

Die Physik-Rallye aus Anlass unseres Schuljubiläums enthielt mehrere interessante Aufgaben – den meisten Spaß aber machte das Abfeuern unserer Wasserrakete. Kein Wunder, denn der Raketenstart war auch immer ein Highlight im (regulären) Physikunterricht der Mittelstufe. Bei der Rallye ging es



Abbildung 1 Startrampe der Wasserrakete

darum, die Rakete möglichst weit zu schießen. Das Foto (Abbildung 1) zeigt die Abschussrampe mit aufgestecktem Raketen-Modell. Und so lauteten die Wettkampfregelein:

Eine Wasserrakete soll so gestartet werden, dass die möglichst weit fliegt.

Die Wasserrakete der Physiksammlung wird bis zur Marke mit Wasser gefüllt. Mit Hilfe der Fahrradpumpe wird Luft bis zum Druck 2 bar hinzugegeben. Der Winkel gegenüber der Horizontalen, unter dem sie abgeschossen werden soll, ist einstellbar und kann am Winkelmesser abgelesen werden (Abb. 1). Von diesem Winkel hängt die Flugweite zum großen Teil ab. Der Druck wird am Manometer der Fahrradpumpe abgelesen.

Man liest in der Literatur, dass (für ballistische Geschosse) ein Winkel von 45° die größte Flugweite ergibt. Dieser Wert gilt aber nur unter bestimmten Voraussetzungen. Man kann sich an ihm orientieren.

Das in die Rakete eingefüllte und nach dem Start unter Druck austretende Wasser verleiht der Rakete den erforderlichen Schub. Es ist aber innerhalb kurzer Zeit aufgebraucht – geschätzt nach deutlich weniger als einer Sekunde. Das heißt, die Rakete sollte den überwiegenden Teil ihres Weges auf einer ballistischen Bahn (Wurfparabel) zurücklegen. In diesem Fall wäre ihre Flugweite x_w gegeben durch

$$(1) \quad x_w = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha) .$$

Dabei ist v_0 die Abschussgeschwindigkeit, g die Fallbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$) und α der Winkel gegenüber der Horizontalen, unter dem die Rakete abgeschossen wird. Füllt man bei jedem Start die gleiche Wassermenge ein und arbeitet mit jeweils gleichem Druck, ist v_0 eine Konstante und x_w sollte

proportional zu $\sin(2\alpha)$ sein, dem Sinus des doppelten Abschusswinkels. Das nachzuprüfen, erschien mir nicht uninteressant. Daten aus früheren Unterrichtsstunden hatte ich zur Genüge, sie in ein Koordinatensystem mit der Wurfweite x_W als Funktion von $\sin(2\alpha)$ darzustellen, war auch kein

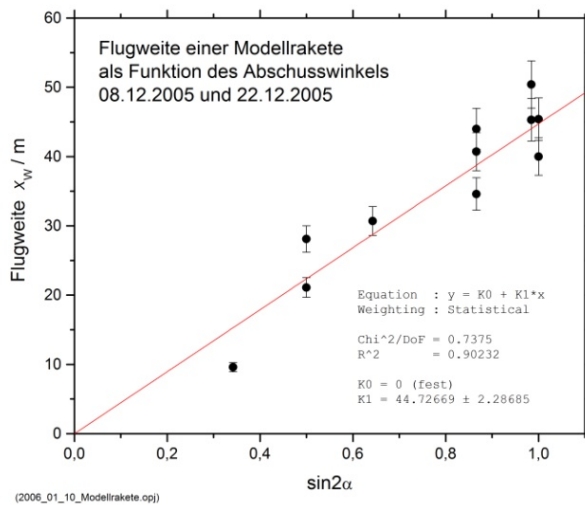


Abbildung 2 Flugweite x_W einer Modellrakete in Abhängigkeit vom Sinus des doppelten Abschusswinkels α . Die Proportionalität zwischen x_W und $\sin(2\alpha)$ zeigt, dass sich die Rakete auf einer ballistischen Bahn (Wurfparabel) bewegt.

Problem. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis: x_W und $\sin(2\alpha)$ sind innerhalb der Messfehler proportional zueinander. Daraus folgt, dass sich die Rakete zumindest näherungsweise auf einer ballistischen Bahn (Wurfparabel) bewegt. Der Vollständigkeit halber sind die numerischen Werte der in Abbildung 2 dargestellten Daten in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle Numerische Werte der in Abbildung 2 dargestellte Messdaten: Flugweite x_W der Modell-Rakete in Abhängigkeit vom Abschusswinkel α

Winkel α /Grad	$\sin(\alpha)$	Flugweite x_W /m
15	0,5000	21,1 ± 1,4
20	0,6427	30,7 ± 2,1
30	0,8660	34,6 ± 2,3
40	0,9848	50,4 ± 3,4
40	0,9848	45,3 ± 3,1
45	1,0000	45,4 ± 3,1
45	1,0000	40,0 ± 2,7
60	0,8660	40,7 ± 2,8
60	0,8660	44,0 ± 3,0
75	0,5000	28,1 ± 1,9
80	0,3420	9,6 ± 0,6