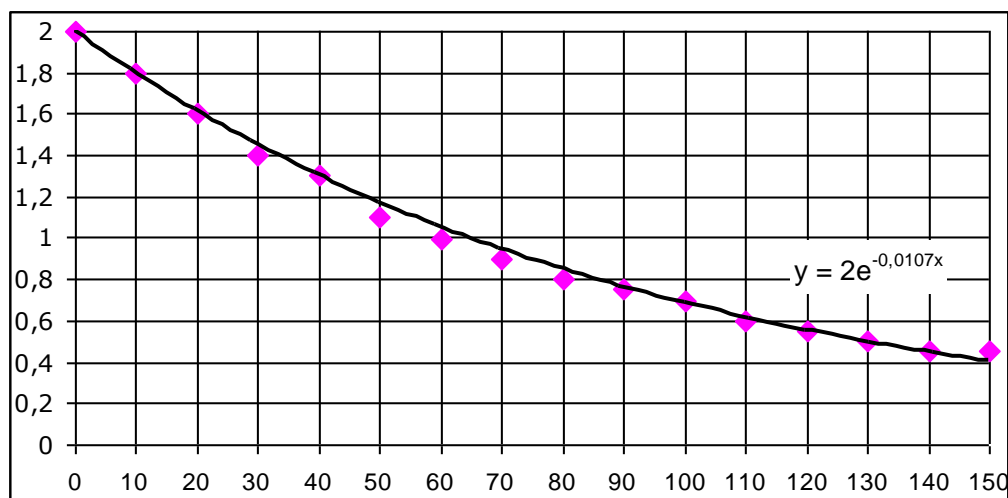


# MATHE 364

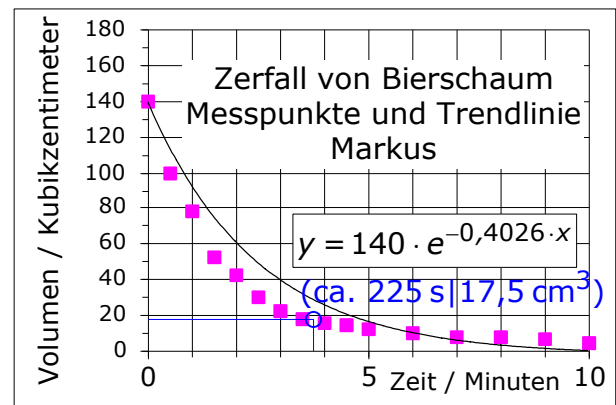
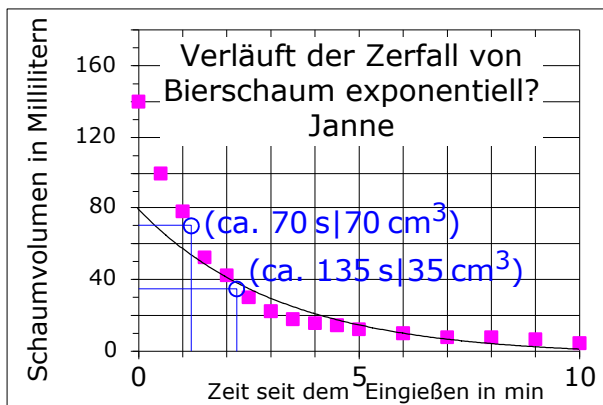
## 05.11. radioaktiver Zerfall und Zerfall von Bierschaum

Die 10 a hat gestern den Zerfall von Bierschaum untersucht und darf heute gemeinsam mit dem Oberstufen-Physik-Kurs den radioaktiven Zerfall von Radon untersuchen.

Zeit in Sekunden	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Ionenstrom in Skalenteilen	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,45
Ausgleichs-kurve	2	1,80		1,45	1,30	1,17		0,95	0,85	0,76	0,69	0,62		0,50	0,45	



a) **Bestimme** aus dem Diagramm oder aus der Tabelle die Halbwertszeit von Radon.



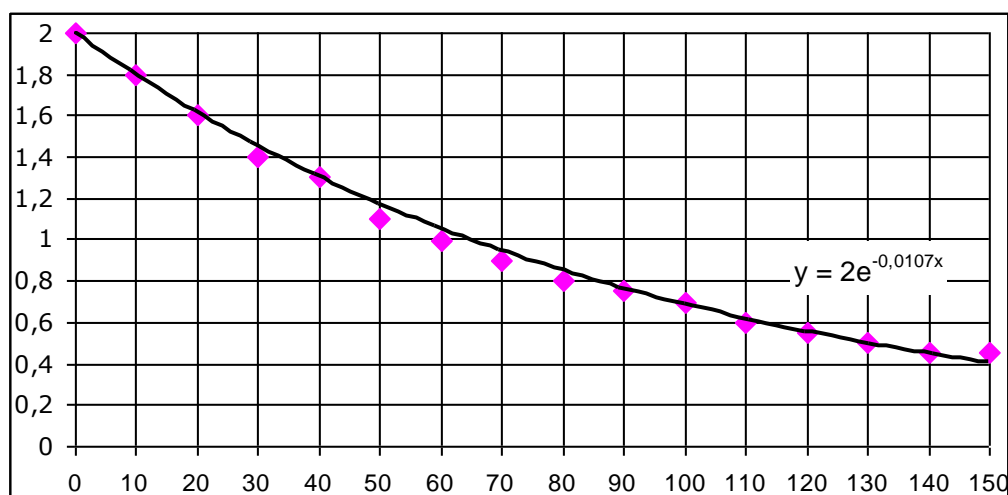
b) **Weise nach**, dass der Zerfall von Bierschaum nicht exakt exponentiell verläuft.

c) Das Tabellenkalkulationsprogramm gibt die Funktionsgleichung der Ausgleichskurve in der Form  $y = 2 \cdot e^{-0,0107 \cdot x}$  an. Weil die 10. Klasse die Eulersche Zahl  $e \approx 2,71828$  nicht kennt, stellt der Lehrer die Funktionsgleichung als  $f(x) = 2 \cdot 0,989357041^x$  dar. **Berechne** mindestens zwei fehlende Werte.

**Vergleiche** Datenpunkte und Ausgleichskurve. **Weise nach**, dass beide Darstellungen die gleiche Kurve beschreiben.

Die 10 a hat gestern den Zerfall von Bierschaum untersucht und darf heute gemeinsam mit dem Oberstufen-Physik-Kurs den radioaktiven Zerfall von Radon untersuchen.

Zeit in Sekunden	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Ionenstrom in Skalenteilen	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,45
Ausgleichskurve	2	1,80	1,61	1,45	1,30	1,17	1,05	0,95	0,85	0,76	0,69	0,62	0,55	0,50	0,45	0,40



- a) Bestimme** aus dem Diagramm oder aus der Tabelle die Halbwertszeit von Radon.  
 z. B. Abnahme von 2 auf 1 in 60 Sekunden, Abnahme von 1,8 auf 0,9 in 60 s,  
 von 1,6 auf 0,8 in 60 s, Abnahme von 1,4 auf 0,7 in 70 s, von 1 auf 0,5 in 70 s  
 Vorgriff auf die Lösung von **c)**:

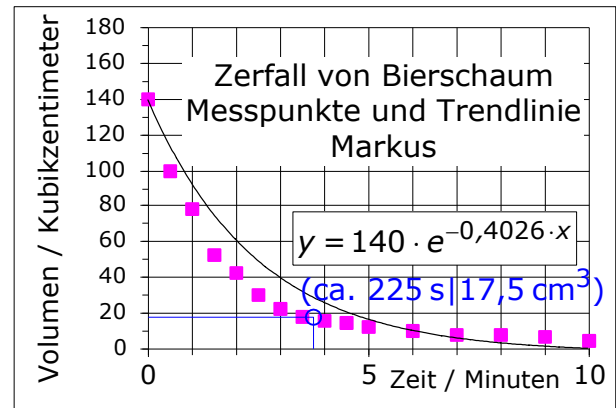
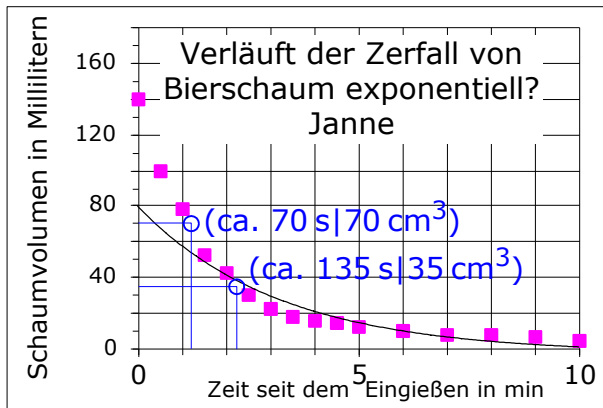
Der Lehrer hat den Funktionsterm der Ausgleichskurve für die 10 a in die Form  $2 \cdot 0,9893570413^x$  übersetzt.

Die Gleichung  $2 \cdot 0,9893570413^x = 1$  fragt, nach welcher Zeit  $x$  der Messwert nur noch halb so groß ist wie zu Beginn. Mit Hilfe der Logarithmus-Taste des Taschenrechners kann diese Gleichung nach  $x$  aufgelöst werden.

$$\begin{aligned}
 2 \cdot 0,9893570413^x &= 1 && |:2 \\
 \Leftrightarrow 0,9893570413^x &= \frac{1}{2} && |\log \\
 \Leftrightarrow \log 0,9893570413\left(\frac{1}{2}\right) &= x \\
 \Leftrightarrow x &\approx 64,78010989
 \end{aligned}$$

Die Ausgleichskurve berücksichtigt alle Datenpunkte. Daraus ergibt sich eine Halbwertszeit von ca. 65 Sekunden.

**b) und c)** siehe nächste Seiten



**b) Weise nach,** dass der Zerfall von Bierschaum nicht exakt exponentiell verläuft.  
mögliche Argumente

- „Das sieht man“

Jane und Markus haben mit der Tabellenkalkulation zu den Datenpunkten eine Ausgleichskurve („Trendlinie“) zeichnen lassen. Janne hat alle Datenpunkte gleichmaßen berücksichtigen lassen. Markus hat ein Häkchen gesetzt um zu erreichen, dass die Ausgleichskurve durch den ersten Datenpunkt geht.

Jannes Ausgleichskurve verläuft anfangs unter den Datenpunkten, nach der Hälfte der Zeit über den Datenpunkten.

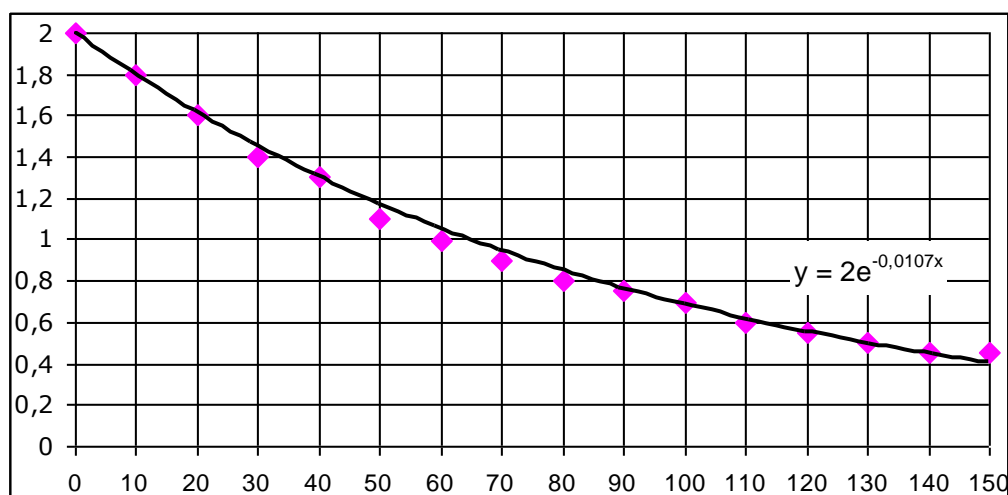
Markus' Ausgleichskurve beginnt im ersten Datenpunkt, verläuft dann oberhalb der Datenpunkte und im letzten Drittel der Zeit unter den Datenpunkten.

- Es gibt keine einheitliche Halbwertszeit, sondern sie verringert sich zunehmend  
Abnahme von 140 ml auf 70 ml in ca. 70 Sekunden  
Abnahme von 140 ml auf 35 ml in ca. 135 s (2 Halbwertszeiten), also 67,5 s  
Abnahme von 140 ml auf 15,5 ml in ca. 225 s (4 Halbwertszeiten), also ca. 56 s

**c) siehe nächste Seite**

Die 10 a hat gestern den Zerfall von Bierschaum untersucht und darf heute gemeinsam mit dem Oberstufen-Physik-Kurs den radioaktiven Zerfall von Radon untersuchen.

Zeit in Sekunden	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Ionenstrom in Skalenteilen	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,45
Ausgleichskurve	2	1,80	1,61	1,45	1,30	1,17	1,05	0,95	0,85	0,76	0,69	0,62	0,55	0,50	0,45	0,40



- c) Das Tabellenkalkulationsprogramm gibt die Funktionsgleichung der Ausgleichskurve in der Form  $y = 2 \cdot e^{-0,0107 \cdot x}$  an. Weil die 10. Klasse die Eulersche Zahl  $e \approx 2,71828$  nicht kennt, stellt der Lehrer die Funktionsgleichung als  $f(x) = 2 \cdot 0,9893570413^x$  dar.

**Berechne** mindestens zwei fehlende Werte. [siehe Tabelle](#)

**Vergleiche** Datenpunkte und Ausgleichskurve. Die Datenpunkte liegen zum Teil unter der Kurve, zum Teil darauf, zum Teil unterhalb. In der Mitte liegen mehrere benachbarte Datenpunkte unter der Kurve. Insgesamt beschreibt die Ausgleichskurve die Abnahme der Messwerte mit der Zeit ziemlich gut.

**Weise nach**, dass beide Darstellungen die gleiche Kurve beschreiben.

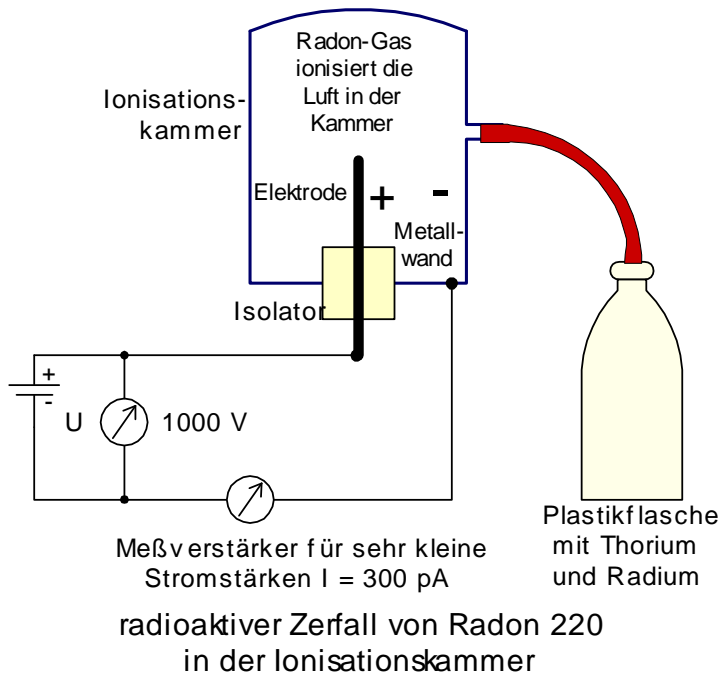
- „Das sieht man“, siehe Vergleich von Datenpunkten und Ausgleichskurve.
- Stichprobenartiger Vergleich der Werte von  $2 \cdot 0,9893570413^x$  und  $2 \cdot e^{-0,0107 \cdot x}$  durch Einsetzen von verschiedenen Werten für  $x$ .
- Berechnung mit dem Taschenrechner  $e^{-0,0107} \approx 0,9893570413$

**Anhang:** Die nächsten beiden Seiten informieren über physikalische Hintergründe.

## Radioaktiver Zerfall

Im Physikraum der Käthe-Kollwitz-Schule Kiel wurde folgender Versuch durchgeführt:

Radioaktives Radon-Gas wird in eine Metallkammer geblasen.



Zwischen der Außenwand der Kammer und einem isolierten Metallstift im Innern der Kammer liegt eine Hochspannung an. Befindet sich nur Luft in der Kammer, fließt kein Strom. Die neutrale Luft isoliert sehr gut.

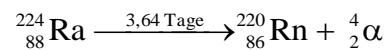
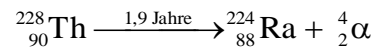
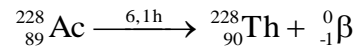
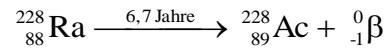
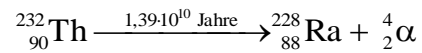
Das radioaktive Gas in der Kammer sendet Alphastrahlen aus, die die Luft ionisieren. Die Moleküle der Luft werden also zerschlagen, und dabei werden negative und positive Ionen sowie Elektronen freigesetzt. Diese Ionen wandern zum Pluspol, dem Metallstift bzw. zur Innenwand der Kammer, dem Minuspol. Ein Strom fließt.

Wenn die Flasche zusammengedrückt wird, etwa dreimal, steigt die gemessene Stromstärke jedesmal an. Anschließend nimmt die Stromstärke allmählich ab, wobei der Zeiger unregelmäßig schwankt. Die Ursache für die Abnahme der Stromstärke ist der Zerfall der Radon-Atome: Die Zahl der Radon-Atome nimmt allmählich ab (in der ersten Sekunde zerfallen etwa 3000 Radon-Atome). Nach einiger Zeit ist nur noch die Hälfte der eingeblasenen Radon-Atome vorhanden (die anderen haben sich in Polonium umgewandelt). Nun zerfallen nur noch ca. 1500 Atome pro Sekunde, die Stromstärke ist auf die Hälfte gesunken. Man nennt diese Zeit die Halbwertszeit von Radon. Auch das Schwanken des Zeigers ist verständlich: Bei nur 3000 pro Sekunde sind es mal ein paar mehr oder ein paar weniger, die pro Sekunde zerfallen.

### Was ist in der Flasche?

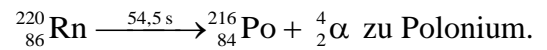
Das Radon-Gas kommt aus einer Plastikflasche, die man zusammendrückt. Wie kommt das Gas in die Flasche?

Es wird dort ständig produziert: In der Flasche befindet sich Thorium-Salz in einem staubdichten Stoffbeutel. Das Thorium zerfällt zu Radium 228, das Radium zu Actinium, das Actinium wieder zu Thorium, aber zu einem anderen Isotop. Das Thorium 228 zerfällt zu Radium 224. Und das Radium zerfällt zu Radon. Das ist das Gas, das laufend in der Flasche produziert wird.



### Wie viel Radioaktivität?

Das Radon-Gas in der Kammer zerfällt nach der Gleichung



Jedes zerfallende Atom gibt ein Strahlungsteilchen ab. Diese  $\alpha$ -Teilchen schießen mit hoher Geschwindigkeit durch die Luft. Sie haben 6,28 MeV Energie. Damit zerschlagen sie etwa 200000 Luftmoleküle und setzen etwa 400000 Ladungsträger frei, bevor sie zum Stillstand kommen.

Ein Ladungsträger transportiert die Ladungsmenge  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ . Es wird ein Strom von  $2,0 \cdot 10^{-10} \text{ A}$  gemessen. In jeder Sekunde werden also 1,25 Milliarden Ladungsträger erzeugt.

Da jedes  $\alpha$ -Teilchen 400000 Ladungsträger freisetzt, zerfallen also anfänglich 3100 Atome in jeder Sekunde. Die Aktivität in der Kammer ist also ca. 300 Bq (Becquerel).

Für die Messung wurde einfach alle 10 Sekunden die Stromstärke angelesen.

### Aufgaben:

- 1) Lesen Sie die Halbwertszeit ab. Verwenden Sie dazu mehrere verschiedene Wertepaare.
- 2) Die Schwankungen des Zeigers lassen keine glatte Kurve zu. Führen Sie eine Auswertung mit der Tabellenkalkulation durch. Lassen Sie eine Ausgleichskurve („Trendlinie“) zeichnen und deren Funktionsgleichung im Diagramm angeben.
- 3) Wie viele Radon-Atome befanden sich anfänglich in der Kammer?

	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5	Messung Nr.	Zeit t	Stromstärke I
6		in Sekunden	in Skalenteilen
7	0	0	2
8	1	10	1,8
9	2	20	1,6
10	3	30	1,4
11	4	40	1,3
12	5	50	1,1
13	6	60	1
14	7	70	0,9
15	8	80	0,8
16	9	90	0,75
17	10	100	0,7
18	11	110	0,6
19	12	120	0,55
20	13	130	0,5
21	14	140	0,45
22	15	150	0,45

