ELEMENTE DER NATURWISSENSCHAFT

Zeitschrift
herausgegeben von der Naturwissenschaftlichen Sektion am Goetheanum, Dornach

Zahlenmässiges und bildhaftes Naturerfassen

(Eine Betrachtung zur naturwissenschaftlichen Methode)

Heinrich Schwentek

Zahlenmässiges Naturerfassen

An die dem Menschen gegebene Mannigfaltigkeit von Wahrnehmungen, an Farbe, Ton und Wärme treten die Physiker, Geophysiker und Astronomen in genau bestimmbarer, allerdings einseitiger Weise heran. Sie wollen sich nicht auf ihre verschiedenartigen Sinneswahrnehmungen verlassen, denn diese halten sie für nur subjektiv, sondern suchen stets nach Instrumenten, mit deren Hilfe sie die vielfältigen Naturvorgänge auf Zeigerausschläge zurückführen können (Helligkeitsmesser, Oszillograph, Thermograph, Magnetometer, Voltmeter). Dadurch beschränken sie sich nur auf das Sehen; denn Instrumente müssen abgelesen werden. Ganz ohne sinnliche Wahrnehmung geht es auch in der Physik nicht.

Wir wollen nun das Vorgehen des Physikers an einem Beispiel genauer untersuchen; und zwar geht es uns darum, zu zeigen, wie ein physikalisches Naturgesetz durch den forschenden Menschen aufgestellt wird. Wir wählen dazu das Gesetz vom freien Fall eines Körpers.

Für die folgenden Betrachtungen ist es erforderlich, dass wir zuvor einen kleinen Abstecher in die Mathematik machen; es genügen einige Bemerkungen über die Analytische Geometrie. Ihre Grundlage ist die Einführung eines Koordinatensystems *(Descartes,* 1596–1650), das dem Menschen in der Vorstellungsebene, also ihm gegenüber, auftritt, sei es, dass er sich selbst diese Ebene mit dem Achsenkreuz (x-Achse, y-Achse) innerlich vorstellt, oder sie, auf einer Tafel aufgezeichnet, äusserlich vor sich hinstellt *(Fig. 1)*.

Ferner müssen wir erklären, was wir unter einer Funktion verstehen wollen. Dazu setzen wir x als unabhängige Veränderliche, y als abhängige Veränderliche; wenn wir verschiedene Werte von x willkürlich annehmen, so sollen durch die Funktion die Werte y bestimmt sein, und zwar je nach der vorgegebenen Abhängigkeit zwischen x und y. Eine einfache Funktion ist beispielsweise

$$y = ax \qquad (1)$$

Eine Wertetabelle *(Tabelle 1)* gibt Zahlenpaare x und y für ein festes a jeweils. Wie die graphische Darstellung zeigt *(Fig. 1)*, lassen sich die errechneten und durch kleine schwarze Kreise gekennzeichneten Punkte durch Geraden verbinden, die alle durch den Punkt (0,0) verlaufen; wir bemerken nebenbei, dass wir jeweils die

Gerade durch die Punktefolge hindurch erst ziehen müssen, eine Punktefolge also noch keine Gerade darstellt.

Tabelle 1

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	usw.
y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	usw.

$a = 1$

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	usw.
y	0	3	6	9	12	15	18	21	24	usw.

$a = 3$

Man kann nun alle überhaupt möglichen Funktionen $y = f(x)$ systematisch entwickeln und untersuchen; so etwa die durch die allgemeine Gleichung 2. Grades

(2) $$ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f = 0$$

gegebenen Funktionen. Ein Spezialfall ist

(3) $$y = ax^2,$$

er ergibt sich, wenn $b = c = d = f = 0$ und $e = -1$ sind.

Wir betonen hier ausdrücklich, dass alle diese Überlegungen durchgeführt werden können, ohne dass wir auch nur den geringsten Bezug zu einem physikalischen Vorgang herstellen müssen.

Nun zurück zur Experimentalphysik. Die Physiker betrachten es als ihre Aufgabe, allen Phänomenen messend nachzugehen. Dazu müssen sie Messverfahren und Masseinheiten definieren und dann mit Hilfe von Messgeräten *ermitteln,* wie oft die definierte Masseinheit in der zu messenden Grösse enthalten ist. Die einfachsten «Grössen», die sich definieren lassen, sind Längen und Zeiten, wobei auch die Zeiten meist wiederum durch eine Längenmessung (Umfangsmessung auf einem Uhrenzifferblatt) erfasst werden.

Als Längeneinheit können wir willkürlich eine Länge definieren, dargestellt etwa durch einen Stab; in der Physik benutzt man bekanntlich das in Paris aufbewahrte Urmeter. Der Einfachheit halber wollen auch wir uns darauf beziehen. Eine Länge *messen,* heisst dann, den Massstab an das zu messende Objekt anlegen und *zählen,* wie oft das hintereinander möglich ist.

Ähnlich vollzieht sich eine sogenannte Zeitmessung. Nehmen wir an, wir hätten eine Uhr mit Zeiger. Eine Umdrehung des Zeigers bedeute 4 Sekunden; ein Viertel des Kreisumfanges entspricht dann einer Sekunde. Die Länge des Umfanges, die der Zeiger überstrichen hat, bei 0 beginnend, wäre dann ein Mass für die Zeitdifferenz.

Mit Hilfe von Massstab und Uhr kann man das Gesetz des freien Falls von schweren Körpern bestimmen. Man steigt auf einen Turm, lässt Steine herabfallen und stellt fest, in welcher Zeit jeweils ein Stein eine vorgegebene Strecke durchfällt. Die Werte trägt man in eine Tabelle ein (1. Schritt: Wertetabelle), stellt diese dann in einem Koordinatensystem dar (2. Schritt: Punktefolge) und versucht dann, die am besten dazu passende, aus einer mathematischen Funktion abgeleitete Punktefolge zu finden (3. Schritt: Zur Deckung bringen von gemessener Punktefolge und funktional errechneter Punktefolge). Beispiel *(vgl. Fig. 2):*

Tabelle 2 *Wertetabelle (freier Fall)*

s	[m]	0	5,0	20,2	44,5	76,7	124	174,9
t	[sec]	0	1,1	1,9	3,1	4,0	4,9	6,0

s durchfallene Strecke;
t Fallzeit (schematisch)