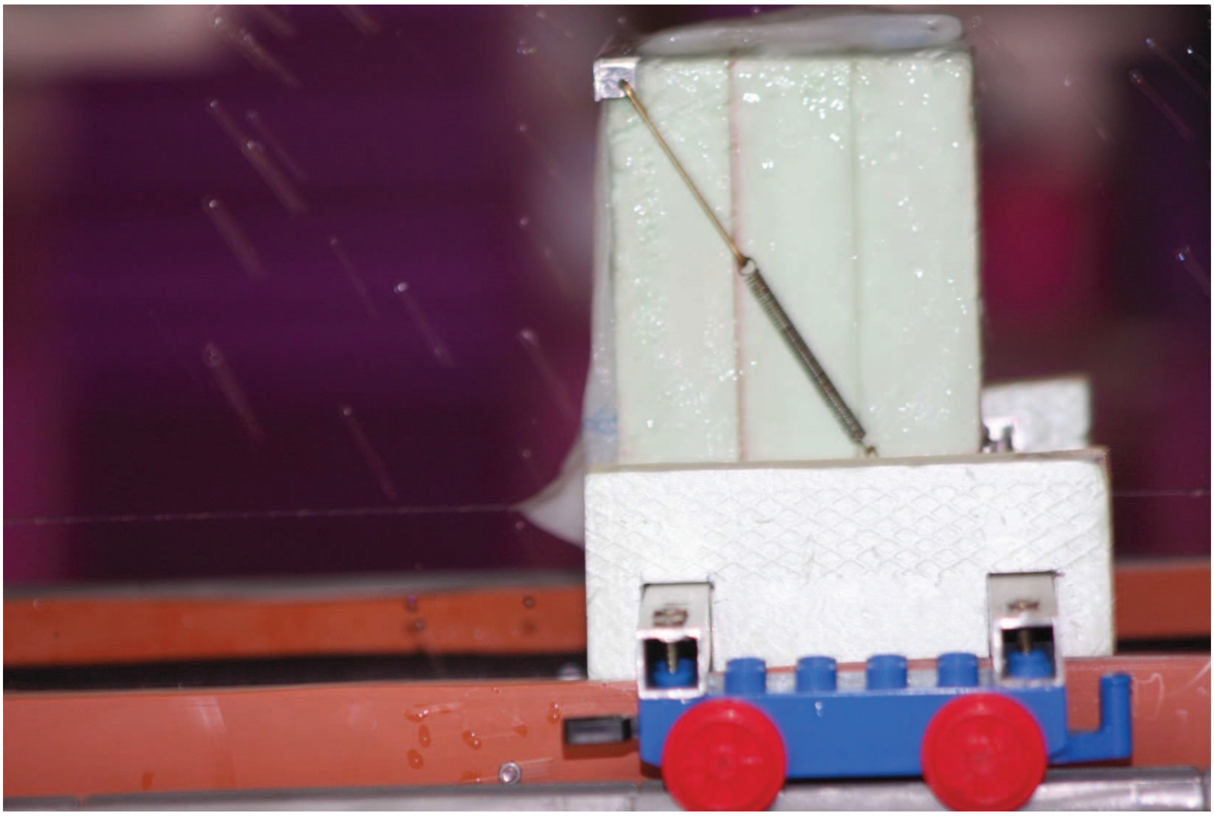
Experimentelle Analyse der Wasseraufnahme eines sich im Regen bewegenden Körpers



Wettbewerb „Jugend forscht" 2014

Trisha Schwertel (17 Jahre)

Arbeitsgemeinschaft „Jugend forscht" des Christian- Gymnasiums in Hermannsburg

Leitung: StD Thomas Biedermann

Inhaltsverzeichnis

1.Einleitung

Faszination Regen. Tröpfchenweise fällt er auf unseren Kopf, weshalb wir in der Regel versuchen vor ihm wegzulaufen. Aber ist es überhaupt sinnvoll dem Regen durch eine schnelle Fortbewegung zu entweichen oder lohnt es sich langsamer die Sache anzugehen? Bereits letztes Jahr näherte ich mich diesem Problem mathematisch, indem ich berechnete, wann man bei senkrechtem Regen minimal nass wird. Dieses Jahr beschäftige ich mich mit der Frage, inwiefern ein Regenschirm von Nutzen ist und welcher Einfluss der Anneigungswinkel des Regenschirms auf die aufgenommene Regenmenge hat in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Regenläufers.

2. Grundlagen

2.1. Physikalische Grundlagen

Um später verstehen zu können, wieso der Körper auf jene Art und Weise beregnet wird, muss man wissen, dass sich der laufenden Körper gleichförmig in x-Richtung bewegt.
Diese Bewegung unterliegt folgenden Gesetzmäßigkeiten:

$s = v \cdot t + s_0$ [1a] $\qquad v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ [1b] $\qquad a = 0$ [1c]

s ist in diesem Fall die Strecke in x-Richtung (in m), v die Geschwindigkeit des Körpers (in m/s), t (in Sek.) ist die Zeit, die der Körper benötigt, um s zurückzulegen und ist die Beschleunigung (in m/s²).
Beim Regen würde man vermuten, dass es sich ebenfalls um eine gleichförmige Bewegung in y-Richtung handelt, aber in diesem Fall stimmt das nicht. Die Erklärung dafür ist, dass „mein“ Regen einen relativ geringen Weg zum Körper hat (weniger als 10cm) und aus diesem Grund noch nicht vollständig beschleunigt ist. „Normaler“ Regen hingegen hat seine Höchstgeschwindigkeit erreicht, da der Luftwiderstand weiteres beschleunigen verhindert.
Folglich gilt für den simulierten Regen, wenn $s_0 = 0$ und $v_0 = 0$ ist (ohne Einbeziehung des Luftwiderstands):

$s = \frac{g}{2} \cdot t^2$ [2a] $\qquad v = g \cdot t$ [2b] $\qquad v = \sqrt{2g \cdot s}$ [2c]

g ist die Erdbeschleunigung, die 9,81m/s² beträgt bei nach unten fallenden Körper.

Nun beeinflussen beide Bewegungen die Beregnung des Körpers, was bedeutet, dass man aufgrund von der Überlagerung beider einen waagerechten Wurf vorfindet, der später eine wichtige Rolle spielen wird. Folgende Formeln werden später noch entscheidend sein:

$$y = -\frac{g}{2} \cdot t^2 \quad [3a] \qquad\qquad y = -\frac{g}{v_0^2} \cdot x^2 \quad [3b]$$

y stellt die Fallstrecke in cm dar, v_0 die Anfangsgeschwindigkeit in m/s und x (in cm), die Strecke, die der Körper in x-Richtung zurückgelegt hat (alles ohne Berücksichtigung des Luftwiderstands).

2.2. Mathematische Grundlagen

2.2.1. Berechnung der Beregnung von oben

Wie vorhin schon erwähnt, geht es hier hauptsächlich um den Einfluss des Winkels eines Regenschirms auf die aufgenommene Regenmenge. Um in der rechnerischen Lösung (siehe **3.4. Rechnerische Lösung**), benötigt man die Winkelfunktionen Sinus und Tangens, um die Strecke x_t zu ermitteln. Das liegt daran, dass man Angaben über die beregneten Flächen benötigt, die sich aus einer Multiplikation von x_t und der Breite des Körpers ergeben. Jedoch gibt es keinen direkten Weg zu dieser gesuchten Größe, sondern er geht über die Größe h, die die Regenschirmhöhe in cm beschreibt. Sie beträgt 6,5 cm. Dieser Regenschirm ist zentriert positioniert und ist im Winkel α variabel (die Winkel 0° - 80° sind in 10° Schritten vertreten). Da b und h einen 90° Winkel bilden, kann man hier den Tangens benutzen, um die Seite b_1 zu errechnen.

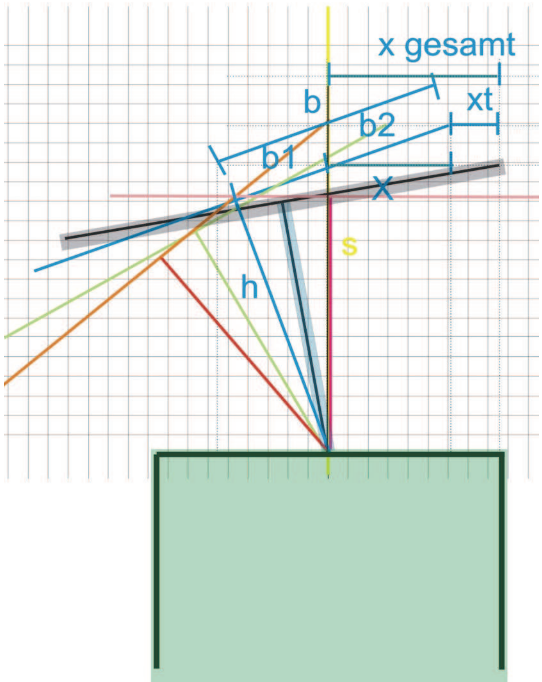


Abbildung 1: Skizze der zu berechnenden Größe x_t

$$b_1 = \frac{h}{\tan(90° - \alpha)} \quad [1]$$

Dazu muss gesagt werden, dass b_1 die Strecke vom Regenschirmmittelpunkt zur Senkrechten s, die von der Mitte des Körpers ausgeht, gemessen in cm, ist.

Da b die Hälfte der Länge des Regenschirms ist und zwar 5,5cm, wissen wir, wenn wir b_1 von b abziehen, was b_2 sein muss.

$$b_2 = b - b_1 \quad [2]$$

b_2 beschreibt das Stück des Regenschirms, welches sich rechts von der Senkrechte s befindet. Durch diesen Wert kann man schließlich x mithilfe des Sinus berechnen.

$$x = \sin(90° - \alpha) \cdot b_2 \quad [3]$$

Dabei stellt x die Strecke dar, die der Regenschirm beim Körper rechts von der Senkrechte s abdeckt, gemessen in cm.

Nun zieht man von x_{gesamt} (jener Wert ist die Hälfte der Länge des Körpers, also 4,35 cm) x ab und bekommt schließlich x_t, ebenfalls in cm, heraus.

$$x_t = x_{gesamt} - x \quad [4]$$

Zusammenfassend kann man sagen, dass gilt:

$$x_t = x_{gesamt} - (\sin(90° - \alpha) \cdot (b - \frac{h}{\tan(90° - \alpha)}) \quad [5]$$

Die konkreten Werte für die Rechnungen finden sich in dieser Tabelle, welche mit Excel entstand. Jedoch sind die Bezeichnungen vertauscht, denn es gilt $y_2 = b_1$ und $y_1 = b_2$.

Tabelle 1: Tabelle 1: x_T in Abhängigkeit vom Winkel Alpha, wenn h = 6,5 cm, b = 5,5 cm und die Körperlänge 8,7 cm beträgt.

x-Strecke				
Winkel	y_2	y_1	x	x_T
0°	3,9817E-16	5,5	5,5	-1,15
10°	1,14612537	4,353874625	4,28772949	0,06227051
20°	2,36580652	3,134193477	2,94517848	1,40482152
30°	3,75277675	1,74722325	1,51313972	2,83686028
40°	5,4541476	0,045852397	0,03512497	4,31487503
50°	7,74639835	-2,246398352	-1,44395703	5,79395703
60°	11,2583302	-5,758330249	-2,87916512	7,22916512
70°	17,8586032	-12,35860323	-4,22689125	8,57689125
80°	36,8633318	-31,36333183	-5,44618542	9,79618542

2.2.2. Berechnung der Beregnung von vorne

Um berechnen zu können, wie viel Regen von vorne auf den Probekörper trifft, benötigt man die Angabe über n (gemessen in cm, in Abhängigkeit vom Winkel γ (in °), der die Neigung des Regenschirms, ausgehend von der Senkrechten, die durch den Mittelpunkt des Körpers geht, beschreibt. Dieses n ist die Höhe des Körpers, die noch beregnet wird.

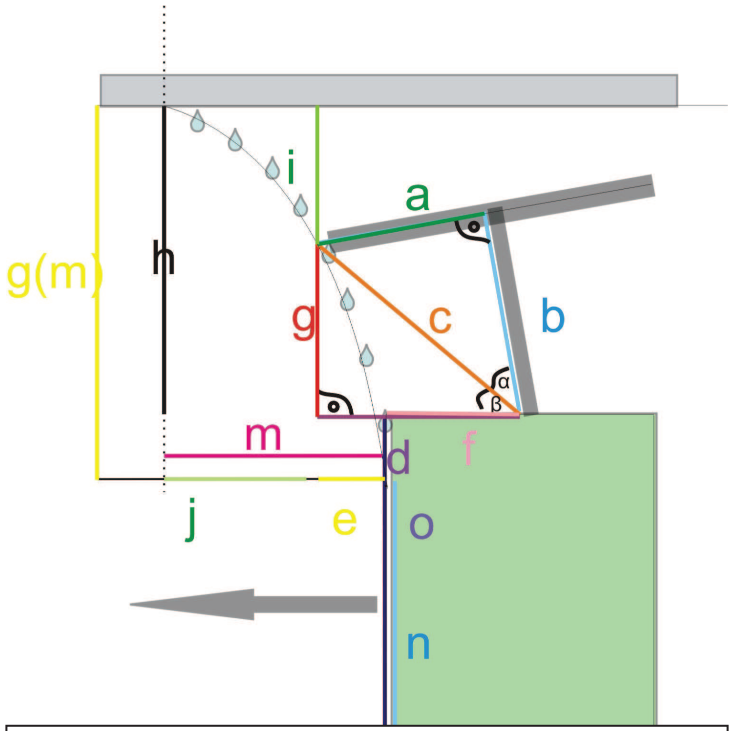


Abbildung 2: Zu berechnende Größen bei einem Versuchsaufbau

Um dieses n zu bekommen, muss man zunächst α und β bestimmen. Das kann man, indem man den Tangens von α berechnen mithilfe der Seiten a und b, wobei a die Hälfte der Regenschirmseite beträgt, also 5,5 cm und b die Länge des Regenschirmstabs ist, die 6,5 cm beträgt.

$$\alpha = \tan^{-1} \cdot \frac{a}{b} \qquad [6]$$

α beträgt dabei ca. 40,3°. Um β zu berechnen, ist es wichtig zu wissen, dass dieser von α und γ abhängt und dass der Minuend sich aus der Differenz des Winkels γ und 90° errechnen lässt, da das benötigte Dreieck einen Winkel von dieser Differenz aufweist und sich in α und β teilen lässt. Die Formel für β lautet:

$$\beta = (90° - \gamma) - \alpha \qquad [7]$$

Nun wird die Größe c (in cm) benötigt, die sich aus dem Winkel β und der Seite a zusammensetzt. Sie stellt den Weg zwischen Vorderkante des Regenschirms und dem Mittelpunkt der Körperoberfläche dar. Da ein rechter Winkel in dem von den Seiten gebildetem Dreieck vorhanden ist, ist es möglich die Winkelfunktion Sinus zu verwenden:

$$c = a \cdot \sin \alpha \qquad [8]$$

Als Ergebnis kommt ca. 8,514 cm heraus.

Einen weiteren Wert, der zu bestimmen ist, ist e, der die Strecke von der vorderen Regenschirmkante bis zum Mittelpunkt der Körperoberfläche beschreibt. Diese Strecke wird auch in cm gemessen und ergibt sich durch die Rechtwinklichkeit des Dreiecks aus dem Cosinus der Strecke c, sowie des Winkels β.

$$e = \cos \beta \cdot c \quad [9]$$

Die nächste Größe, die zu bestimmen ist, ist g (in cm), welches angibt, wie hoch die vordere Kante des Regenschirms vom Körper entfernt ist. Diese Kante kann man mit dem Satz des Pythagoras berechnen.

$$g = \sqrt{c^2 - d^2} \quad [10]$$

Dann wird noch i (in cm) benötigt, was sich aus der Höhe h ergibt, die 10 cm beträgt und den Abstand zwischen Regenläufer und Regenrinne ist.

$$i = -(h - g) \quad [11]$$

Ferner wird die x-Strecke j (in cm) gebraucht, die der Regen von x_0 bis zur Regenschirmkante benötigt. Dieser lässt sich unter Einbeziehung von Formel [3b] (siehe 2.1. Physikalische Grundlagen) berechnen. Dazu muss man erwähnen, dass die Erdbeschleunigung g = 9,81 m/s² beträgt, wobei hier diese Beschleunigung mit der Variablen k bezeichnet wird und die Geschwindigkeit v_0 beträgt 0,403 m/s und ist mit der Geschwindigkeit des Körpers gleichzusetzen, denn die Flugbahn des Tropfen ist nicht tatsächlich so, sondern nur unter Berücksichtigung der Bewegung des Körpers in x-Richtung mit jener Geschwindigkeit v_0, die hier mit l bezeichnet wird. j wird folgendermaßen berechnet:

$$j = \sqrt{i \cdot \frac{k}{l}} \quad [12]$$

Des Weiteren wird die Entfernung in x-Richtung von x_0 zur vorderen Fläche des Körpers gesucht, was sich aus der Summe von j und e ergibt und mit m bezeichnen lässt (in cm):

$$m = j + e \quad [13]$$

Jetzt benötigen wir noch die Höhe der Parabel g(m) (in cm) am Punkt m:

$$g(m) = -\left(\frac{k}{l}\right)^2 \cdot m^2 \quad [14]$$

Jetzt kann man n berechnen, indem man die Höhe des Körpers o nimmt, die 10,8 cm beträgt, den Wert von g(m), sowie die Größe h.

$$n = o - (|g(m)| - h) \quad [15]$$

Jene Formel kann man damit begründen, dass man zunächst den Betrag von g(m) benötigt, um zu wissen, wie lange der Weg von der Regenrinne bis zum Aufkommen des Tropfens auf die Vorderseite des Körpers ist, bezogen auf die y-Richtung. Sobald man das weiß, muss man den Abstand der Regenrinne vom Körper h abziehen, um zu wissen, welche Strecke des Körpers nicht beregnet wird. Da wir aber wissen wollen, welche Fläche beregnet wird muss man diese Differenz von der Höhe des Körpers abziehen.

3. Der Aufbau

Für die Ideenexpo 2013 benötigten wir interessante Projekte und da das „Regenläuferprojekt“ ein aktuelles Jugend-forscht Projekt mit hohem Alltagsbezug ist, bot es sich an dieses Projekt veranschaulicht im Rahmen der Messe zu präsentieren. Das bedeutete, dass wir gemeinsam als Arbeitsgemeinschaft einen Regensimulator mit Schienen und Stahlseilbahn bauten, um das Problem, welches sich bei Regen ergibt, näher zu beleuchten.
Jetzt, nach der Messe, darf ich dieses Rohr für weitere Messungen nutzen.
Zum Aufbau kann gesagt werden, dass das Hauptgestell aus einem 2m langem Rohr mit dem handelt. Es wurden ca. 1/3 von oben ausgeschnitten, über dem Rohr ist eine Regenrinne mit gleichmäßigen durchgestochenen Löchern angebracht, um einen gleichmäßigen Regen zu

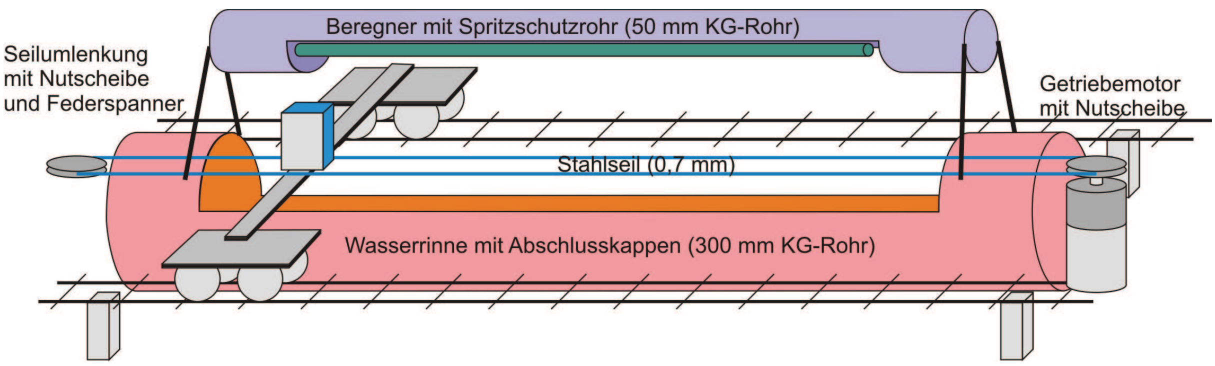


Abbildung 3: Regenläufermodellskizze

simulieren. An einem Ende des Rohrs ist ein Motor vorzufinden und an der anderen eine Spule. Diese beiden sind durch ein Stahlseil verbunden. Links und rechts vom Rohr sind Schienen vorzufinden. Auf diesen Schienen läuft jeweils ein Wagen. Diese Wagen transportieren den „Regenläufer“, der vorne und oben Papier hat, welches mit einer Klammer befestigt wird. Dieses Papier nimmt in den späteren Versuchen das Regenwasser auf und wird mithilfe einer Präzisionswaage gewogen. Außerdem ist das Stahlseil am Läufer befestigt. Die

Beregnungsmenge kann manuell eingestellt werden, einerseits durch ein Ventil und andererseits durch einen Beipass, sodass man entweder starken Regen hat oder nur einige Tröpfchen. Die Geschwindigkeit wird über eine Steuereinheit reguliert, in der ein PIC ist. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen 0,257m/s und 0,684 m/s.

2.4. Vorbereitung

Um optimale Ergebnisse während der Messreihen zu erzielen, sind einige Maßnahmen zu treffen. Zum Beispiel braucht man eine relativ konstant bleibende Regenmenge, welche durch eine kleine Messreihe bestimmbar ist. Dazu legt man die Schale auf die für den Körper vorgesehene Fläche und wiegt das Ganze. Dann wiederholt man das Ganze 4-mal, um möglichen Störfaktoren entgegenzuwirken und berechnet den Durchschnitt, um die Abweichungen Durchschnittliche besser erkennen zu können.

Tabelle 2: Regenmenge bei einer Fläche von 9,2 cm x 6,8 cm bei 0,403 m/s

Durchschnittliche Regenmenge:		
Gewicht	Schalengewicht	Wassermenge
45,9 g	31,75 g	14,15 g
48,19 g	31,75 g	16,44 g
46,48 g	31,75 g	14,73 g
48 g	31,75 g	16,25 g
46,99 g	31,75 g	15,22 g
Durchschnittliche Regenmenge	15,36 g	

Ferner ist es sinnvoll sich Gedanken über die Aufnahmekapazität von Papier zu machen, denn 4x3 lagiges Papier nimmt höchstens ca. 8g Wasser auf, was bei einigen Versuchsanordnungen zu Komplikationen führen kann, da die tatsächliche Regenmenge über 20g betragen kann. Des Weiteren braucht man einen windgeschützten Platz, um vernünftig messen zu können, denn durch leichte Windstöße wurde die Waage gestört.

3. Auswertung

3.1. Anmerkungen

Die erste Messreihe beschäftigte sich mit dem Einfluss des Regenschirmwinkels auf die aufgenommene Regenmenge bei einer festgelegten Geschwindigkeit von 0,403 m/s. Dabei machte ich jeweils 5 Versuche für jede Versuchsanordnung mit 9 verschiedenen Winkeln, sowie eine Versuchsreihe ohne Regenschirm, um besser die Werte miteinander vergleichen zu können. Diese Werte dokumentierte ich bei Excel, bildete den Durchschnitt und folgendes Diagramm entstand:

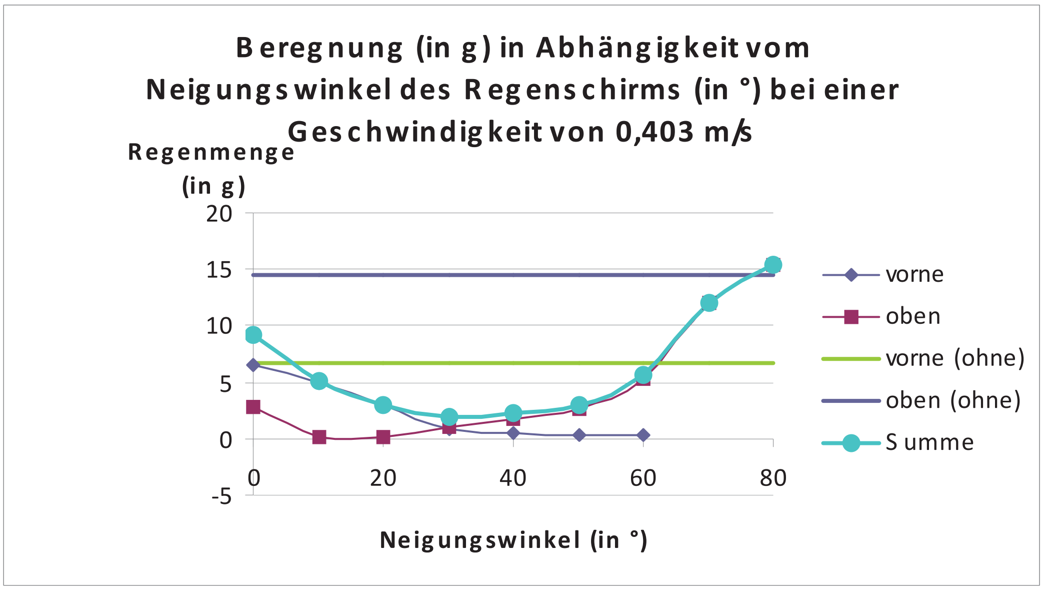


Diagramm 1: Beregnungsmenge (in g) in Abhängigkeit vom Neigungswinkel

3.2. Beobachtung

Man kann fünf verschiedene Graphen sehen. Der Erste, der in der Legende aufgeführt ist, beschreibt die Regenmenge von vorne mit verschiedenen Regenschirmeinstellungen. Was auffällt ist, dass er bei 0° mit dem grünen Graph fast übereinstimmt. Außerdem nähert er sich, je höher x wird, der x-Achse an. Der zweite Graph hingegen fängt bei einem geringeren y-Wert an, hat einen Tiefpunkt zwischen 10° und 20° und bei 80° verläuft er etwas höher als der 4.Graph, der die Regenmenge von oben ohne Regenschirm beschreibt. Die beiden konstant verlaufenden Graphen geben Auskunft über die Regenmenge ohne Regenschirm und der hellblaue Graph, stellt die Summe der Beregnung von oben und vorne dar. Er hat einen Tiefpunkt bei 30°, verläuft zwischen den dritten und vierten Graphen am Anfang und am Ende leicht über den Vierten hinaus.

3.3. Deutung

Die Übereinstimmung der Graphen bei der Beregnung von vorne kann man damit erklären, dass der Regenschirm, wenn er nicht angeneigt ist, keinerlei Vorteile für die Beregnung von vorne bietet. Den weiteren Verlauf kann man damit erklären, dass der Regenschirm, wie eine Art Schutzschild den Regen von vorne weghält, wobei sich der Effekt bei voranschreitenden x-Wert minimiert, da man nicht weniger als nicht nass sein kann, weshalb man sagen kann, dass man den Regenschirm stark neigen sollte, betrachtet man nur die vordere Fläche.

Der zweite Graph fängt bei x = 0 mit ca. 3g an, was damit zu erklären ist, dass es immer noch Regentropfen gibt, die aufgrund ihres Fallverhaltens einen Teil des Regenläufers treffen.

Dann hat er einen Tiefpunkt, der impliziert, dass an dieser Stelle von oben nichts den Körper trifft, jedoch kann man bei größer werdenden Winkel erkennen, dass auch die „Angriffsfläche des Körpers steigen muss, was Nässe als Folge mit sich bringt. Das bedeutet, dass man zwar bei ca. 10°-20° den optimalen Winkel für eine minimale Beregnung von oben hat.
Der dritte und der vierte Graph sind im Vergleich zu denen ohne Regenschirm von den Werten höher angesiedelt, denn der Regenschirm stellt fast immer eine Verbesserung zur regenschirmlosen Variante dar. Der fünfte Graph hat einen Tiefpunkt, da die Summe die kleinste aller Summen beim Versuch darstellt. Daraus kann man ableiten, dass 30° ein guter Neigungswinkel ist, wobei genauere Untersuchungen prüfen müssen, ob dieser Winkel wirklich 30° beträgt oder kleiner/größer ist.
Nur der letzte Messpunkt beim zweiten Graph (x = 80°) scheint einem Messfehler unterlaufen zu sein, denn dieser Punkt liegt etwas über den von der Beregnung von oben ohne Regenschirm, was aber durch Messungenauigkeiten begründbar ist. Jetzt stellt sich nur die Frage, ob es eine theoretische Begründung für den Verlauf der Graphen gibt.

3.4. Rechnerische Lösung

In 2.2.2. sind die mathematischen Grundlagen gelegt worden, um nun die theoretische Regenmenge von oben und vorne zu bestimmen.
Von oben gestaltet sich diese Berechnung relativ einfach, da bereits bei **2.4. Vorbereitung** eine durchschnittliche Regenmenge von oben bei einer festgelegten Geschwindigkeit ermittelt wurde. Dies hilft insofern, dass man aufgrund der gleichen Geschwindigkeit während der Versuche eine Proportionalität zwischen den Beregnungen vorfindet, da sich nur die Größe der beregnete Fläche ändert, aber sonst nichts. Zu erwähnen ist außerdem, dass die Beregnung von oben abhängig von der Geschwindigkeit ist, denn je schneller sich ein Körper im Vergleich zum herunterfallenden Regen bewegt, desto weniger kann dieser Körper sammeln.
Folglich kann man die Regenmenge R_m (in g) berechnen:

$$R_m = \frac{B_K \cdot x_T}{l_S \cdot b_S} \cdot d_R \qquad [6]$$

In Tabelle 3 sind jene berechnete Werte abzulesen. B_k ist die Breite des Papiers, die 6cm beträgt. x_T (in cm) bezeichnet die Strecke, die im zweidimensionalen Modell beregnet wird, l_s die Länge der Schale, die bei **2.4.** benutzt wurde, b_s ist die Breite jener Schale (beides in cm) und d_R stellt die durchschnittliche Regenmenge bei einer Fläche von l_s mal b_s dar, gemessen in g, die 15,36 g beträgt.

oben		
Winkel	Fläche	Regenmenge
0°	3,3	0,81012468
10°	0,37362308	0,0917216
20°	8,4289291	2,06923742
30°	17,0211617	4,17856459
40°	25,8892502	6,35561227
50°	34,7637422	8,53423197
60°	43,3749907	10,6482274
70°	51,4613475	12,633366
80°	58,7771125	14,4293301
ohne	62,56	15,358

Tabelle 3: Beregnung von oben in Abhängigkeit vom Winkel

Jedoch kommt bei der Winkeleinstellung α = 0° eine weitere Beregnung hinzu und zwar die von vorne oben, da der Regenschirm diesen Bereich nicht ausreichend bedeckt. Dieser Ausschnitt beträgt 0,55 cm x 6 cm und lässt sich ähnlich, wie die Fläche von vorne durch die Annahme, dass der Regentropfen, wie beim waagerechten Wurf fällt, berechnen. Man erkennt, dass bei 0° es eine minimale Beregnung gibt, was daran liegt, dass, wenn man den Fall des Tropfens als waagerechten Wurf betrachtet, er den Körper ein wenig trifft. Dann haben wir ein Minimum zwischen 10° und 20° durch die optimale Abschirmung und danach steigen die Werte wieder. Tabelle 4 zeigt die Beregnung von vorne und man kann sehen, dass am Anfang die Beregnung relativ hoch ist aber mit größer werdenden Winkel geringer wird. Jedoch gibt es auch hier ein Minimum an Beregnung und steigt wieder an.

Winkel	n	Beregnung
0	12,1150481	6,476
10	9,5001249	5,07821417
20	6,47458504	3,46093655
30	3,130358	1,6733073
40	-0,43094358	-0,23035737
50	-3,92668022	-2,09897484
60	-0,25916245	-0,13853317
70	3,29426964	1,76092493
80	6,62564683	3,5416854

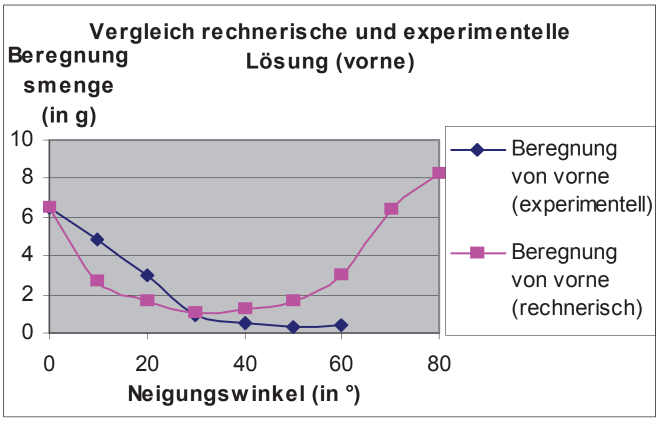
Tabelle 4: Beregnung von vorne in Abhängigkeit vom Winkel

3.5. Vergleich

Beim Vergleich zwischen den Werten, die aus dem Experiment und aus dem Errechnen gewonnen wurden, erkennt man, dass der Abwärtstrend bei beiden Graphen gleich ist und die

Beregnung bei 30° fast übereinstimmt. Jedoch unterscheiden sich ab 40° die Graphen sehr, was damit zu erklären ist, dass die Regendichte vernachlässigt wurde, wobei nicht nur dieser Fehler einen negativen Einfluss auf die Ergebnisse hatte (siehe **6. Fehleranalyse**).

Das andere Diagramm zeigt die Beregnung von oben und dort erkennt man, dass der Trend stimmt und, dass die Werte bei relativ kleinen Winkeln/großen Winkeln fast identisch sind. Jedoch gibt es bei beiden Graphen große Unterschiede, was die Werte angeht.



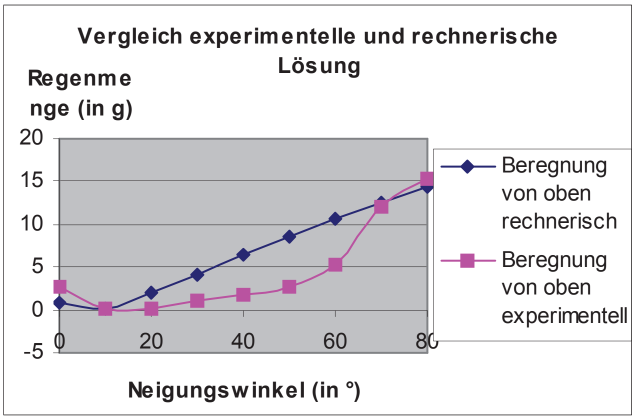


Diagramm 4: Vergleich rechnerische/experimentelle Lösung von vorne

Diagramm 4: Vergleich rechnerische/experimentelle Lösung von oben

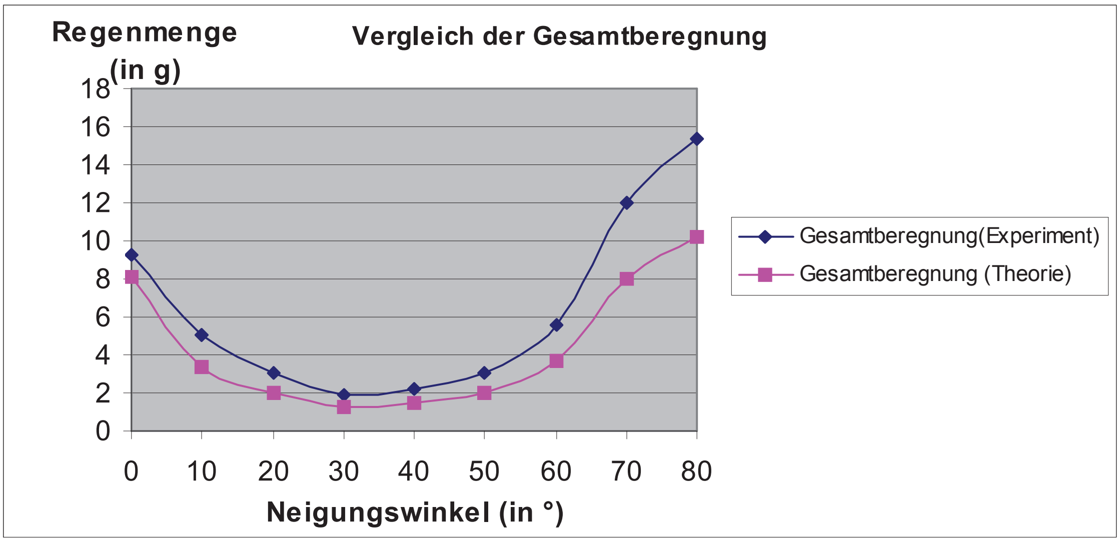


Diagramm 4: Vergleich der Gesamtberegnung

Bei der Gesamtberegnung kann man erkennen, dass das Rechnerische kaum vom Experimentellen abweicht und dass das Minimum bei 30° liegt, was die Gesamtberegnung angeht. Zwar unterscheiden sich die Werte um einiges bei größer werdendem Winkel, aber der Unterschied ist vertretbar, denn das Wichtigste ist bei beiden zu erkennen.

4. Zusammenfassung

Im Großen und Ganzen kann man sagen, dass es bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0,403 m/s einen guten Neigungswinkel gibt, der 30° beträgt. Außerdem wird deutlich, dass man selbst mit Regenschirm von oben nass wird und bei steigendem Winkel den Regen von vorne vollkommen abschirmen kann. Des Weiteren lässt sich das Experiment mithilfe der Theorie untermauern, weil beide Wege fast immer zu den gleichen Schlüssen führen.

5. Ausblick

Durch den experimentellen Aufbau eröffnen sich viele unterschiedliche Versuchsaufbauten. Zum Beispiel wäre die Auswirkung eines Regenschirms bei höheren Geschwindigkeiten interessant zu untersuchen, wobei auf diesem Gebiet einige Messdaten vorhanden sind. Außerdem wäre der Einfluss des Einfallwinkels des Regens spannend, denn dort können sich, meiner Meinung nach, faszinierte Erkenntnisse ergeben.

6. Fehleranalyse

Bei experimentellen Messungen ist ein gewisser Fehler fast immer vorhanden. Auch hier gibt es verschiedene Faktoren, die das Ergebnis in irgendeiner Weise beeinflusst haben.
Zum Beispiel ist die Regenmenge, die auf den Körper trifft nicht immer 100-prozentig konstant, jedoch sind die Unterschiede gering, sodass dies keine schwerwiegende Folgen auf das Ergebnis hat. Ferner ist der Regenschirm nicht immer exakt im angegebenen Winkel angebracht, wobei vor jedem gemessenen Versuch der Winkel mithilfe eines Geodreiecks überprüft wurde. Ein weiterer Fehler liegt beim Falten des Papiers, denn das Papier ist nicht quadratisch, weshalb es zu unterschiedlich großen Flächen kommt. Außerdem ist bei manchen Versuchen der Regenschirm so hoch gewesen, sodass dieser an die Regenrinne kam. Durch das unzureichende Abtrocknen des Styrodorkörper, kann es ebenfalls zu Fehlern kommen, denn dadurch wird das Papier minimal benässt, und es gibt die Möglichkeit, dass das Papier nicht vernünftig ausgewogen wurde.
Des Weiteren sind die Werte aus der mathematischen Lösung ebenfalls fehlerbehaftet, denn bei der Beregnung von oben gibt es die Möglichkeit, dass bestimmte Regentropfen, die an die Kante des Regenschirms gelangen und geteilt werden auch den Körper treffen. Jedoch die Größe eines Tropfens unbekannt ist, sowie dessen Teilungsverhalten, was zu einer Vernachlässigung dieser zusätzlichen Summe führt.
Eine weitere Sache, die bei der Beregnung von vorne vernachlässigt wurde, ist, dass die Regentropfen gleichmäßig beschleunigt sind, was dazu führt, dass die Regentropfen oben

aufgrund ihrer niedrigeren Geschwindigkeit stärker konzentriert sind als unten, aber bei den Rechnungen ging ich von einer gleichförmigen Bewegung der Tropfen aus.
Darüber hinaus wurde die Regenmenge vernachlässigt, die oben auf den Regenschirm trifft, durch die Neigung nach unten läuft und durch den Luftwiderstand an den Körper „gedrückt“ wird. Zuletzt kann gesagt werden, dass der Luftwiderstand allgemein vernachlässigt wurde. Dennoch sind die errechneten Werte brauchbar, denn die Fehler beeinflussen das Ergebnis nicht zu stark.

7. Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Biedermann, sowie meinen Freunden aus der Jugend-forscht AG Hermannsburg bedanken, denn ohne ihre Hilfe wäre dieses Projekt nicht entstanden. Ferner einen großen Dank an meine Familie, die mich trotz des zeitintensiven Projekts immer unterstützt haben.

8. Quellenangaben

Literaturhinweise:

[1a], [1b], [1c], [2a], [2b], [2c] Das große Tafelwerk interaktiv, Cornelsen, 2012, Seite 90
[3a],[3b] Das große Tafelwerk interaktiv, Cornelsen, 2012, Seite 92