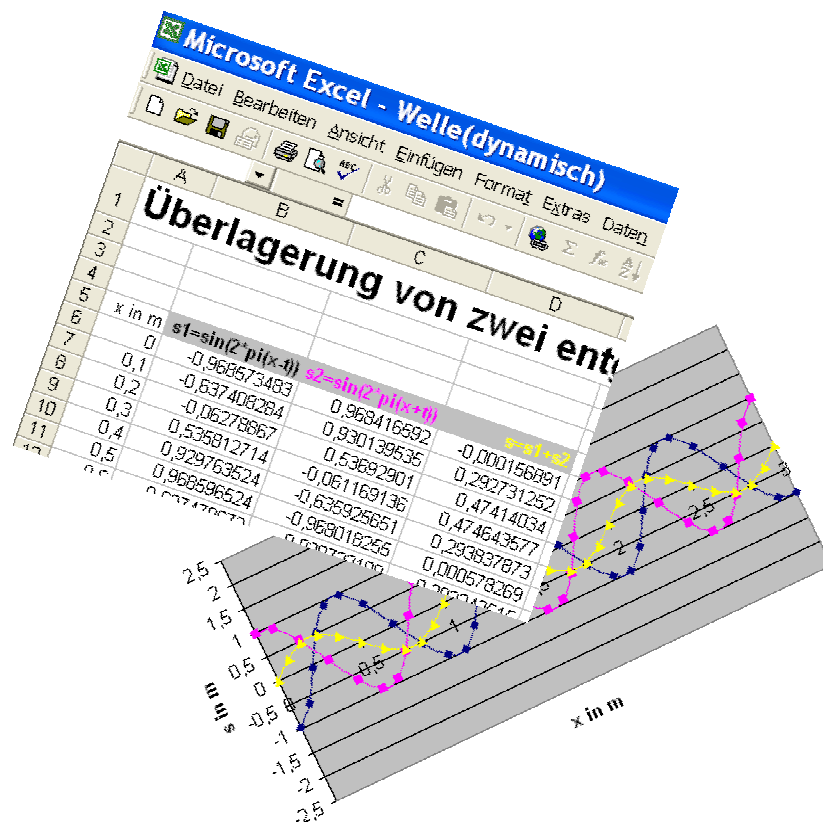


Einsatz von EXCEL im Physikunterricht

(Nicht nur für Anfänger!)



G. Heinrichs (Mönchengladbach)

Fachmoderator für Physik am Gymnasium bei der Bezirksregierung in Düsseldorf

Grundlagen der Tabellenkalkulation

Eine Tabellenkalkulation erstellt man auf einem Rechenblatt, das in Zeilen und Spalten eingeteilt ist. Dadurch entstehen **Felder**, die durch Spalten- und Zeilenangaben eindeutig gekennzeichnet werden können. Die Spalten werden durch große Buchstaben, die Zeilen durch Zahlen beschrieben - ganz ähnlich wie bei einem Schachbrett. Das Feld, das in der 2. Spalte und der 6. Zeile liegt, hat die **Adresse B6**; sein **Inhalt** ist "Kalmann" (vgl. Abb.). Ein Feld besitzt also eine (Feld-)Adresse und einen (Feld-)Inhalt. Manchmal spricht man auch von Zellen anstatt von Feldern.

	A	B	C	D	E
1	Notenliste der Klasse 14 a				
2					
3				schriftliche Noten	
4	Schülernummer	Name	Vorname	1	2
5					
6	25096	Kalmann	Bernd	3	6
7	23567	Müllerbach	Mathilde	5	4
8	35473	Sandberg	Sinlinda	4	3

In die einzelnen Felder können Zahlen, Texte oder Formeln eingegeben werden. Beginnt eine Eingabe mit einem Buchstaben, wird sie automatisch als Text interpretiert und kann bei freiem Nachbarfeld auch länger als die Spaltenbreite sein. Für markierte Felder können über das Format-Menü verschiedene **Zahlenformate** oder **Schriftattribute** (Schriftart, Schriftstil) gewählt werden. Ebenso lässt sich über dieses Menü die Breite und die Höhe einer Spalte bzw. Zeile einstellen; allerdings geht dies viel einfacher auch mithilfe der Maus und der **Adressierleisten**.

Ein **Bereich** kann durch die Angabe der linken oberen Ecke und rechten unteren Ecke angegeben werden, z. B. B3:F7. Einzelne Bereiche oder ganze Bereiche können über das Menü Bearbeiten mit einem Namen (Variablen) benannt werden. Dieser Namen kann dann in Formeln benutzt werden.

Bereits beschriebene Felder können markiert und dann nach Betätigen der F2-Taste bearbeitet (bzw. editiert) werden. Alternativ kann das entsprechende Feld auch angeklickt werden; sein Inhalt erscheint dann in der **Editierzeile**.

Formeln beginnen immer mit einem Gleichheitszeichen. Es können Felder mit den Grundrechenarten verknüpft oder auch spezielle **Funktionen** von EXCEL benutzt werden. Beispiele:

=A1*(A2+B3) oder =SUMME(B1,B2) oder =MAX(X13:Z700)

Dabei können die Einträge für die Adressen über die Tastatur eingetippt werden. Sie können aber auch mithilfe der Cursortasten oder der Maus eingegeben werden, indem man die entsprechenden Felder anfährt bzw. anklickt, nachdem das Gleichheitszeichen geschrieben worden ist; danach das nächste Rechenzeichen, Trennzeichen (:) oder Klammer tippen! Abschluss einer Formel mit <RETURN> bzw. <ENTER>.

Der Vorteil der Tabellenkalkulation: Wird eine Eingabe geändert, so werden alle Formeln, die von dieser Eingabe abhängen, sofort neu berechnet; man erhält also immer eine aktuelle Tabelle.

Einführungskurs

EXCEL für Anfänger

Wenn Sie die folgenden Blätter bearbeiten, lernen Sie einige Grundlagen der Tabellenkalkulation:

- * Umgehen mit fertigen Tabellen
- * Formeln erstellen und vervielfältigen
- * relative und absolute Bezüge
- * Diagramme erstellen.



Eine EXCEL-Datei wird auch als Mappe bezeichnet;
eine Mappe besteht aus einer oder mehreren Tabellen.
Eine Tabelle lässt sich über die Lasche am unteren Blattende auswählen.

Klicken Sie nun unten bitte auf die Lasche "Tabelle 1"!

Start

EXCEL für Anfänger (Umgehen mit fertigen Tabellen)

1. Beispiel (Fallbewegung)

Zeit in s	g in m/s ²	Fallstrecke in m
3	9,81	44,145

Ändern Sie den Wert für die Zeit ab.
Klicken Sie dazu in die Zelle mit der Adresse A6.
Tippen Sie: 5,7
Schließen Sie die Eingabe mit der ENTER-Taste.

Merke: Die Fallstrecke wird automatisch angepasst.

Ändern Sie auch den Wert für die Fallbeschleunigung ab.

Klicken Sie nun unten bitte auf die Lasche "Tabelle 2"!

Tabelle 1

EXCEL für Anfänger (Formeln erstellen)

2. Beispiel (Fallbewegung)

Zeit t in s	g in m/s ²	Höhe h in m	Lageenergie in Nm
3	9,81	-44,145	

Die Fallstrecke wird mithilfe einer Formel berechnet.

Klicken Sie in die Zelle mit dem Inhalt "-44,145".

In der Editierzeile über der Tabelle sehen Sie eine Formel.

Formeln werden durch eine Gleichheitszeichen gekennzeichnet.

Mit der Formel " $=B6*A6$ " werden z.B. die Inhalte der Zellen B6 und A6 multipliziert.

Zur Übung:

Fügen Sie die Formel für die Lageenergie eines Körpers mit der Masse $m = 1 \text{ kg}$ ein (Nullniveau bei $h=0 \text{ m}$).

Klicken Sie nun unten bitte auf die Lasche "Tabelle 3"!

Tabelle 2

EXCEL für Anfänger (Zwei-Schichten-Modell)

Informationen:

Eine Tabelle besteht aus einzelnen Zellen.

Jede Zelle hat eine Adresse, z.B. "B3".

Zellen können verschiedene Inhalte haben:

Zahl
Text
Formel

Günstig ist folgende Vorstellung:

Die Tabelle besteht aus 2 Schichten.

In der oberen Schicht stehen die Texte, Zahlen und Formeln, so wie sie eingegeben wurden.

In der unteren Schicht stehen die Texte, Zahlen und die Ergebnisse der Formeln.

Normalerweise sieht man die untere Schicht.

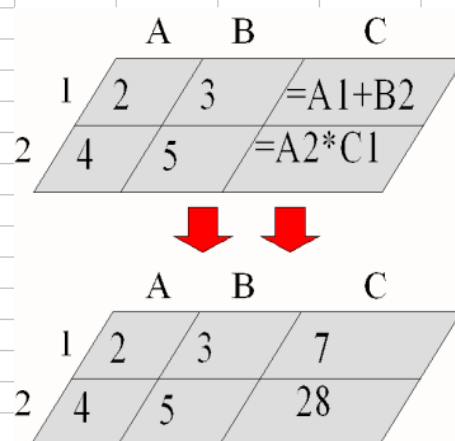


Tabelle 3

EXCEL für Anfänger (Formeln erstellen)

3. Beispiel (Fallbewegung)

t	g	h	v	E_Lage		
3	9,81					

Bemerkung: Zur Vereinfachung verzichten wir hier und im Folgenden auf die Angabe der Einheiten.

In der Tabelle sollen berechnet werden ($m = 1 \text{ kg}$; Start bei $t = 0$, $h = 0$, $v = 0$):

Höhe h (negativ für $t > 0$)
Momentangeschwindigkeit v
Lageenergie E_{Lage}
kinetische Energie E_{kin}
Gesamtenergie E_{ges}

Geben Sie auch die entsprechenden Texte ein.
Testen Sie Ihre Tabelle mit verschiedenen Werten für t.

Klicken Sie nun unten bitte auf die Lasche "Tabelle 5"!

Tabelle 4

EXCEL für Anfänger (nach unten ausfüllen, I)

4. Beispiel (Fallbewegung)

[illegible]

Eine Wertetabelle soll erstellt werden.
Die einzelnen Zeilen werden mithilfe der
Funktion "Ausfüllen" im Bearbeiten-Menü
durchgeführt.

Markieren Sie die Zellen A6 bis D15.
Wählen Sie "Bearbeiten - Ausfüllen - Unten"

Verbessern Sie nun die Zeitwerte (1, 2, 3...)

Beachten Sie: Beim Ausfüllen passt EXCEL die Adressen der Zellen automatisch an.

Klicken Sie nun unten bitte auf die Lasche "Tabelle 6"!

Tabelle 5

EXCEL für Anfänger (nach unten ausfüllen, II)

4. Beispiel (Fallbewegung)

[illegible]

Die Zeitwerte können auch automatisch erstellt werden:

Markieren Sie die Zellen A6 bis A16.
Wählen Sie "Bearbeiten - Ausfüllen - Reihe...".
Im Fenster "Reihe" OK-Taste drücken.

Versuchen Sie nun auch andere Inkremente.

Ergänzen Sie den Rest der Tabelle!

Klicken Sie nun unten bitte auf die Lasche "Tabelle 7"!

Tabelle 6

EXCEL für Anfänger (relative und absolute Bezüge)

5. Beispiel (Fallbewegung)

g	9,81
t	v
1	9,81
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	

Die Fallbeschleunigung g ist konstant.
Deswegen steht sie jetzt außerhalb der Tabelle.

Wenn die Formel aus der Zelle B5 mit "Bearbeiten - Ausfüllen - unten" vervielfältigt wird, darf sich die Adresse von der Zelle mit dem Wert 9,81 nicht ändern. Dazu benutzt man den absoluten Bezug \$B\$5.

Merke:

Relativer Bezug (ohne Dollar): wird beim Vervielfältigen angepasst.		
---	--	--

Absoluter Bezug (mit Dollar): ändert sich beim Vervielfältigen nicht.		
---	--	--

Füllen Sie die v-Spalte nach unten aus.

Tabelle 7

EXCEL für Anfänger (Diagramme)

6. Beispiel (Fallbewegung)

g ist 9,81 m/s²

t	v	h
0	0	
1	9,81	
2	19,62	
3	29,43	
4	39,24	
5	49,05	
6	58,86	
7	68,67	
8	78,48	
9	88,29	
10	98,1	

Ergänzen Sie die Tabelle.

Denken Sie dabei an relative und absolute Bezüge.

Erstellen Sie nun ein Diagramm der Tabelle.

Markieren Sie dazu die Tabelle (von der Zelle A7 bis zur Zelle C18).

Wählen Sie "Einfügen - Diagramm".

☺ Punkt (XY) - Diagrammuntertyp: Punkte mit interpolierten Linien - weiter

☺ weiter

☺ Größenachse: h in m bzw. v in m/s

☺ Diagrammtitel: Fallbewegung

☺ Rubrikenachsenbeschriftung: t in s

☺ weiter

☺ als Objekt in Tabelle einfügen markieren

☺ fertigstellen

Klicken Sie zum Vergleichen auf die Lasche "Diagramm"!

Tabelle 8

Der Millikanversuch

Millikan-Versuch

Parameter (in Standard-Einheiten)

eta	1,83E-05
d	6,00E-03
rho	875,3
g	9,81
pi	3,1415
A	2,02347E-10
Skt_pro_m	18750

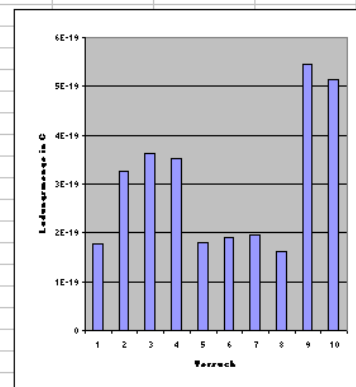
$$q = A \cdot v^{1,5} / U \text{ mit } A = d^4 \cdot \pi / 3 \cdot \rho \cdot g \cdot (\eta \cdot \rho / (2 \cdot \rho \cdot g))^{1,5}$$

$$x \text{ (in m)} = x \text{ (in Skt)} / \text{Skt_pro_m}$$

vgl. z. B. Dorn Bader Oberstufe E

Messwerte:

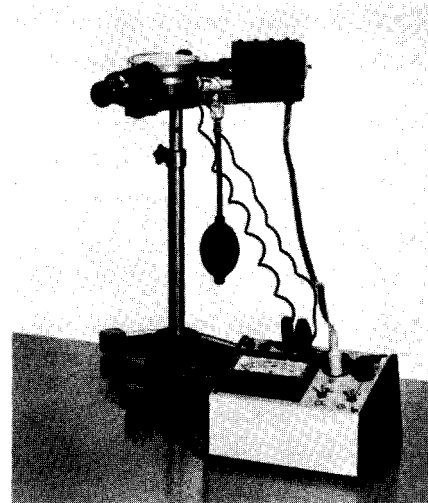
Versuch-Nr.	U in V	x in Skt	Zeit in s	x in m	v in m/s	q in C
1	290	46	61	0,00245333	4,02186E-05	1,77967E-19
2	430	50	34	0,00266667	7,84314E-05	3,26861E-19
3	430	45	28,5	0,0024	8,42105E-05	3,63646E-19
4	420	60	39,5	0,0032	8,10127E-05	3,51299E-19
5	520	19	17	0,00101333	5,96078E-05	1,79081E-19
6	360	30	33	0,0016	4,84848E-05	1,8976E-19
7	280	30	38,3	0,0016	4,17755E-05	1,95129E-19
8	490	24	23,8	0,00128	5,37815E-05	1,62874E-19
9	315	58	34,5	0,00309333	8,96618E-05	5,45379E-19
10	360	30	17	0,0016	9,41176E-05	5,13217E-19



Lösung zu Millikan

§ 20 Der Millikan-Versuch

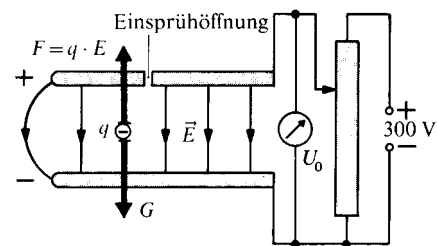
1. Beim Berechnen der Elementarladung $e = F/N_A$ aus der Faraday-Konstanten F und der Avogadro-Konstanten N_A nahmen wir an, daß alle Elementarladungen e unter sich gleich groß sind. Der Wert $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ könnte aber auch nur ein *Mittelwert* sein, um den die einzelnen Ionenladungen streuen. Ein einfaches Beispiel verdeutliche dies: 20 Äpfel wiegen 2,0 kg. Daß jeder Apfel die Masse 100 g habe, kann man nur dann behaupten, wenn man jeden einzeln gewogen hat; andernfalls gibt der Wert 100 g nur den Mittelwert an. Wir müssen also die Ladung einzelner geladener Teilchen bestimmen. Das hierzu geeignete Experiment dachte sich *Ehrenhaft* (Wiener Physiker) aus; der Amerikaner



70.1 Gerät zum Millikan-Versuch (Fa. Leybold)

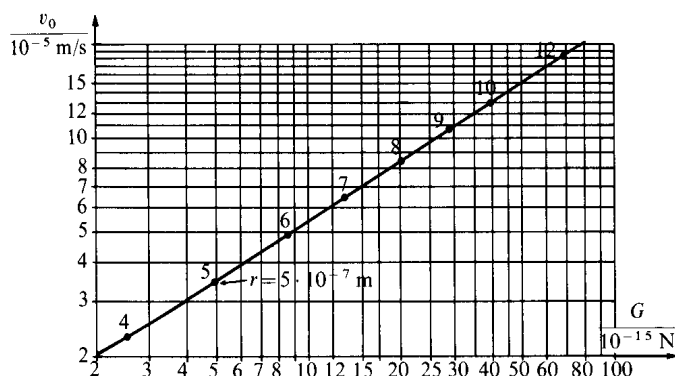
Millikan führte es ab 1909 mit großer Präzision durch. Es hat mit der Elektrolyse nichts zu tun und ist von ihren Gesetzen unabhängig:

Versuch 50: Mit einem Mikroskop betrachtet man den Raum zwischen zwei horizontalen Kondensatorplatten, der durch ein Gehäuse vor Luftzug geschützt ist (Abb. 70.1). Im Mikroskop erkennt man Strichmarken, deren Abstand Δs genau bekannt ist (etwa durch Ausmessen der Strecke 1 mm, die auf einer Glasplatte in 100 gleiche Teile geteilt wurde). Dann bläst man durch eine Öffnung kleine Öltröpfchen aus einem Zerstäuber zwischen die Platten. Man sieht sie bei seitlicher Beleuchtung als helle Lichtpunkte nach unten sinken (da das Mikroskop umkehrt, scheinen sie nach oben zu wandern). Nun legt man eine Spannung zwischen die Platten (untere zum Beispiel negativ geladen, Abb. 71.1). Dann sinkt ein Teil der Tröpfchen unbeeinflusst weiter, ist also ungeladen. Ein Teil steigt zur oberen Platte auf, ist also negativ geladen. Die positiv geladenen sinken noch schneller als die ungeladenen. Die Ladung rührt daher, daß beim Zerstäuben des Öls das eine Tröpfchen einige Elektronen zuviel, das andere einige zu wenig erhält. Man beobachtet nun ein und dasselbe negativ geladene Tröpfchen über längere Zeit genau und ändert die Spannung U_0 am Potentiometer (in Abb. 71.1 rechts) solange, bis es *schwebt*. Dann besteht am Tröpfchen Gleichgewicht zwischen der nach oben gerichteten elektrischen Kraft $F = q \cdot E$, die seine Ladung q im Feld der Stärke $E = U_0/d$ erfährt, und der nach unten gerichteten Gewichtskraft G (d ist der Plattenabstand). Es gilt: $q \cdot E = G$. Die Hauptschwierigkeit dieses an sich einfach zu durchschauenden Versuchs besteht darin, die Gewichtskraft G zu ermitteln. Auch unter einem starken Mikroskop kann man den Durchmesser des Tröpfchens nicht messen, G also nicht unmittelbar bestimmen. Vielmehr muß man davon ausgehen, daß ohne ein elektrisches Feld ein Tröpfchen in Luft um so schneller sinkt, je schwerer es ist (man vergleiche Regen- mit Nebeltröpfchen; Mechanikband Seite 59). Der Zusammenhang zwischen der Sinkgeschwindigkeit v_0 ohne Feld und der Gewichtskraft G ist in Abb. 71.2 für Tröpfchen aus Öl der Dichte $\rho = 0,973 \text{ g/cm}^3$ aufgetragen. Man schaltet nach Messung der Schwebespannung U_0 das Feld ab und bestimmt die Sinkgeschwindigkeit v_0 längs der Meßstrecke Δs mit der Stoppuhr; die Gewichtskraft G entnimmt man der Abb. 71.2. Für die Ladung

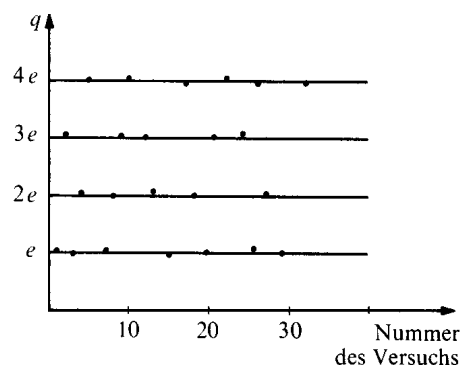


71.1 Schwebekondensator nach Millikan; Rechts das Potentiometer zum Regeln der Schwebespannung U_0

$$q = \frac{G}{E} = \frac{G \cdot d}{U_0} \quad (71.1)$$



71.2 Sinkgeschwindigkeit v_0 von Öltröpfchen in Luft als Funktion des Gewichts G ; r bedeutet den Tröpfchenradius.



71.3 Streuung zahlreicher Meßwerte für die Tröpfchenladung q um $n \cdot e$

ergeben sich auch bei Wiederholung an vielen Tausenden solcher Tröpfchen immer nur kleine ganzzahlige Vielfache der in Gl. 68.1 berechneten Elementarladung e , nämlich e selbst oder $2e$, $3e$ usw. Zwischenwerte wie $0,7e$; $3,4e$ usw. werden auch hier nicht beobachtet (Abb. 71.3). Man beachte, daß Abb. 71.2 einen kontinuierlichen Zusammenhang zwischen v_0 und G liefert.

Beispiel: Die Strecke $\Delta s = 2,50$ mm wird in $\Delta t = 35,0$ s durchfallen; also ist $v_0 = \Delta s / \Delta t = 7,14 \cdot 10^{-5}$ m/s. Abb. 71.2 entnimmt man $G = 15,8 \cdot 10^{-15}$ N. Aus der Schwebespannung $U_0 = 255$ V und dem Plattenabstand $d = 5,0$ mm folgt nach Gl. 71.1 $q = 3,1 \cdot 10^{-19}$ C, das heißt 2 Elementarladungen.

2. Wir wollen nun klären, wie die Abb. 71.2 zustandekommt: Die Tröpfchen fallen in der Luft so langsam, daß sie keine Wirbel hinterlassen (im Gegensatz zum Luftwiderstand bei schnellen Bewegungen; Mechanikband Seite 27). Dann ist die Widerstandskraft F_L nach Stokes (1819 bis 1903) dem Kugelradius r und der Sinkgeschwindigkeit v_0 proportional:

$$F_L = 6\pi\eta \cdot r \cdot v_0 \quad (\text{Stokessches Gesetz}). \quad (72.1)$$

Der Faktor η heißt *Zähigkeit* und ist eine temperaturabhängige Materialkonstante des Stoffs, in dem die Tröpfchen fallen. η hat für Luft von 22°C den vom Druck unabhängigen Wert $1,828 \cdot 10^{-5}$ N s/m² und nimmt bei 1 K Temperaturzunahme um etwa 0,25 % zu. Dieses *Stokessche Gesetz* können wir hier weder experimentell noch theoretisch begründen, benutzen es aber auf Seite 75 bei der Bewegung von Ionen in Wasser.

Wenn man in Versuch 50 die Schwebespannung U_0 wegnimmt, so wird das Tröpfchen zunächst von seiner Gewichtskraft G beschleunigt; dabei steigt in einer vernachlässigbar kurzen Zeitspanne die Geschwindigkeit v soweit an, bis die Luftwiderstandskraft F_L der Gewichtskraft $G = V \cdot \gamma = 4\pi r^3 \cdot \rho \cdot g/3$ das Gleichgewicht hält: $F_L = G$. Dabei ist ρ die Dichte des Öls, aus dem das Tröpfchen besteht. Für die dabei erreichte konstante Sinkgeschwindigkeit v_0 (siehe Mechanikband Seite 59) gilt:

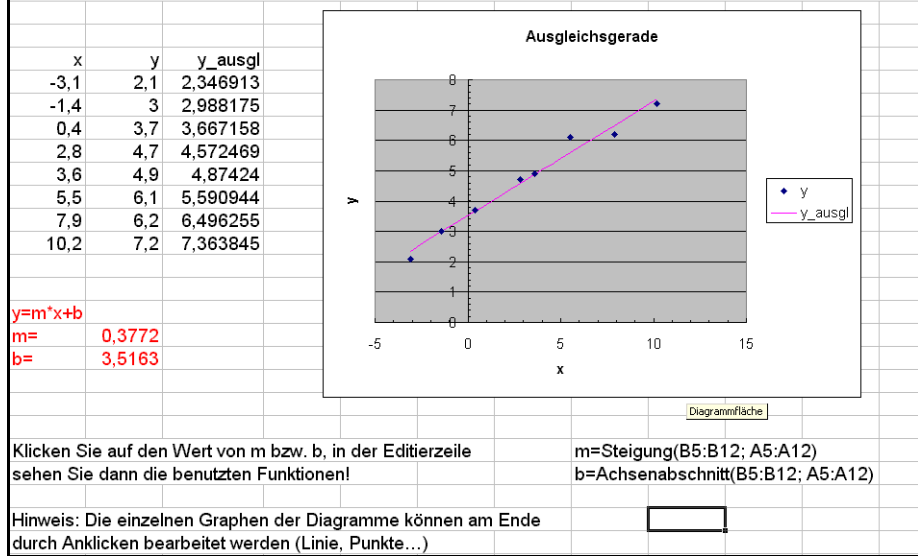
$$F_L = 6\pi\eta \cdot r \cdot v_0 = G \quad \text{oder} \quad v_0 = \frac{G}{6\pi\eta \cdot r}. \quad (72.2)$$

In Abb. 71.2 ist v_0 über G für verschiedene Werte von r aufgetragen, und zwar für Öl der Dichte $\rho = 0,973$ g/cm³. — Wenn der Tröpfchenradius r in die Größenordnung der mittleren freien Weglänge \bar{l} der Luftmoleküle (10^{-7} m) absinkt, gilt Gl. 72.1 nicht mehr genau. Zur Korrektur ersetzt man η durch $\eta' = \eta / (1 + 0,83 \cdot 10^{-7} \text{ m}/r)$. Dies wurde in Abb. 71.2 berücksichtigt.

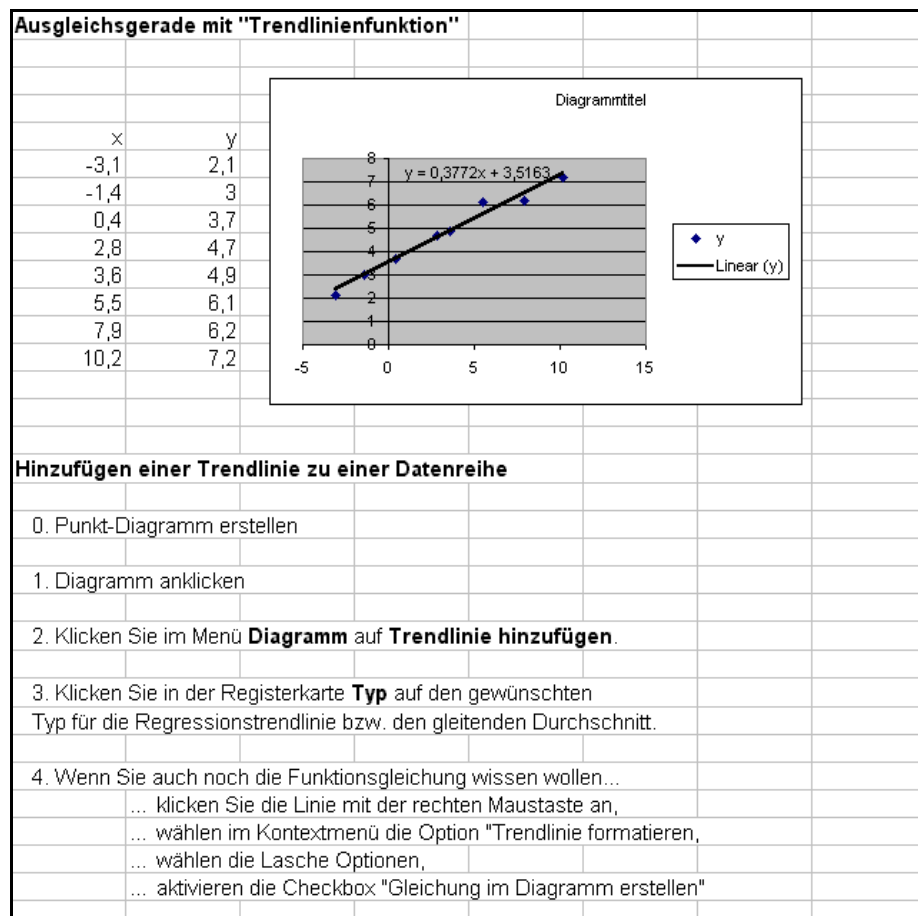
Aus: Dorn Bader Physik Oberstufe E, Schroedel, Hannover, 1976

Ausgleichsgeraden

Ausgleichsgerade (mit Funktionen zu Steigung und y-Achsenabschnitt)



Ausgleichsgerade: 1. Weg



Ausgleichsgerade: 2. Weg

Scrollbalken (Bildlaufleisten) bringen Dynamik

Mit Scrollbalken kann man den Inhalt einer Zelle dynamisch verändern. Wir zeigen hier, wie man

- einen Scrollbalken auf einer Tabelle erzeugt und
- wie man die Zelle B2 mithilfe eines Scrollbalkens die Werte von 0 bis 1 in Hundertstel-Schritten durchlaufen lassen kann.

1. Ansicht - Symbolleiste - Steuerelemente-Toolbox erzeugt das Fenster aus Abb. 1.
2. Hier die Schaltfläche „Bildlaufleiste“ anklicken und im Formular dieses Objekt aufziehen.
3. Mit rechter Maustaste Eigenschaftentabelle anzeigen lassen (s. Abb. 2); dort

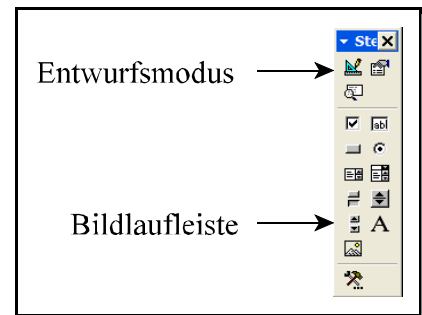


Abb. 1

- Max-Eigenschaft auf 100 setzen;
 - LinkedCell-Eigenschaft auf B1 setzen
 - Eigenschaftentabelle schließen.
4. Auf keinen Fall die Steuerelemente-Toolbox schließen, sondern erst in der Steuerelemente-Toolbox den Entwurfsmodus beenden (Schaltfläche für Entwurfsmodus durch Anklicken deaktivieren!).
 5. Jetzt erst (!) die Toolbox schließen.
 6. Erster Test: In der Exceltabelle die Vorwärts- bzw. Rückwärts-Schaltfläche betätigen und den Wert in der Zelle B1 beobachten. Er ändert seinen Wert von 0 bis 100.

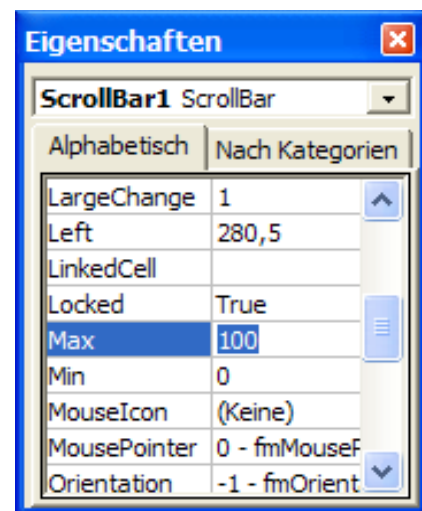


Abb. 2

7. In die Zelle B2 die Formel **=B1/100** eintragen.
8. Zweiter Test: In der Exceltabelle die Vorwärts- bzw. Rückwärts-Schaltfläche betätigen und den Wert in der Zelle B2 beobachten. Er ändert seinen Wert in Hunderdstel-Schritten von 0 bis 1.
9. Beispiele auf der CD:
 - Quadratfunktion.xls
 - Welle(dynamisch).xls
 - Ausgleichsgerade.xls (3. und 4. Weg)