfrequenz liegt, ist die Amplitude des Schwingers sehr gering und die Phasenverschiebung etwa 180^0 bzw. π, d.h. sie schwingen in Gegenphase.

III) Gravitationsfeld

1a) Erstelle ein POWERSIM-Modell für das Fallen eines Körpers der Masse m aus der Anfangsentfernung r_1 = 42 000 km vom Erdmittelpunkt bis auf die Erdoberfläche (Skizze sowie Gleichungen, Werte und Startwerte).





b) Füge Rechengrößen zur Berechnung von E_kin, E_grav und E_ges ins Modell bei a) mit anderer Farbe ein.
Was kann man über den zeitlichen Verlauf von E_ges aussagen (mit Begründung)?
Welche Konsequenzen hat dies für E_kin und E_grav ?

E_ges ist zeitlich konstant, weil der fallende Körper nur mit dem Gravitationsfeld verbunden ist, und die Abnahme der Gravitationsenergie sich in einer Zunahme der kinetischen Energie zeigt, d.h. die kinetische Energie nimmt in dem Maße zu, wie die Gravitationsenergie abnimmt. Die Summe aus kinetischer und Gravitationsenergie ist also ständig gleich.

c) Berechne die Auftreffgeschwindigkeit v_{Ende} auf der Erde.

$$\tfrac{1}{2}\cdot m\cdot v_{Ende}^2 = -\gamma\cdot\frac{m\cdot M}{r_1} - (-\gamma\cdot\frac{m\cdot M}{R_E}) = \gamma\cdot m\cdot M\cdot(\frac{1}{R_E}-\frac{1}{r_1}) \Leftrightarrow v_{Ende} = \sqrt{2\cdot\gamma\cdot M\cdot(\frac{1}{R_E}-\frac{1}{r_1})}$$

$$v = \sqrt{2\cdot 6{,}673\cdot 10^{-11}\,\tfrac{m^3}{kg\cdot s^2}\cdot 5{,}974\cdot 10^{24}kg\cdot(\frac{1}{6{,}378\cdot 10^6 m}-\frac{1}{42\cdot 10^6 m})} = 10296{,}76\,\frac{m}{s}$$

d) - Was kann man bei einem Satelliten, der sich auf einer **Kreisbahn** um den Zentralkörper bewegt, über E_kin(r), E_grav(r) und E_ges(r) aussagen ? Begründe anhand der entsprechenden Terme. (Hinweis es soll dieser eine Satellit während seiner Bahn betrachtet werden!)
- Leite damit den v(r)-Zusammenhang für die Kreisbahn her.

$E_{kin}(r) = \tfrac{1}{2}\cdot m\cdot v^2(r) =$ konstant, da r konstant ist (Kreisbahn), ist auch v(r) konstant

$E_{Grav}(r) = -\gamma\cdot\frac{m\cdot M}{r} =$ konstant, da r konstant ist.

$E_{ges}(r) = E_{kin}(r) + E_{Grav}(r) =$ konstant, da jeder Summand einzeln schon konstant ist.

$$m \cdot \frac{v^2(r)}{r} = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \Leftrightarrow v(r) = \sqrt{\frac{\gamma \cdot M}{r}}$$

e) Das beiliegende **Arbeitsblatt Ellipsenbahn** zeigt die E_kin(r)-, E_grav(r)- und E_ges(r)-Zusammenhänge bei einem Satelliten, der von der Erdoberfläche mit der Startgeschwindigkeit v_0 abgeschossen wurde und sich auf einer **Ellipsenbahn** um die Erde bewegt.

- Interpretiere die 3 Diagramme (Was kann man über r, v und die Energien während der Bewegung aussagen).
- Gib einen Term für die Gesamtenergie an.
- Leite daraus einen Term für den v(r)-Zusammenhang her und interpretiere ihn. Betrachte auch den Fall, dass E_{ges} = 0J ist. Welche Geschwindigkeit ergibt sich dann an der Erdoberfläche?

r nimmt verschiedene Werte zwischen r_{min} und r_{max} an (periodisch).
Da E_{kin} zwischen einem größten und einem kleinsten Wert variiert, variiert auch v zwischen einem größten und einem kleinsten Wert.
E_{Grav} varriert ebenfalls zwischen einem größten und einem kleinsten Wert und zwar so, dass die Summe E_{ges} immer konstant ist / E_{kin} nimmt in dem Maße zu wie E_{Grav} abnimmt und umgekehrt.

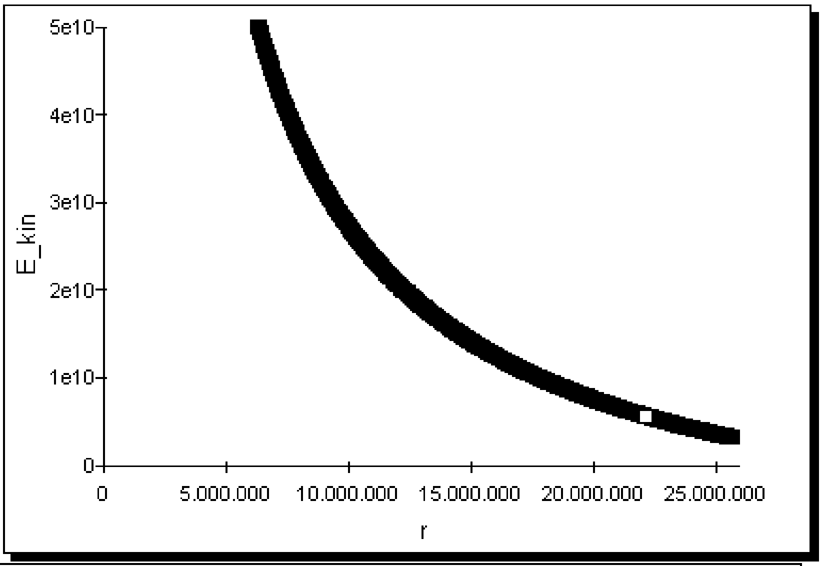
$$E_{ges} = E_{kin} + E_{Grav} = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r} = \textbf{\textit{konstant}} \Leftrightarrow v(r) = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{ges}}{m} + 2 \cdot \gamma \cdot \frac{M}{r}}$$

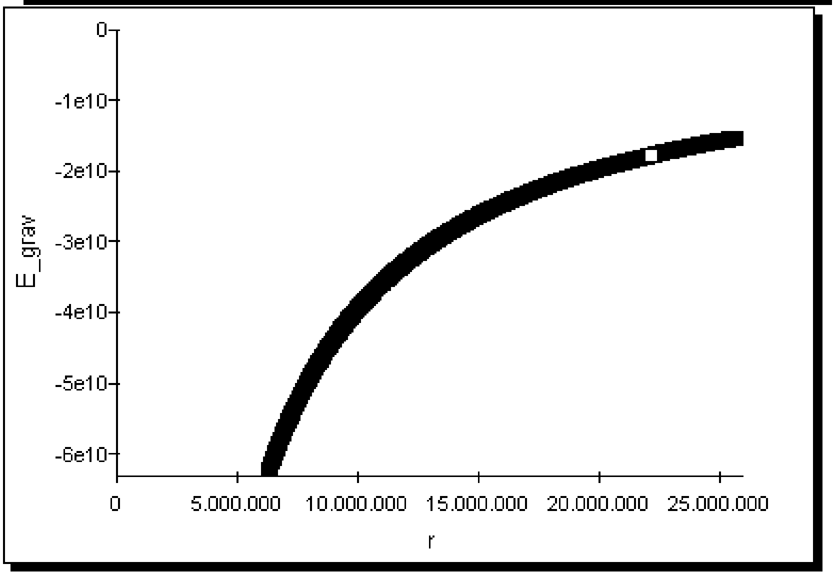
Wenn r zunimmt, nimmt v(r) ab und umgekehrt (vergl. Kepler Gesetze).

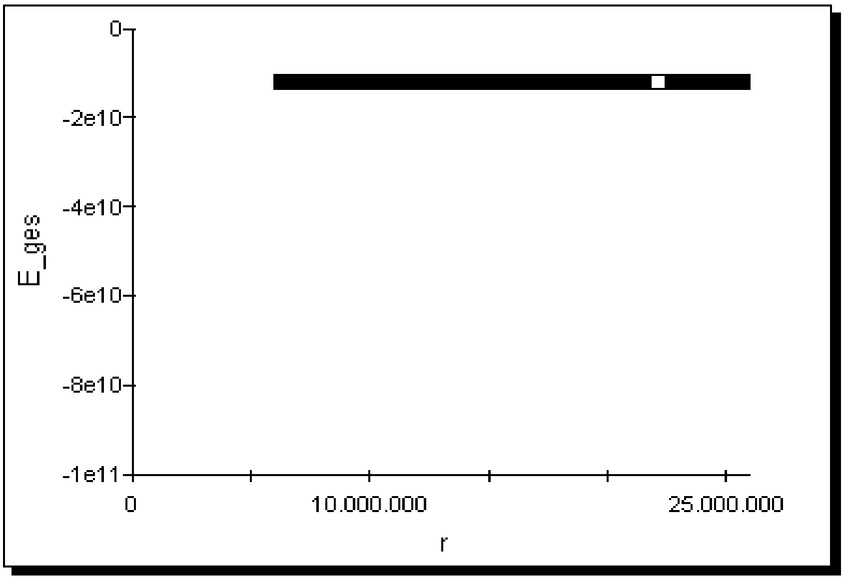
E_{ges} ist < 0 auf der Ellipse, weil $v(r) < \sqrt{\frac{2 \cdot \gamma \cdot M}{r}}$ ***2. kosmische Geschwindigkeit***

Ist E_{ges} = 0J, so verlässt der Satellit den Anziehungsbereich der Erde, er hat beim Start an der Erdoberfläche die 2. kosmische Geschwindigkeit v_2 = 11180m/s.

Arbeitsblatt Ellipsenbahn

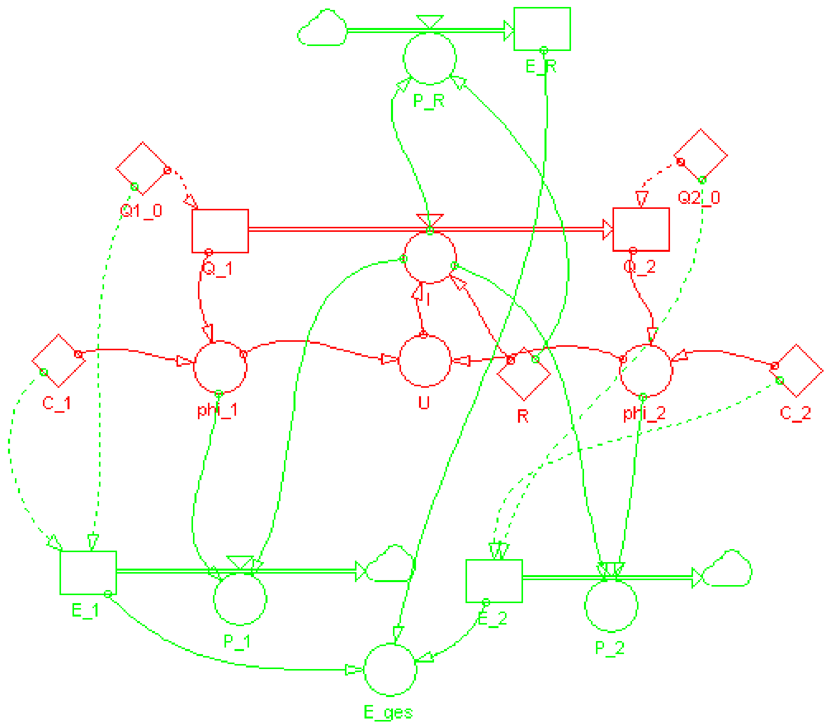






IV) Elektrisches und magnetisches Feld; elektromagnetische Schwingungen

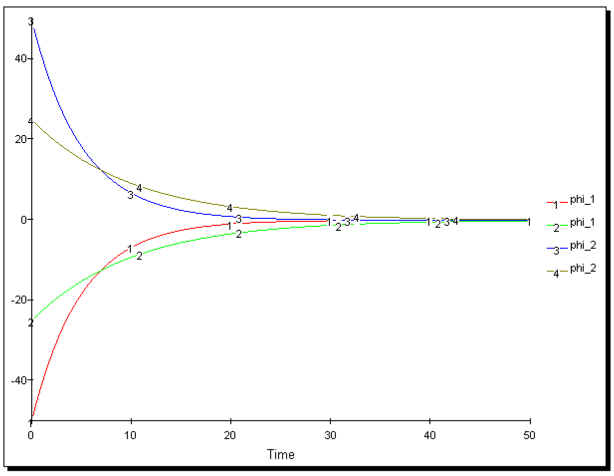
1a) Formuliere ein Powersim-Modell (Skizze und Terme) für 2 verscheiden große Kugelkondensatoren, die getrennt aufgeladen werden können und anschließend über einen Widerstand R miteinander verbunden werden.

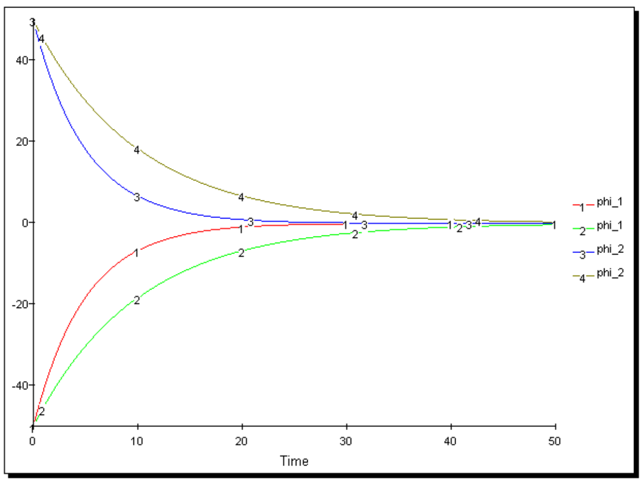



```
E_1
  INIT Q1_0^2/(2*C_1)
  -dt*P_1
E_2
  INIT Q2_0^2/(2*C_2)
  -dt*P_2
E_R
  INIT 0
  +dt*P_R
Q_1
  INIT Q1_0
  -dt*I
Q_2
  INIT Q2_0
  +dt*I
I
  = U/R
P_1
  = phi_1*I
P_2
  = -phi_2*I
P_R
  = R*I^2
E_ges
  = E_1+E_2+E_R
phi_1
  = Q_1/C_1
phi_2
  = Q_2/C_2
U
  = phi_1-phi_2
C_1
  = 0.00001
C_2
  = 0.00002
Q1_0
  = -0.0005
Q2_0
  = 0.0005
R
  = 1000000
```

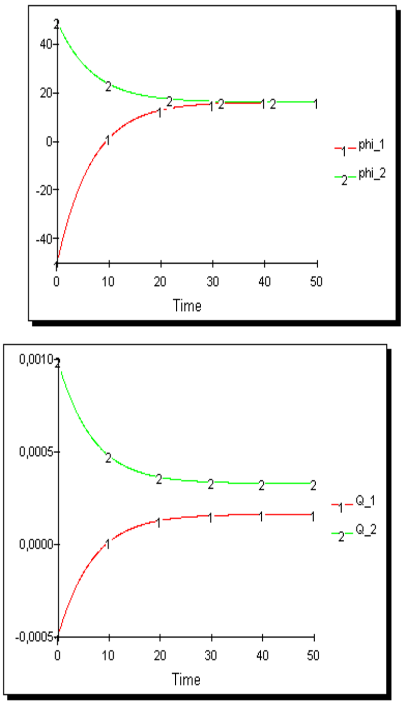
b) Ergänze das Modell (Skizze Terme) um diejenigen Symbole, die erforderlich sind, damit die Energie der Kugelkondensatoren berechnet wird.

c) Skizziere zunächst in beiden Koordinatensystemen die Q-t-Diagramme für gleiche Kugeln, d.h. gleiche Kapazitäten mit $Q_1(t = 0s) = - Q_2(t = 0s)$ mit einer Farbe.
Ergänze dann mit anderer Farbe im **linken** Koordinatensystem den Verlauf bei **höherer Kapazität** der Kugeln und gleicher **Anfangsladung** wie vorher.
Ergänze dann mit anderer Farbe im **rechten** Koordinatensystem den Verlauf bei **höherer Kapazität** der Kugeln und gleichem **Anfangspotenzial** wie vorher.

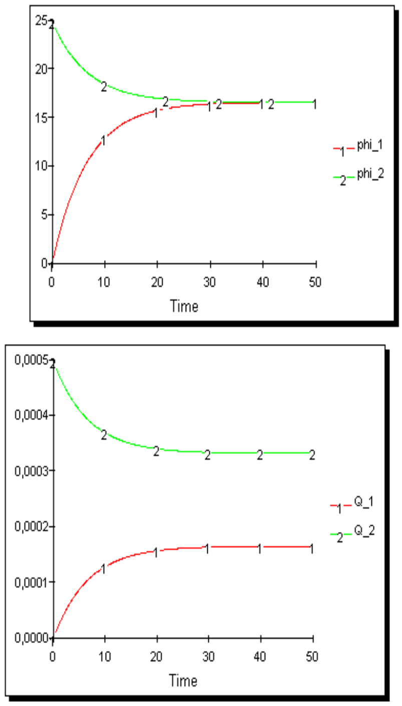




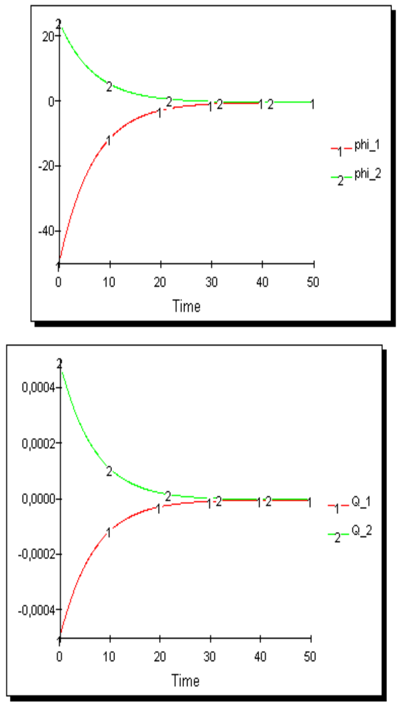
d) Erkläre die Form der Diagramme und ordne sie dadurch den folgenden Fällen A, B und C zu.



Abbildungen 1



Abbildungen 2



Abbildungen 3

A) verschiedene Kapazitäten ($C_2 = 2 \cdot C_1$), $Q_2(t = 0s) = 0C$.
Abbildungen: ***2***

Die Ladung Q_2 nimmt von 0C aus wenig zu, während Q_1 stark abnimmt, dies gilt auch für die Potenziale.

B) verschiedene Kapazitäten ($C_2 = 2 \cdot C_1$), entgegengesetzt gleiche Ladung am Anfang.
Abbildungen: ***3***

Aus dem Verhältnis der Ladungen folgt:

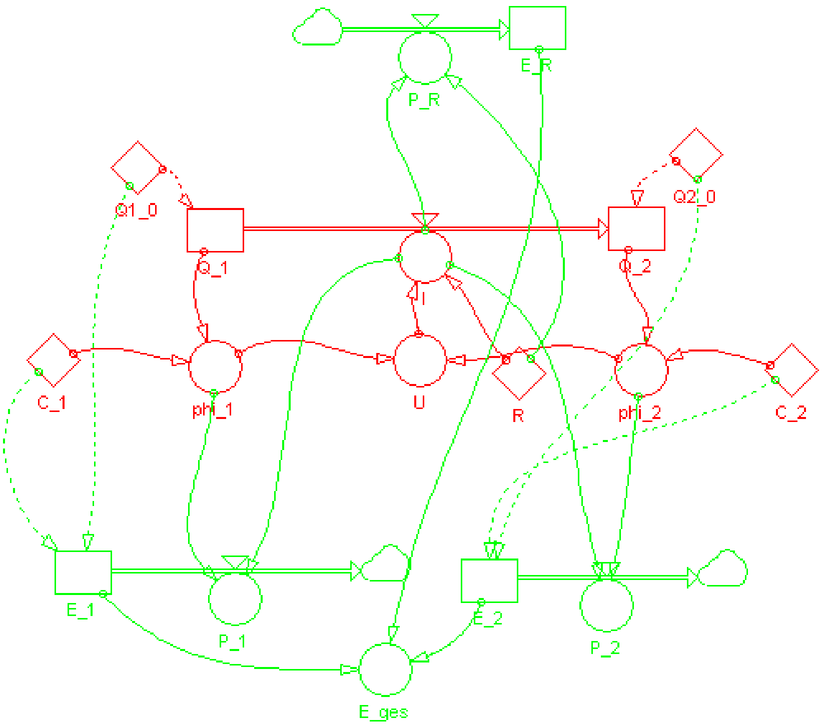
$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{Q_1 \cdot 2C}{C \cdot Q_2} = \frac{-Q \cdot 2 \cdot C}{C \cdot Q} = \frac{-2}{1} \Leftrightarrow \varphi_1 = -2\varphi_2$$

Da sich die Potenziale umgekehrt wie die Kapazitäten verhalten, heben sich die beiden Ladungsmengen gerade auf: $Q_{1,Ende} = Q_{2,Ende} = 0C$

C) verschiedene Kapazitäten ($C_2 = 2 \cdot C_1$), entgegengesetzt gleiches Potenzial am Anfang.
Abbildungen: ***1***

Die Ladung, die im Kondensator 1 hinzukommt ist gleich der Ladung, die bei Kondensator 2 verschwindet Q*. Für die Änderung der Potenziale gilt: $\Delta\varphi_1 = \frac{Q^*}{C} = -\frac{Q^*}{2 \cdot C} = -\frac{1}{2} \cdot \Delta\varphi_2$

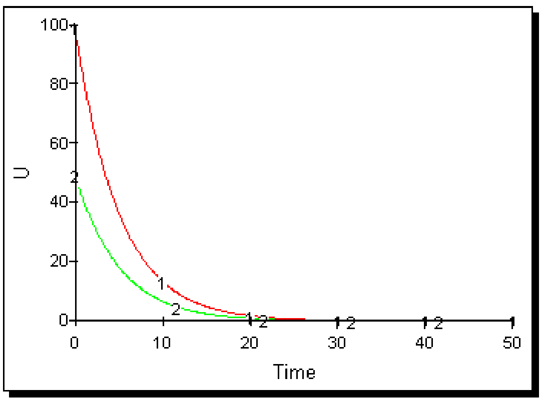
2a) Formuliere ein Powersim-Modell (Skizze und Terme) für 2 verscheiden große Kugelkondensatoren, die getrennt aufgeladen werden können und anschließend über einen Widerstand R miteinander verbunden werden.

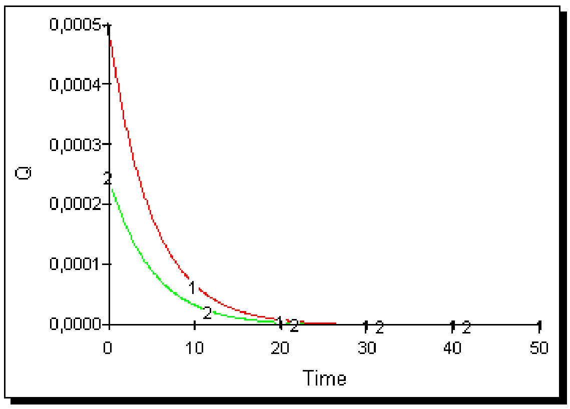



```
E_1
  INIT Q1_0^2/(2*C_1)
  -dt*P_1
E_2
  INIT Q2_0^2/(2*C_2)
  -dt*P_2
E_R
  INIT 0
  +dt*P_R
Q_1
  INIT Q1_0
  -dt*I
Q_2
  INIT Q2_0
  +dt*I
I
  = U/R
P_1
  = phi_1*I
P_2
  = -phi_2*I
P_R
  = R*I^2
E_ges
  = E_1+E_2+E_R
phi_1
  = Q_1/C_1
phi_2
  = Q_2/C_2
U
  = phi_1-phi_2
C_1
  = 0.00001
C_2
  = 0.00002
Q1_0
  = -0.0005
Q2_0
  = 0.0005
R
  = 1000000
```

b) Ergänze das Modell (Skizze Terme) um diejenigen Symbole, die erforderlich sind, damit die Energie der Kugelkondensatoren berechnet wird.

c) In allen Beispielen handelt es sich um Kugelkondensatoren gleicher Kapazität und entgegengesetzt gleicher Ladung. Gib jeweils an, wie die **neuen Werte** von Potenzial, Ladung, Kapazität und Widerstand im Vergleich zu den Bezugskurven sind: >, =, < oder ↑, =, ↓.
Bei **U und Q** sollen die Werte zum Zeitpunkt **t = 0s** verglichen werden.
(Die Bezugskurven -1- U und -1- Q sind bei allen Beispielen gleich.)



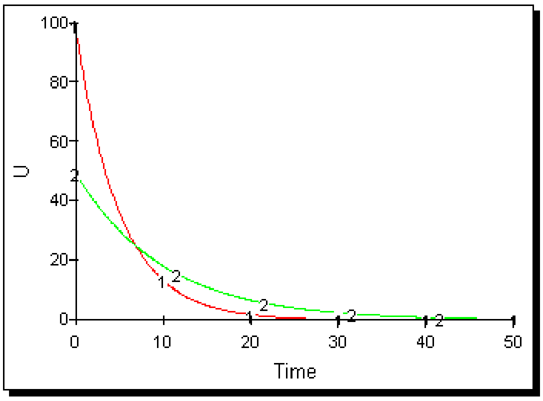


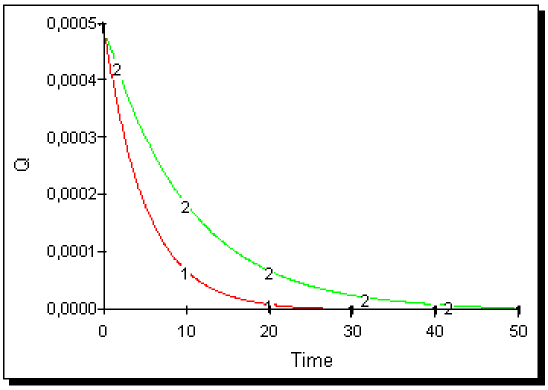
U(t = 0s) ↓

Q(t = 0s) ↓

C(neu) =

R(neu) =



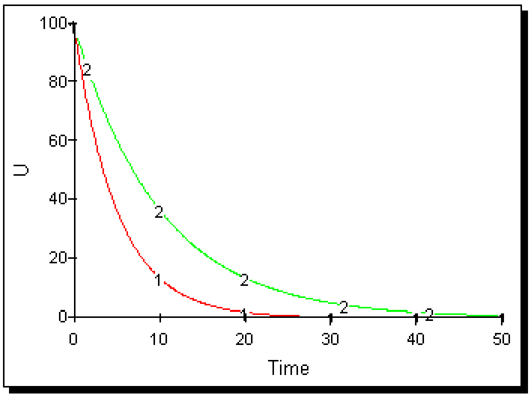


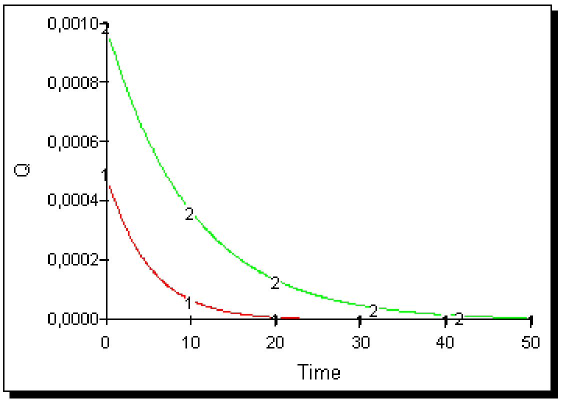
U(t = 0s) ↓

C (neu) ↑

Q(t = 0s) =

R (neu) =



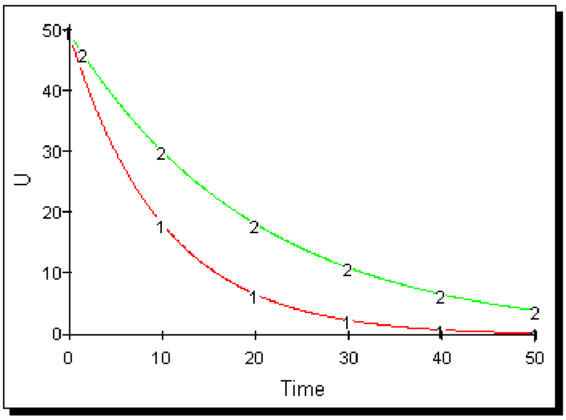


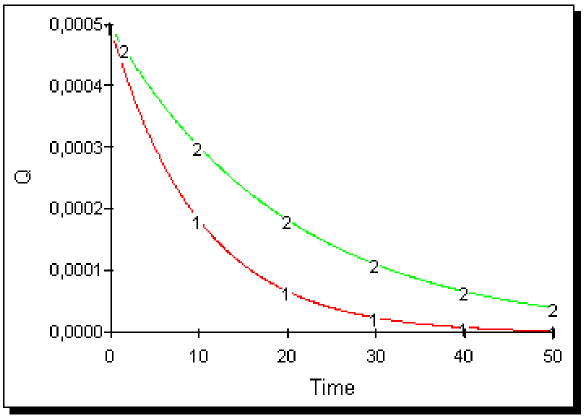
U(t = 0s) =

C (neu) ↑

Q(t = 0s) ↑

R (neu) =





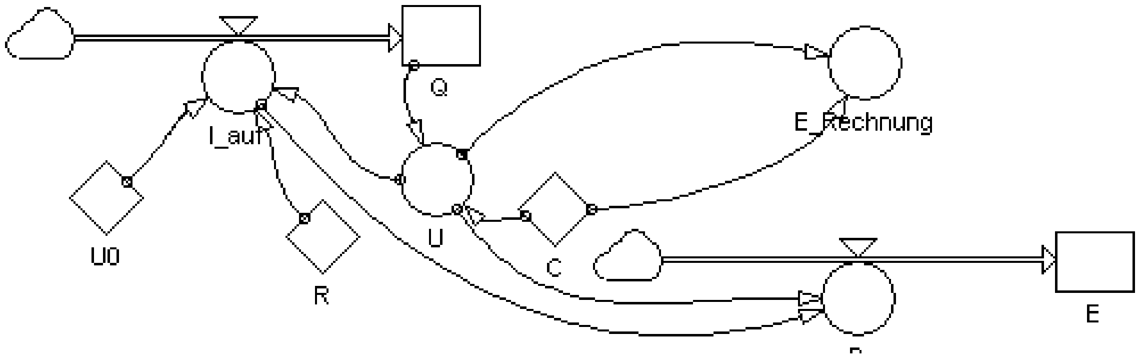
U(t = 0s) =

C (neu) =

Q(t = 0s) =

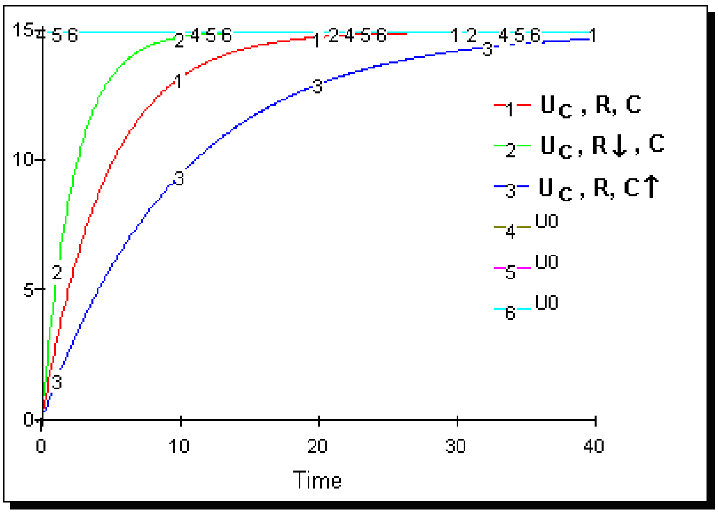
R (neu) ↑

3a) Formuliere ein Powersim-Modell für das **Aufladen** eines Kondensators durch ein angeschlossenes Netzteil der Spannung U_0.
Ergänze das Modell um diejenigen Symbole, die erforderlich sind, damit das Modell die Energie des Kondensators berechnet.



$$I\_auf = \frac{U_0 - U}{R} \quad U = \frac{Q}{C} \quad Q_{Start} = 0 \qquad P = U \cdot I\_auf \quad E_{Start} = 0 \;\; Oder\; E\_Rechnung = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

b) Skizziere ein U-t-Diagramm, das die Kondensatorspannung über der Zeit darstellt.
Wie ändert sich der Graph (mit anderer Farbe dazu zeichnen und angeben, welcher Graph wofür steht) bei einer Erhöhung von C und einer Verkleinerung von R?



c) Erkläre jeweils die Änderung des Diagramms gegenüber der ursprünglichen Kurve.

Kleinerer Widerstand R (gleiches C):
Bei gleichem Antrieb U_0-U_C ist die Stärke des Aufladestromes I_auf zu jedem Zeitpunkt stärker. Daher ist der Kondensator schneller aufgeladen.

Größere Kapazität C (gleicher Widerstand R):
Der Kondensator enthält bei gleicher Spannung U_C eine größere Ladungsmenge Q bzw. bei gleicher Ladungsmenge Q eine geringere Spannung U_C. Die Stärke des Aufladestromes I_auf bleibt aber gleich, weil er nicht von C abhängt. D.h. es dauert länger um dieselbe Spannung U_C zu erreichen bzw. nach derselben Zeit liegt eine geringere Spannung U_C vor.

Arbeitsblatt 2

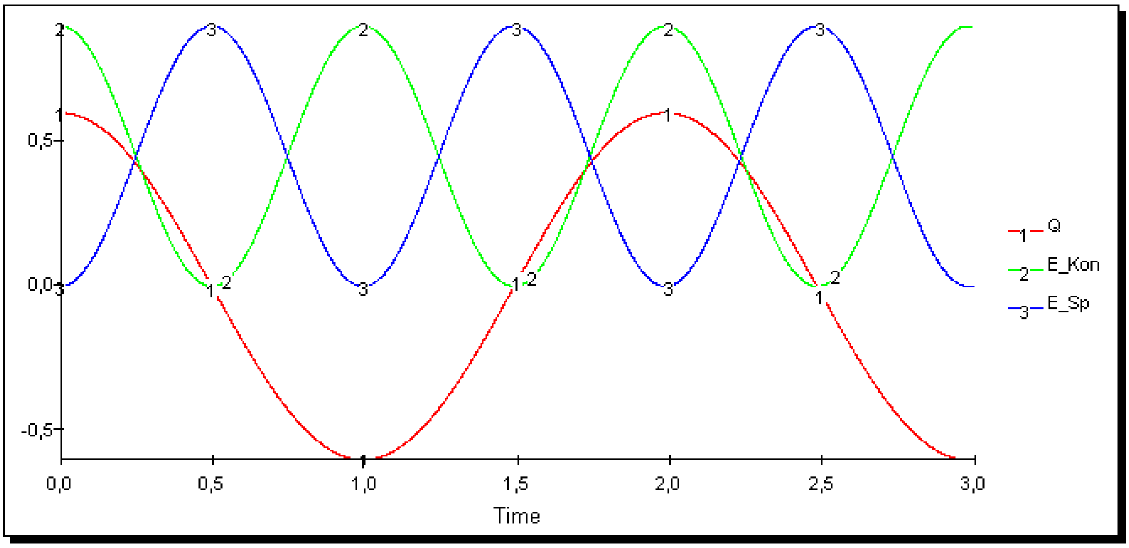


Diagramm 1

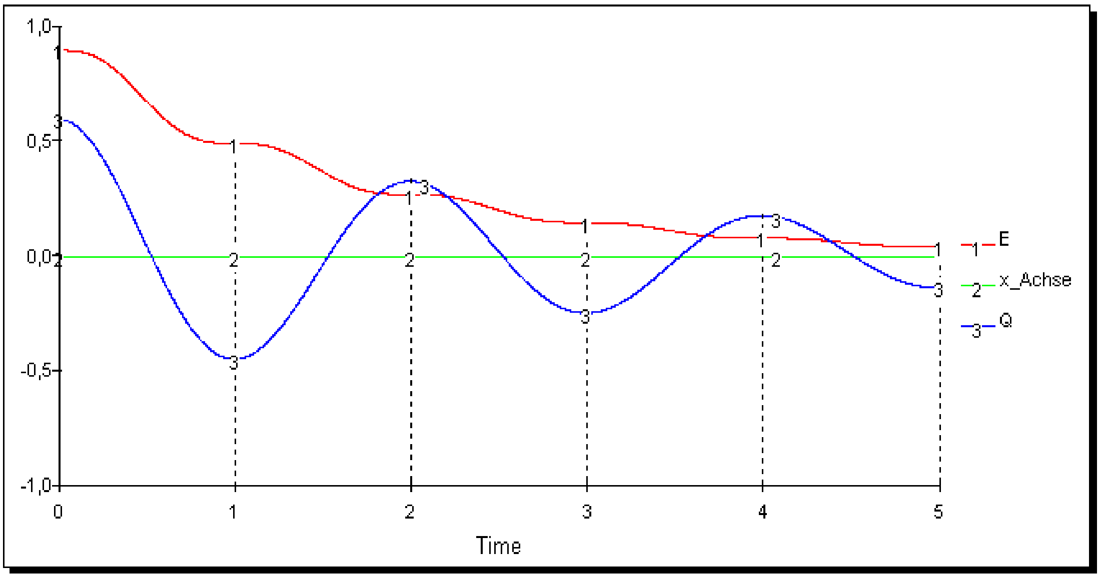
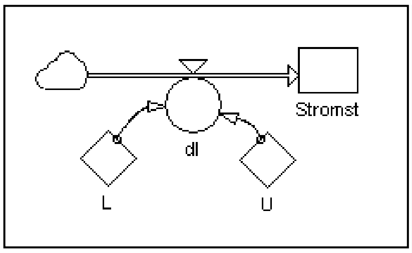
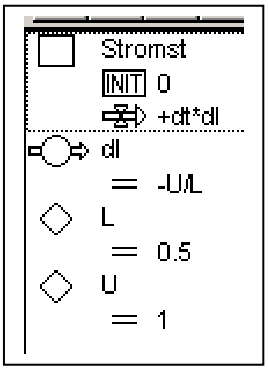


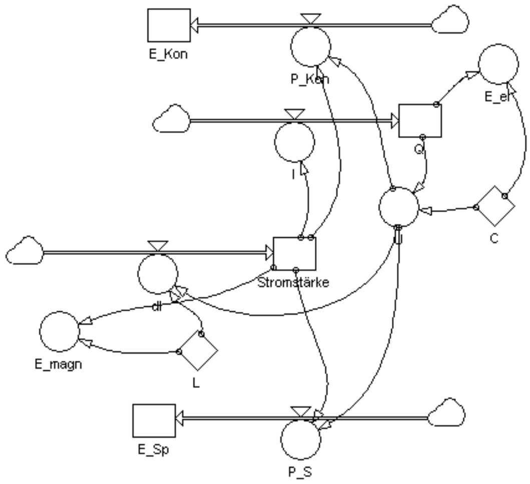
Diagramm 2

4c. Formuliere ein **POWERSIM-Modell*** für einen ungedämpften elektromagnetischen Schwingkreis (Das angegebene Teilmodell für eine Spule kann verwendet werden).
Füge mit einer anderen Farbe Teilmodelle ein, die jeweils die Energie in Spule und Kondensator berechnen.
Ergänze mit einer weiteren Farbe Kontrollgrößen, mit deren Hilfe überprüft werden kann, ob die Teilmodelle den korrekten Zusammenhang für die Energien liefern.





* ***Skizze mit Symbolen wie am Bildschirm, Werte bzw. Formeln aller Modellgrößen außerhalb der Skizze aufschreiben!***

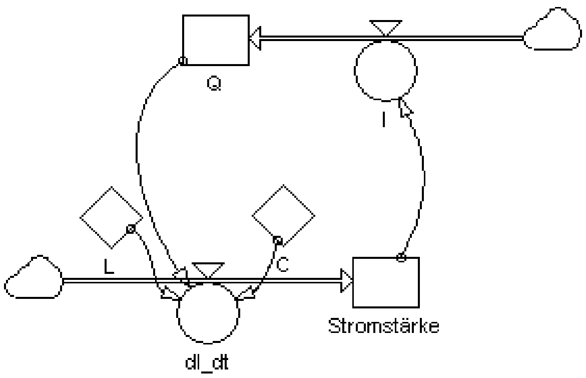


Startwerte:
Q = 0.6 (beliebiger Wert)
Stromstärke = 0
E_Kon = 0,9
E_Sp = 0
Konstante:
C = 0.2 (beliebiger Wert)
L = 0,5 (beliebiger Wert)
Rechengrößen:
U = Q/C
dI = -U/L
P_Kon = U*Stromstärke
P_Sp = -U*Stromstärke
E_el = Q²/(2C)
E_magn = ½ L*Stromstärke²

d. Welche Informationen über den jeweiligen Schwingkreis kann man aus den Diagrammen in Arbeitsblatt 2 entnehmen?

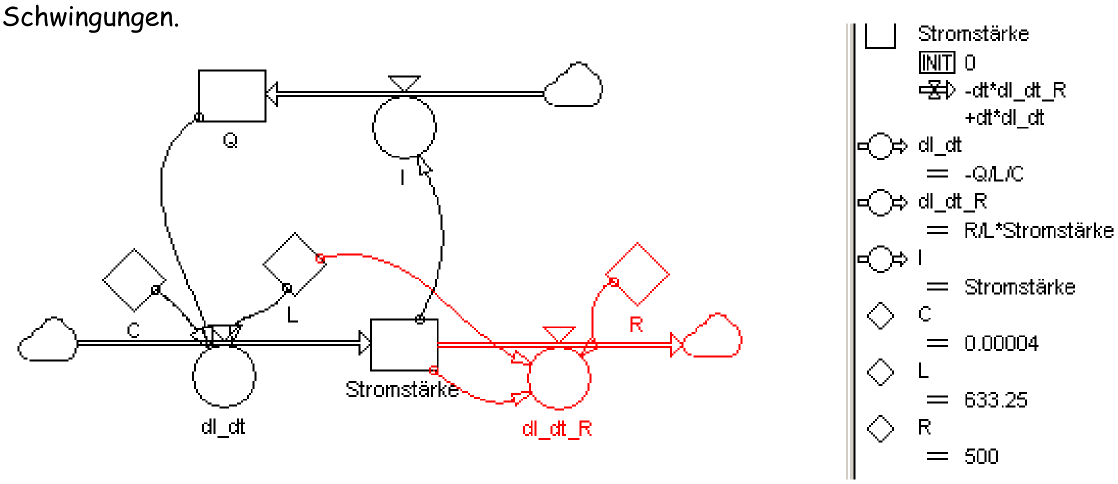
Diagramm 1: Es handelt sich um einen **ungedämpften** Schwingkreis (R = 0 Ω) weil die Maximalwerte von Ladung und Energie konstant bleiben. Die Ladung des Kondensators nimmt mit der Frequenz f ab und zu. Sie wechselt dabei zwischen positiven und negativen Werten (sie „schwappt" von einer Platte zur anderen). Während die Energie mit 2f zwischen Kondensator und Spule schwingt und dabei keine negativen Werte hat.
Diagramm 2: Es handelt sich um einen **gedämpften** Schwingkreis, weil die Gesamtenergie (oder der Betrag der Maximalwerte der Ladung) monoton abnimmt. Der Graph der Energie hat waagrechte Tangenten d.h. kurzzeitig keine Abnahme bei den Minima der Ladung d.h. bei den Nullstellen der Stromstärke, weil die Energieverluste proportional zur Stromstärke sind. Bei den Nullstellen der Ladung, d.h. bei den Maxima der Stromstärke hat der Graph der Energie entsprechend maximales Gefälle .

5b) Erstelle ein neues POWERSIM-Modell* für **elektromagnetische** Schwingungen.

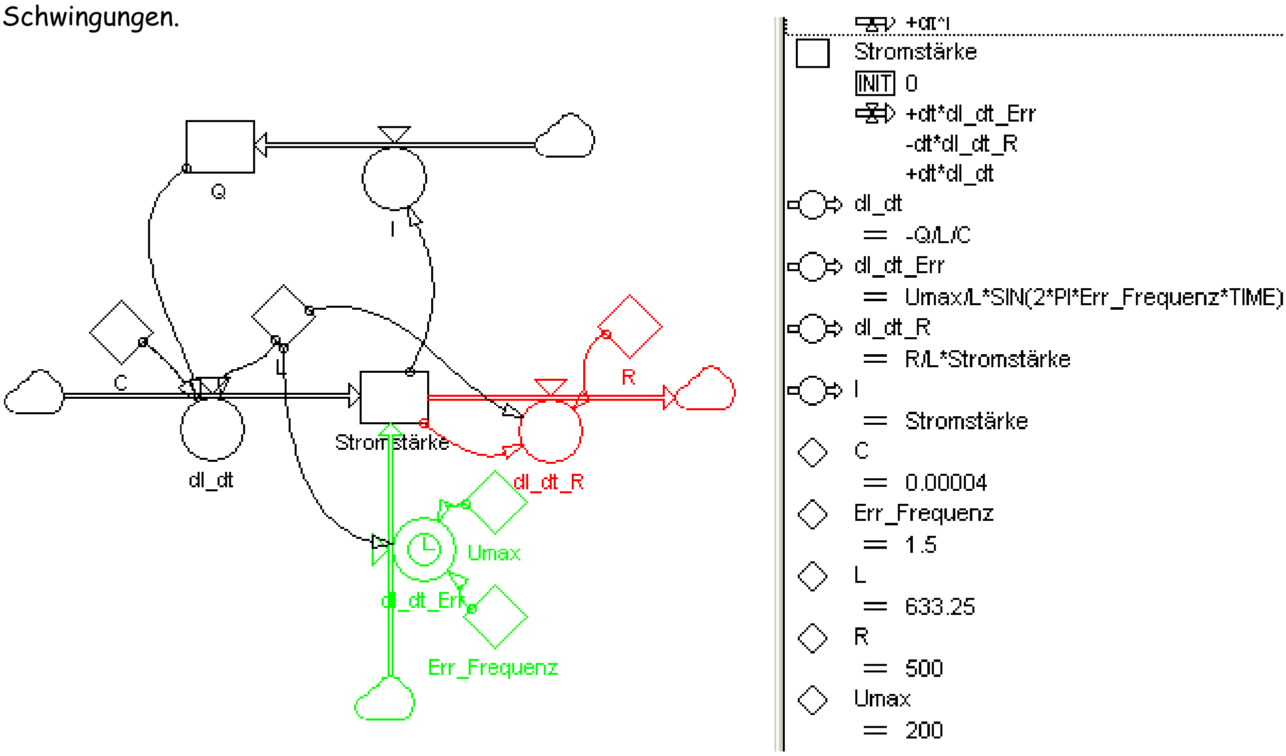


Q
INIT 0.3
+dt*I
Stromstärke
INIT 0
+dt*dI_dt
dI_dt
= -Q/L/C
I
= Stromstärke
C
= 0.000001
L
= 0.002

c) Ergänze das Modell* aus b) mit einer anderen Farbe für **gedämpfte** elektromagnetische Schwingungen.

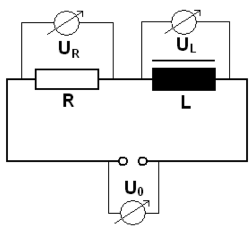


d) Ergänze das Modell* aus c) mit einer weiteren Farbe für **erzwungene** elektromagnetische Schwingungen.

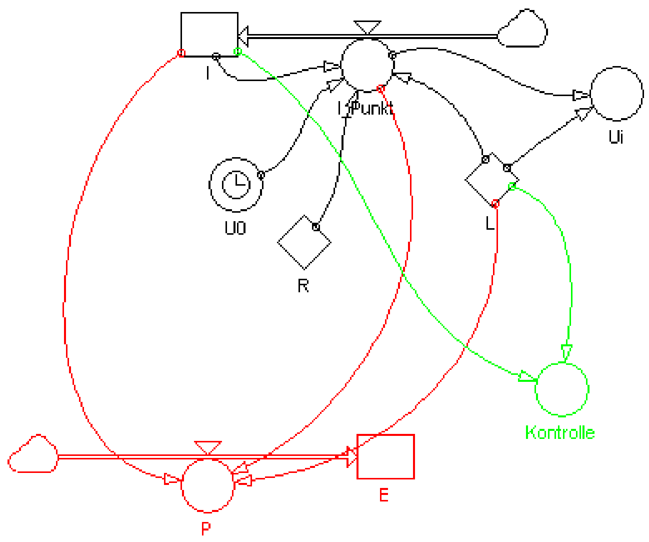


* ***Skizze mit Symbolen wie am Bildschirm, Werte bzw. Formeln aller Modellgrößen außerhalb der Skizze aufschreiben!***

6b. Formuliere ein POWERSIM-Modell* für Selbstinduktion einer Spule.
Hinweis: Man kann sich den ohmschen Widerstand R der Spule in Reihe zur widerstandsfreien Spule denken.
Verwende den Ansatz der Spannungen im Stromkreis und löse nach $\dot{I}$ auf.
Füge mit einer anderen Farbe ein Teilmodell ein, das die im Feld der Spule gespeicherte Energie berechnet.
Leite eine Formel für die Energie einer Spule her (Hinweis: die nach dem Abschalten der Quelle von der Spule abgegebene Energie) und füge sie zur Kontrolle mit einer weiteren Farbe in das Modell ein. Ergänze dabei auch die entsprechenden Verbindungen, damit überprüft werden kann, ob das Teilmodell den korrekten Zusammenhang für die Energie der Spule liefert.



* ***Skizze mit Symbolen wie am Bildschirm, Werte bzw. Formeln aller Modellgrößen außerhalb der Skizze aufschreiben!***



E
INIT 0
+dt*P
I
INIT 0
+dt*I_Punkt
I_Punkt
= (U0-R*I)/L
P
= I*L*I_Punkt
Kontrolle
= 1/2*L*I^2
U0
= IF(TIME < 12, 10, 0)
Ui
= -L*I_Punkt
L
= 50
R
= 25

Arbeitsblatt 2

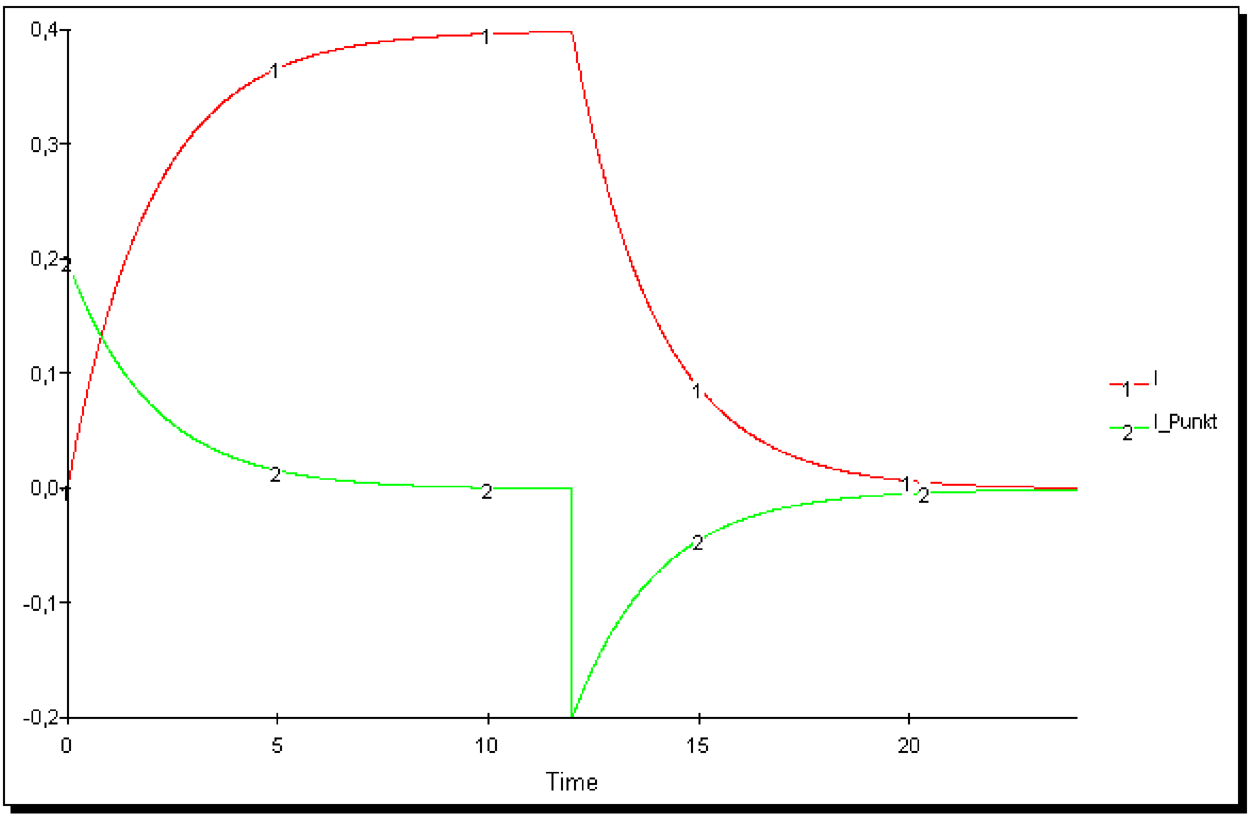


Diagramm 1

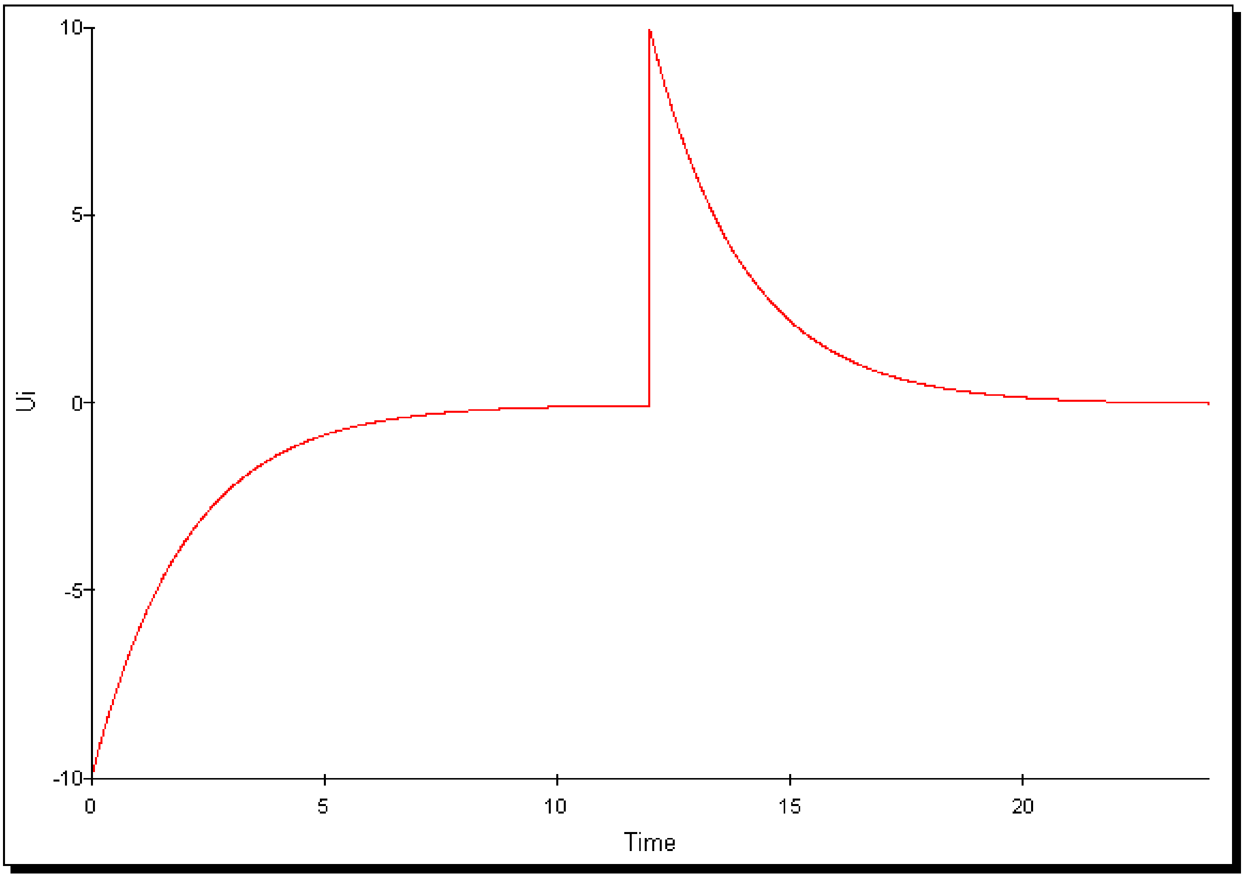


Diagramm 2

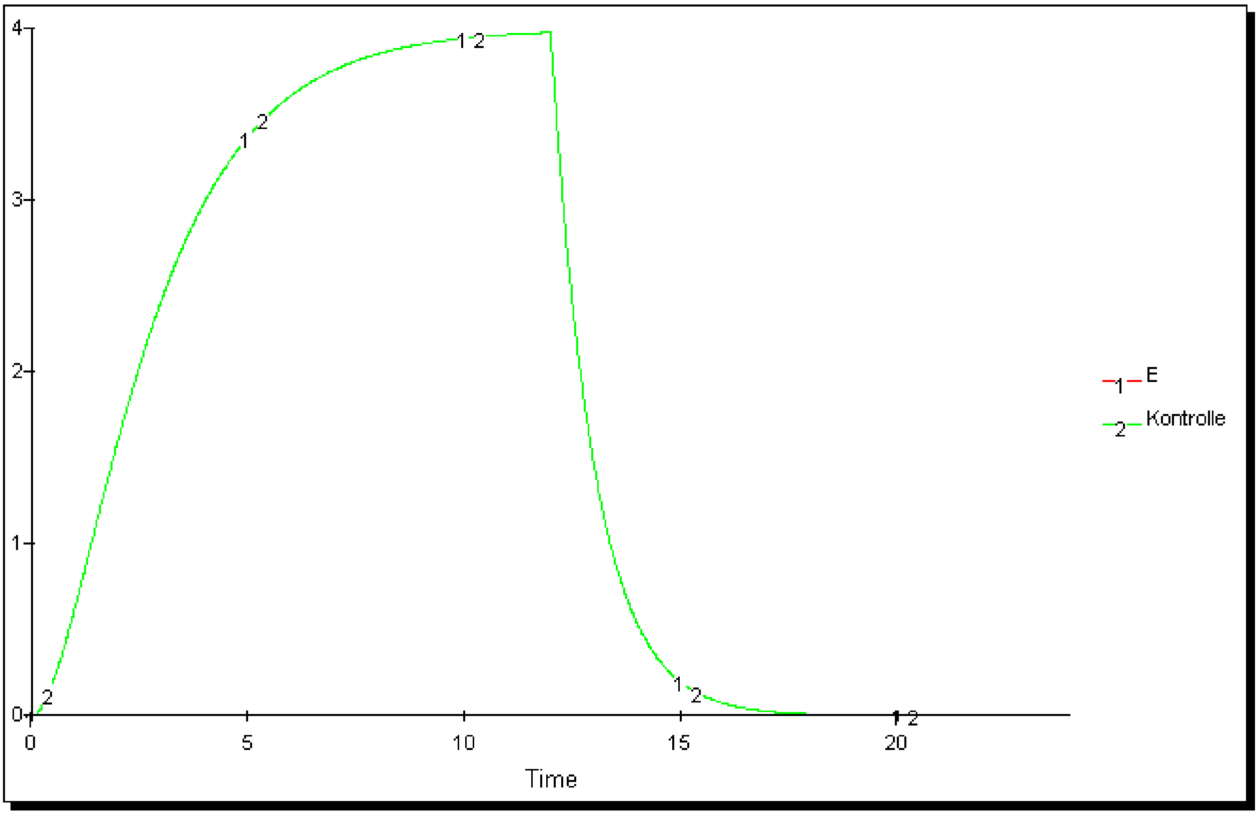


Diagramm 3

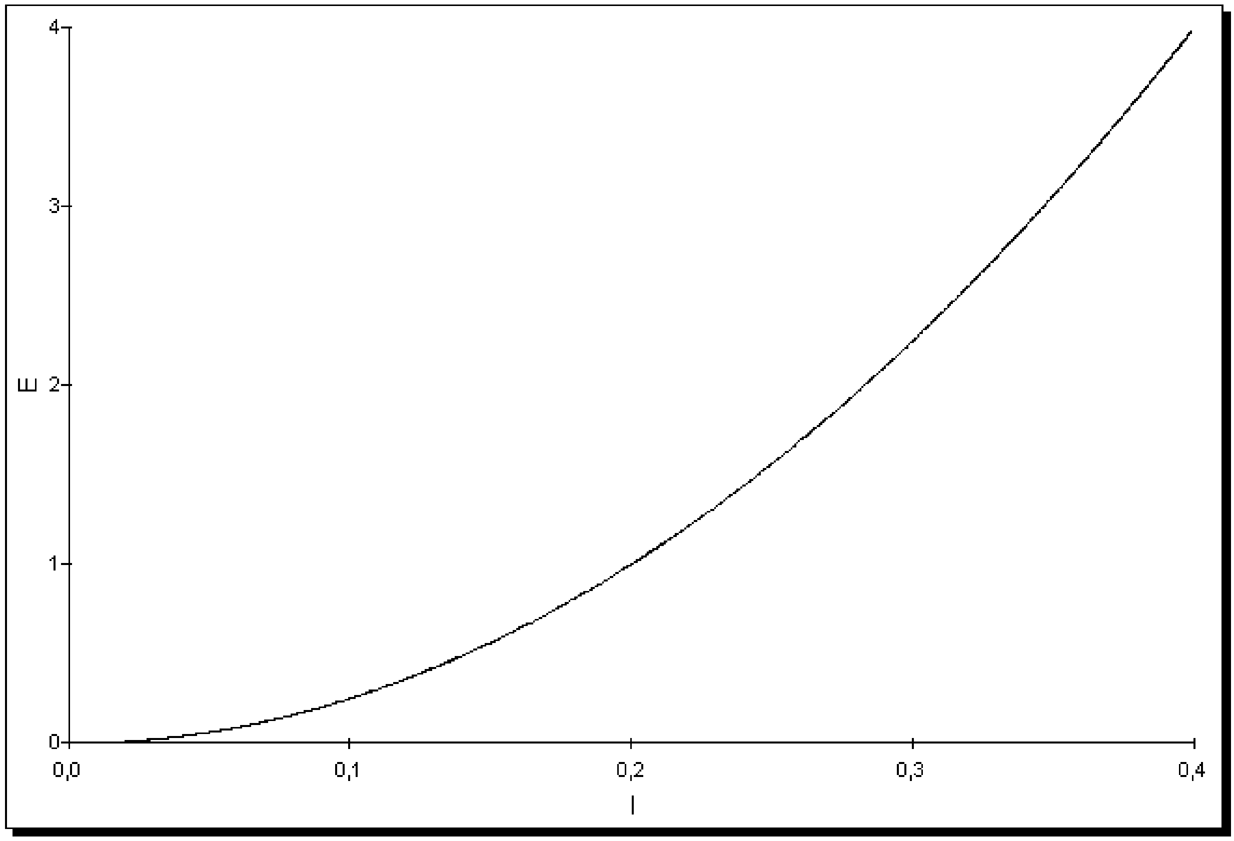


Diagramm 4

c. Ermittle aus den Diagrammen auf Arbeitsblatt 2 U_0, R und L. Beschreibe Deine Vorgehensweise.

Aus Diagramm 2 entnimmt man $U_0 = 10V$ (Wert von U bei aufgebautem Feld unmittelbar vor dem Ausschalten). Aus dem Diagramm 1 entnimmt man $I_{\max} = 0{,}4\,A$ (Wert von I bei vollständig aufgebautem Feld).

Für *R* gilt: $R = \dfrac{U_0}{I_{\max}} = \dfrac{10V}{0{,}4\,A} = 25\Omega$.

Für *L* gilt: $L = \dfrac{U_0 - R \cdot I}{\dot{I}}$. Aus Diagramm 1 entnimmt man z.B. , dass $\dot{I} = 0{,}2\,\frac{A}{s}$ ist bei $I = 0A$.

Daraus folgt $L = \dfrac{10V - 0V}{0{,}2\,\frac{A}{s}} = 50H$.