



**Hochschule
Kaiserslautern**
University of
Applied Sciences

Referenz Protokoll zum Versuch:

Modellauto mit Rückstoßantrieb

MINT Praktikum II

Sommersemester 2016

Datum der Durchführung: 03.06.2016
Versuchsort: Technikum
Datum des Versuchsprotokolls: 10.06.2016

durch: Team 01
Fischer Artur, Matr.-Nr.: 873179
Hassel Christopher, Matr.-Nr.: 867182
Rusmidin Dody, Matr.-Nr.: 864956
Weis Jessica, Matr.-Nr.: 873135

Praktikumsleitung: Jürgen Edel
Verantwortlich: Prof. Peetz,
Prof. Wölker

Adresse: Hochschule Kaiserslautern
Campus Pirmasens
Carl-Schurz-Str.10-16
66953 Pirmasens

Das Protokoll vom Team 06 aus dem SoSe 2016 ist nur Referenz, wie ein gutes Protokoll aussehen kann, und kein Musterprotokoll, das einfach kopiert wird. Selber denken!

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Eidesstattliche Erklärung, Unterschrift	5
1. Einführung	6
1.1 Aufgabenstellung	6
1.2 Abgrenzung offener Fragen	6
1.3 Vorgehensweise	7
2. Modellauto mit Rückstoßantrieb	8
2.1 Theorie Rückstoßprinzip	8
2.1.1 Isaac Newton	8
2.1.2 Gesetze von Newton	9
2.1.3 Der Impuls	9
2.1.4 Die Impulserhaltung	10
2.1.5 Das Newtonpendel	11
2.1.6 Kraft, Masse & Beschleunigung	12
2.1.6.1 Masse	12
2.1.6.2 Kraft	12
2.1.6.3 Beschleunigung	12
2.2 Hintergrundinformationen	13
2.2.1 Spielzeugauto zum Aufziehen	13
2.2.2 Ammoniten	14
2.2.3 Tintenfische	14
2.3 Bedeutung	15
2.3.1 Raketenantrieb	16
2.3.2 Schubkraft & Ausströmungsgeschwindigkeit	17
2.3.3 Energie-Erhaltungssatz	17
2.3.4 Strahltriebwerk /Wasserstrahlantrieb	18
2.4 Arbeitshypothese	20
3 Zum Versuch	21
3.1 Versuchsbeschreibung	21
3.2 Material- und Geräteliste	23
3.3 Vorbereitung und Aufbau des Versuches	23
3.4 Versuchsdurchführung	25
4 Auswertungen	30

4.0.1 Auswertung V1	30
4.0.2 Auswertung V2	30
4.0.3 Auswertung V3	30
4.0.4 Auswertung A1	31
4.0.5 Auswertung A2	31
4.0.6 Auswertung A3	32
4.0.7 Auswertung A4	33
4.0.8 Auswertung A5	35
4.1 Darstellung der Ergebnisse	36
4.1.1 Darstellung V1	36
4.1.2 Darstellung V2	37
4.1.3 Darstellung V3	38
4.1.4 Darstellung A1	39
4.1.5 Darstellung A2	39
4.1.6 Darstellung A3	40
4.1.7 Darstellung A4	40
4.1.8 Darstellung A5	41
4.2 Fehleranalyse	43
5 Resüme	45
6 Quellenangaben	47
7 Anhang	50
8 Stundenprotokoll	54
9 Anteilsdokument	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftballon mit minimalem Überdruck im Inneren	8
Abbildung 2: Isaac Newton Portrait	8
Abbildung 3: Gerät zum Messen von Aufprällen und somit dem Impulsverhalten	10
Abbildung 4: Zu Dekorationszwecken benutztes Newtonpendel	11
Abbildung 5: Linke Seite vor dem Stoß, rechte danach	11
Abbildung 6: Spielzeugauto zum Aufziehen	13
Abbildung 7: So sahen in etwa Ammoniten aus	14
Abbildung 8: Anatomie eines Kalmars	15
Abbildung 9: Opelraketenauto bei voller Fahrt	15
Abbildung 10: Rakete beim Start; heißes Gas ist zu erkennen	16
Abbildung 11: Energie-Erhaltungssatz auf einer Halbpipeline	18

Abbildung 12: Nautilusähnlicher Impeller	19
Abbildung 13: Ablauf des Ausstoßes der Rückstoßantriebsgase	19
Abbildung 14: Fünf unterschiedliche, selbstgebastelte Kreisbänder	21
Abbildung 15: Maßband zur Streckenbestimmung und Startlinie	24
Abbildung 16: Start des Aufpumpvorganges	25
Abbildung 17: Ende des Aufpumpvorganges	26
Abbildung 18: Während des Aufpumpvorganges	26
Abbildung 19: Vorbereitung zum Start des Modellautos	26
Abbildung 20: Zuhalten der Lufteintrittsdüse zum Ballon	26
Abbildung 21: Schiefe Ebene beim Ausmessen der Höhen	28
Abbildung 22: Versuch V3 bei der Positionierung zum Start	29
Abbildung 23: Geometrie eines rechtwinkligen Dreieckes	33
Abbildung 24: Bestimmung des Schwerpunktes vom Modellauto	34
Abbildung 25: Diagramm zu V1 Fahrstrecke L_i	37
Abbildung 26: Diagramm zu V2 Betriebszeit t_i	38
Abbildung 27: Diagramm zu V3 Fahrstrecke L_k	39
Abbildung 28: Diagramm zu A4 Maximalgeschwindigkeit $v_{\max k}$	41

Tabellenverzeichnis

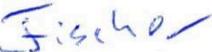
Tabelle 1: Höhen- und Beschleunigungsstrecken-Tabelle	28
Tabelle 2: Umrechnungstabelle der jeweiligen Höhen	35
Tabelle 3: Tabellarische Darstellung der gemessenen Fahrstrecken L_i aus V1	36
Tabelle 4: Tabellarische Darstellung der gemessenen Betriebszeiten t_i aus V2	37
Tabelle 5: Tabellarische Darstellung der Fahrstrecken L_k aus V3	38
Tabelle 6: Tabellarische Darstellung der Volumenberechnungen V_i aus A1	39
Tabelle 7: Tabellarische Darstellung der Schubkraftberechnungen F_i aus A2	39
Tabelle 8: Tabellarische Darstellung der Maximalgeschwindigkeiten v_{\max} aus A3	40
Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Maximalgeschwindigkeiten $v_{\max k}$ aus A4	40

Eidesstattliche Erklärung, Unterschrift

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbst verfasst habe. Ich versichere, alle Hilfsmittel und benutzten Quellen vollständig angegeben zu haben. Ich versichere hiermit an Eides statt, dass die elektronische Fassung des Werkes mit der für die Benotung abgegebenen Version übereinstimmt und dem digitalen Format bei der der Abgabe von Prüfungs- und Studienleistungen im Fachbereich (FB) ALP entspricht.

Weder wurde die Arbeit bereits veröffentlicht, noch war sie insgesamt oder in Teilen in gleicher oder ähnlicher Fassung Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung.

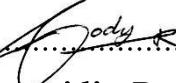
Pirmasens, 10.06.2016


.....

Fischer Artur


.....

Hassel Christopher


.....

Rusmidin Dody


.....

Weis Jessica

1. Einführung

Der Versuch "Modellauto mit Rückstoßantrieb" des MINT-II Praktikums ist Teil des Sommersemesters 2016 an der Hochschule Kaiserslautern am Campus Pirmasens im Studiengang Logistics - Diagnostics and Design (LDD) und Chemie- und Pharmalogistik (CPL) [1].

1.1 Aufgabenstellung

Der Hauptinhalt unserer Aufgabe besteht darin, anhand von Erkenntnissen verschiedener Versuche den Abschlusswettbewerb möglichst gut zu bestehen. Dabei soll das Verhalten eines Modellautos mit Rückstoßantrieb unter definierten Bedingungen untersucht und physikalische Prinzipien des Rückstoßes und der Reibung kennengelernt werden. Bei dem Wettbewerb muss eine Vorhersage, wie weit das Fahrzeug fahren wird, abgegeben werden. Die zurückgelegte Strecke soll hierbei im Bereich von zwei bis fünf Metern liegen und für die Vorhersage können die Ergebnisse der Auswertung der Versuchsanordnungen und Auswertungen benutzt werden.

Der Versuchsumfang besteht aus drei unterschiedlichen Versuchen mit jeweils zehn Durchführungen. Für die ersten beiden Versuche sollen fünf Papierkreisbänder mit unterschiedlichen Umfängen gebastelt werden. Für den dritten wird eine schiefe Ebene benötigt. Diese drei Versuche werden mit in der Anleitung mit V1, V2 und V3 bezeichnet und werden im dritten Kapitel dieses Protokolls, im Versuchsteil, und im vierten Kapitel, der Auswertung, genauer erklärt und beschrieben. Zusätzlich gibt es für die Auswertung noch fünf unterschiedliche Aufgabenstellungen (A1 bis A5). Diese werden im Auswertungsteil des Protokolls genauer erläutert und mit Rechenbeispielen dargestellt.

Der gesamte Versuch ist vollständig zu erfassen, die Messwerte im Protokoll (bzw. im Anhang) zu hinterlegen und jegliche Arbeits-, Planungs-, Dokumentations- und Vorlesungszeiten im Stundennachweis aufzunehmen. [1]

1.2 Abgrenzung offener Fragen

Für die offenen Fragestellungen gilt es zu betrachten wie der Versuch mit dem Modellauto mit Rückstoßantrieb (Ballonauto) durchgeführt werden soll. Unklar ist ob Versuchsanordnungen V1 und V2 in einem Lauf durchgeführt werden kann, ob das in der Anleitung angegebene Gewicht des Modellautos für die Auswertung

verwendet werden oder das Gewicht lieber selbst bestimmt werden soll, ob bei der schiefen Ebene die Strecke der Rampe zur Fahrstrecke mitgezählt werden soll oder nicht und ob die unterschiedlichen Höhen H_k bei V_3 den gleichen Winkel α haben sollen. Ebenso gilt es herauszufinden welche Ballonpumpe für den Versuch am geeignetsten ist.

Genauso gilt es aber auch vorher die exakte Aufgabenstellung zu betrachten, herauszufinden was überhaupt gemacht und bestimmt werden soll und welche Formel für welche Berechnungen verwendet werden kann. Die Formeln enthalten jedoch zum Teil Fehler und es sollten die richtigen Formeln herausgefunden werden.

1.3 Vorgehensweise

Nach der Versuchseinweisung in der MINT 2 Vorlesung vom 20.05.2016 durch Herr Edel waren noch einige Fragen zu diesem Versuch offen. Diese sollten vor der Versuchsdurchführung jedoch noch geklärt werden. Deswegen wurde zunächst die MINT-Anleitung genau studiert und dann bei der Fragerunde am 03.06.2016 zu diesem Versuch die übriggebliebenen Fragen an Professor Wölker gestellt.

Für die Versuchsdurchführung musste noch ein Durchführungsort mit niedrigem Reibungskoeffizient gewählt werden, weshalb der Boden des Technikums, welcher ein glatter Bodenbelag aus Linoleum ist, gewählt wurde. Außerdem mussten für die Anfertigung der Kreisbänder, Maßstäbe aus Papier in einem Möbelfachgeschäft besorgt werden.

Bei der Planung des Versuchszeitpunktes wurde ein Tag gewählt, der erstens nach der Fragerunde zu diesem Versuch ist und zweitens an dem auch zwei andere Teams dafür Zeit haben, um mit den Mitgliedern der anderen Teams Erfahrungen, Informationen, Vorgehensweisen und Erkenntnisse austauschen zu können.

2. Modellauto mit Rückstoßantrieb

In diesem Dokumententeil wird die relevante Theorie zu dem Versuch beschrieben, die Hintergrundinformationen erläutert, die Bedeutung dargestellt, aber auch Hypothesen für diesen Versuch erstellt.

2.1 Theorie Rückstoßprinzip

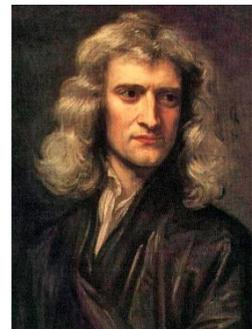
Dieses Prinzip wird für viele Antriebe genutzt. Beispielsweise bei Raketen oder Raketenautos, auf welche später noch genauer eingegangen wird. Das kleine Automodell, welches für diesen Versuch benötigt wird, funktioniert ebenfalls nach diesem Prinzip. Ein Luftballon dient hierbei als Rückstoßmotor. Das Rückstoßprinzip läuft bei einem Ballon wie folgt ab:

Sobald der Ballon mit Luft vollgepumpt wird, entweicht ein Luftstrom nach hinten, wenn die Öffnung (Düse) losgelassen wird. Dies führt dazu, dass der Ballon sich nach vorne bewegt, mitsamt dem Modellauto. Dieser Vorgang ist ein Teil des Gesetzes „Kraft = Gegenkraft“, welches auch unter dem Namen Rückstoßprinzip bekannt ist, welches von Isaac Newton entdeckt wurde. Nachdem Luft in das Innere des Ballons gelangt ist, herrscht im Inneren des Ballons ein minimaler Überdruck gegen die äußere Luft, somit wirken in jede Richtung der Ballonhaut Kräfte, welchen den elastischen Luftballon zum Ausdehnen bewegen. Wenn die Luft wieder entweicht, entstehen an der Austrittsöffnung Luftturbulenzen [3]



2.1.1 Isaac Newton

Isaac Newton wurde am 04.01.1643 in Woolsthorpe-by-Colsterworth in Lincolnshire geboren und verstarb am 31.3.1727, nach dem Gregorianischen Kalender, in Kensington. Sein Onkel sorgte dafür, dass er studieren gehen konnte und nicht den Gutshof übernehmen musste. Dadurch konnte Isaac seinem wissenschaftlichen Interesse nachgehen. Sein Studium schloss er dank seinem ausgeprägten Interesse und Fleiß schnell und sehr gut ab.



Er gilt als einer der wichtigsten Wissenschaftler und hat in vielen wissenschaftlichen Bereichen wichtige Beiträge geleistet, wie etwa in der Chemie, der Optik, der Dynamik, der Mathematik und der Himmelsmechanik. Am Verbreitetsten sind seine drei Grundgesetze: Das Trägheitsprinzip, das Prinzip „lex secunda“ oder auch Aktionsprinzip genannt, welches Kraft als Produkt von Masse und Beschleunigung definiert und das Prinzip „lex tertia“ („actio gleich reactio“), welches auch Wechselwirkungsprinzip, Gegenwirkungsprinzip, oder Reaktionsprinzip genannt wird. Letzteres ist auch als das oben beschriebene Rückstoßprinzip bekannt [5].

2.1.2 Gesetze von Newton

In der lateinischen Schrift „Philosophiae naturalis Principia matheatica“ hat Newton seine drei Mechanik Axiome niedergeschrieben. Wichtig für diesen Versuch ist das „Trägheitsprinzip-/ Gesetz“, welches das erste hiervon ist. Das zweite Gesetz ist das „Aktionsprinzip/ Kraftgesetz“ und das dritte das „Reaktionsprinzip/ Wechselwirkungsgesetz“ [7].

Aus zahlreichen alltäglichen Beispielen, wie etwa dem Beschleunigen und Abbremsen beim Autofahren, lässt sich ableiten, dass zwischen Kraft, Beschleunigung und Masse eine enge Verbindung besteht. Somit ergeben sich folgende Gesetze:

Die größere Kraft bremst oder beschleunigt den gleichen Körper stärker und die gleiche Kraft bremst oder beschleunigt den leichteren Körper stärker [vgl. 8].

Das erste Newtonsche Gesetz, das Trägheitsprinzip, sagt aus, dass ein Körper nicht beschleunigt wird, wenn keine Kräfte auf ihn einwirken. Er behält dann seinen Zustand, welcher entweder eine gleichförmige Bewegung, oder Ruhe ist [9].

2.1.3 Der Impuls

Der Impuls (\vec{p}) ergibt sich aus der Geschwindigkeit eines Körpers (\vec{v}) und seiner Masse (m):

$$\vec{p} = m * \vec{v}$$

Impuls und Bewegungsgröße sind ein und das Selbe. Da die Bewegungsgröße mit dem Kraftstoß zusammenhängt, nennt man den Kraftstoß oft auch Impuls [31].

2.1.4 Die Impulserhaltung

Newton hat den Impuls als eine Masse definiert, welche mit der Geschwindigkeit multipliziert wird. Wenn auf ein System keine äußeren Kräfte wirken, bleibt der Impuls immer erhalten. D. h., dass der Impuls, egal welches Ereignis eintritt, sowohl davor, als auch danach gleichbleibt.



Abbildung 3: Gerät zum Messen von Aufprällen und somit dem Impulsverhalten [12]

Als Beispiel lassen sich zwei Körper betrachten, welche einem Aufprall ausgesetzt werden. Z. B. zwei Schlitten, welche gegeneinander fahren. Es gibt elastische und unelastische Stöße. Bei einem elastischen Stoß der beiden Schlitten aufeinander bleibt sowohl der Impuls, als auch die kinetische Energie erhalten.

Ein unelastischer Stoß bedeutet, dass nur der Impuls erhalten bleibt. Die kinetische Energie dann aber zu Verformungsenergie umgewandelt wird. Somit lässt sich schlussfolgern, dass die Geschwindigkeit im Gegensatz zu dem Impuls nicht gleichbleibt [11].

2.1.5 Das Newtonpendel

Dieses Pendel ist auch unter dem Namen Kugelstoßpendel bekannt. Es zeichnet sich dadurch aus, dass fünf gleiche Metallkugeln mit jeweils zwei Fäden gleicher Länge in Reihe auf einer Höhe hängen.



Die Anzahl der Kugeln und das Material können je nach Modell variieren. So entstehen fünf einzelne Pendel mit identischer Pendellänge und Masse. Da die Aufhängepunkte am Rahmen des Newtonpendels denselben Abstand besitzen wie der Kugeldurchmesser, hängen diese senkrecht in Ruhe.

Wenn man nun die äußerste Kugel gegen die anderen Kugeln prallen lässt, führt das dazu, dass auf der anderen Seite eine Kugel abprallt und die fallen gelassene Kugel wieder stillsteht. Schwingt die abgestoßene Kugel nun zurück bleibt sie bei dem Aufprall stehen und auf der anderen Seite schwingt wieder die äußerste Kugel. Wenn man zwei Kugeln auf der einen Seite pendeln lässt, pendeln auf der anderen Seite auch zwei los. Die Geschwindigkeiten des Abstoßes und des Aufpralles bleiben ebenfalls identisch.

Somit lässt sich mit diesem Pendel der Impulserhaltungssatz veranschaulichen. Denn die linke stillstehende Kugel erfasst den Impuls, welcher von der aufgeprallten Kugel abgegeben wurde und leitet ihn nach rechts weiter. Die nachfolgenden Kugeln geben den Impuls ebenfalls weiter. Da die rechte äußere Kugel keinen Impuls mehr weiterleiten kann, wird sie abgestoßen [10].

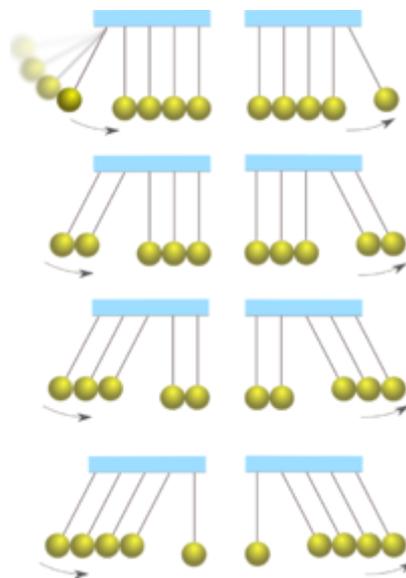


Abbildung 5: Linke Seite vor dem Stoß, rechte danach [10]

2.1.6 Kraft, Masse & Beschleunigung

2.1.6.1 Masse

Masse hat in der Physik die zwei Bedeutungen, die träge und die schwere Masse. Eine träge Masse ist ein Körper, welcher die Eigenschaft besitzt, seinen Bewegungszustand durch die Richtung oder den Betrag zu ändern, während er diese Änderung einem Widerstand entgegensetzt. Das Maß für träge Massen erhält

man durch die Größe des Widerstandes. Diesen findet man im Grundsatz der Dynamik.

Die schwere Masse bedeutet, dass ein Körper die Eigenschaft besitzt andere Körper durch die Gravitationswirkung anzuziehen und selbst von ihnen angezogen zu werden. Das Maß für diese Masse ist die Stärke der Anziehungskraft. Man findet sie im Newtonschen Gravitationsgesetz [13].

2.1.6.2 Kraft

Eine Kraft ist eine Ursache für eine Verformung oder Beschleunigung. Da die Kraft ein Vektor ist, muss sowohl ihre Richtung, ihr Betrag, als auch ihre Wirkungslinie bekannt sein, um sie beschreiben zu können. Für die Verformung von einem Körper ist der Ort des Angriffspunktes auf der Wirkungslinie wichtig. Für Kräfte, welche auf starre Körper wirken ist der Verschiebungssatz wichtig, welcher besagt, dass der Angriffspunkt von einer Kraft an der Wirkungslinie verschoben werden kann, da dabei kein vorhandenes Gleichgewicht von anderen Kräften gestört oder die Beschleunigung des starren Körpers beeinflusst wird [13].

2.1.6.3 Beschleunigung

Die Beschleunigung ergibt sich aus der Geschwindigkeitsänderung von einem bewegten Körper und der dazu erforderlichen Zeit. Eine gleichförmig beschleunigte Bewegung ergibt sich, wenn die erforderliche Zeit, der sich wiederholenden Geschwindigkeitsänderung konstant ist. Ansonsten spricht man von einer ungleichförmig beschleunigten Bewegung [14].

Somit ergibt sich die Formel für Kraft (\vec{F}), da diese mit der Masse (m) und der Beschleunigung (\vec{a}) in engem Verhältnis steht [13].

$$\vec{F} = m * \vec{a}$$

2.2 Hintergrundinformationen

In unserem Versuch, Modellauto mit Rückstoßantrieb, besteht die aus zwei Teilen bestehende Karosserie aus Plastik. Der Rückstoßantrieb bei diesem Fahrzeug, wird mit dem Aufpumpen eines Luftballons mit einer Pumpe erzeugt. Nach dem Aufpumpen wird die kreisförmige Öffnung im Heckteil des Fahrzeuges erst zugehalten und zum Starten des Fahrzeuges freigegeben. Die ausströmende Luft aus der Düse entsteht nach dem Rückstoßprinzip die Schubkraft F_{Schub} , welche das

Auto auf seine Geschwindigkeit beschleunigt. Sobald der Luftballon jedoch leer ist, fährt das Auto trotzdem noch ein Stückchen weiter, bis die Geschwindigkeit durch die Haftreibung des Bodens in Verbindung mit den Reifen, sowie durch die Luftreibung immer weniger wird und das Auto zum Schluss ganz stillsteht [1].

2.2.1 Spielzeugauto zum Aufziehen

Bei den Spielzeugautos zum Aufziehen herrscht ein ähnliches Prinzip. Zieht man das Auto nach hinten und drückt es dabei nach unten, rasten zwei Zahnräder zwischen der Hinterachse und dem Federmotor ineinander und bauen damit eine Spannung in der Stahlfeder des Antriebes auf. Außerdem ist bei diesen Autos die Hinterachse gefedert. Das bedeutet, dass zwischen den Chassis und der Hinterachse eine kleine Feder sitzt, deren Federdruck das Chassis hebt und die beiden Zahnräder wieder trennt. Dadurch fährt das Auto wieder los.



Abbildung 6: Spielzeugauto zum Aufziehen [16]

Wird das Spielzeugauto beim rückwärts bewegen nicht zusätzlich noch nach unten gedrückt, baut sich zwar trotzdem eine Spannung in der Feder auf, aber nicht so viel wie wenn man es dazu nach unten drückt. Ohne das Runterdrücken, müsste das Fahrzeug genauso weit zurückziehen, wie es dann nach vorne rollen soll.

Bei diesem Fahrzeug sind wieder die potentielle und die kinetische Energie für den Antrieb verantwortlich. In den Zahnrädern wird beim Zurückziehen kinetische Energie gespeichert, welche beim Loslassen diese in potentielle Energie umwandelt und damit das Auto antreibt [15].

2.2.2 Ammoniten

Ammoniten sind ausgestorbene Tiere, welche auf dem Boden des Meeres lebten. Ausgestorben sind sie vor 65 Millionen Jahren (in der Kreidezeit) und sind uns milliardenfach in den Absatzgesteinen der Jura-Zeit überliefert worden. Sie sahen ähnlich aus, wie der Nautilus. Sie waren also Weichtiere mit Armen und einem Rückstoßantrieb. Ihr Antrieb erfolgt durch einen Trichter, in welchen Wasser einfließt, welches sie dann mit ihrer Muskelkraft wieder ausstoßen. Somit kann der Ammonit sich Rückwärts bewegen.



Noch vor einiger Zeit wurde vermutet, dass Ammoniten, welche ein flacheres Gehäuse besaßen durch den verringerten Widerstand im Wasser, schneller durchs Wasser kamen, als welche mit größeren Gehäusen. Heutzutage wird angenommen, dass die verbesserte Wasserschnittigkeit dadurch nicht ausgenutzt werden konnte, da ein kleineres Gehäuse auch eine kleinere Rückstoßvorrichtung des Ammoniten bedeutete [17].

2.2.3 Tintenfische

Die Nachkommen der Ammoniten sind einige Arten der Tintenfische. Die Kalmare zum Beispiel pressen Wasser aus ihrer Mantelhöhle und nutzen somit den Rückstoß zur Fortbewegung. Mit einem röhrenförmigen Organ (Sipho) können diese Lebewesen ihre Bewegungen steuern, indem der Wasserstrom aus der Mantelhöhle damit gelenkt wird. Andere Tintenfische, wie der Krake, wandern hingegen mit Hilfe ihrer langen Fangarme am Boden des Ozeans entlang [19].

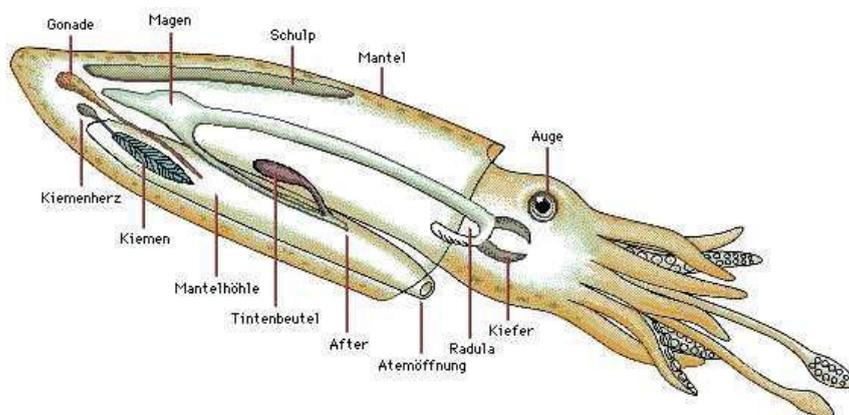


Abbildung 8: Anatomie eines Kalmars [20]

2.3 Bedeutung

Nach dem gleichen Prinzip wie das Modellauto mit Luftballonantrieb, funktioniert der Rückstoßmotor von Flugzeugen und Raketen. Dabei werden heiße Verbrennungsgase an die Luft nach außen abgegeben. In den 20er Jahren wurden von Max Valier auch Autos, Schienenfahrzeuge und Schlitten mit Rückstoßmotor hergestellt. Dabei hat der Automobilfabrikant Fritz mitgewirkt, welcher zu Opel gehörte.



Abbildung 9: Opelraketenauto bei voller Fahrt [22]

Der Treibstoff für den Antrieb besteht aus flüssigem Sauerstoff und Alkohol. Sobald die Treibsätze gezündet wurden, entwichen sehr große Flammen aus den Rohren und trieben somit das Raketenauto voran. Auf einem gefrorenen See erreicht das Fahrzeug eine Geschwindigkeit von ca. 400 km/h. Mit dem Modell RAK 2 erreichte Fritz auf dem Berliner Avus die Höchstgeschwindigkeit von 238 km/h. Dabei flog das Raketenfahrzeug eher, als dass es gefahren ist. Bei einem dieser Experimente starb Valier, woraufhin weitere Experimente verboten wurden. Das Deutsche Museum in München stellt heute noch ein Einmann- Raketenauto aus [21].

2.3.1 Raketenantrieb

Isaac Newton sagt über das Wechselwirkungsgesetz, dass zwischen Körpern immer wechselseitige Kräfte wirken, welche aber gleich groß sind, nur eben in entgegengesetzte Richtungen wirken, wie das Rückstoßprinzip. Als Beispiel lässt sich hierbei anführen, dass wenn mit einem Gewehr geschossen wird, ebenfalls ein Rückstoß entsteht. Diese Kraft wird mit der Schulter abgefangen. Genau die gleiche Kraft wird beim Raketenantrieb benötigt.

Bei diesem Rückstoßprinzip wird Materie nach hinten ausgestoßen, denn die Rakete befindet sich in einer nahezu luftleeren Umgebung im Weltall. Wäre sie auf dem Erdboden, könnte sie sich durch abstützen fortbewegen, wie beispielsweise Menschen beim Gehen. Wie beim Raketenauto auch, werden die verbrannten Gase in den Weltraum abgegeben, wodurch dieser Rückstoß, für den Vorderantrieb der Rakete sorgt. Die Triebwerke leiten diese Gase nach hinten aus. Nach dem gleichen Prinzip werden die modernen Flugzeuge und Feuerwerksraketen angetrieben [23].



Abbildung 10: Rakete beim Start; heißes Gas ist zu erkennen [24]

2.3.2 Schubkraft & Ausströmungsgeschwindigkeit

Die Rakete hat alle Stoffe enthalten, welche sie für ihren Antrieb benötigt. Sie funktioniert wegen dem Satz von der Erhaltung eines Impulses. Wenn die Rakete ruht beträgt ihr Gesamtimpuls Null. Sobald sie sich bewegt beträgt der Gesamtimpuls der ausgestoßenen Gase und des Körpers von der Rakete Null. Die Kraft (F) welche die Rakete antreibt wird Schubkraft genannt. Die Voraussetzung ist, dass das Gas gleichmäßig ausgetauscht wird.

Dann ergibt sich die folgende Formel, wobei m der Masse von den ausgestoßenen Gasen entspricht und c der Geschwindigkeit, mit welcher diese ausgestoßen werden. Der Buchstabe t ist die Zeit, welche dieser Vorgang benötigt. Dies wird Ausströmungsgeschwindigkeit genannt [25].

$$F = \left(\frac{m}{t}\right) * c$$

2.3.3 Energie-Erhaltungssatz

An folgendem Beispiel des Skatebords fahrenden Jungen lässt sich der Energieerhaltungssatz gut erklären:

Links oben auf dem höchsten Punkt besitzt der Junge ein Maximum an Lageenergie, gegenüber dem tiefer gelegenen Punkte auf der Halfpipe. Die Lageenergie ist auch als potentielle Energie bekannt. Er ist höher, als das Nullniveau, welches auf der Abbildung $h = \text{Null}$ ist. Da er noch nicht losgefahren ist, beträgt seine Geschwindigkeit Null. Somit hat er keine Bewegungsenergie, welche auch unter dem Namen kinetische Energie zu finden ist. Wenn er nun losfährt, nähert er sich dem tiefsten Punkt der Halfpipe. Dieser lag wie oben bereits erwähnt bei $h = \text{Null}$.

Durch die laufend abnehmende Höhe verliert er an Lageenergie, was dazu führt, dass seine kinetische Energie, also „ v “, zunimmt. Sobald er den Tiefpunkt erreicht hat, hat seine Bewegungsenergie ein Maximum angenommen und seine Lageenergie entspricht dann Null. Wenn er nun über den Tiefpunkt in Richtung rechts weiterfährt, nimmt seine Lageenergie wieder zu und die Bewegungsenergie sinkt. Wenn er nun den rechten oberen Punkt erreicht hat und dort stoppt, besitzt er wieder wie links am Anfang die maximale Lageenergie und keine kinetische Energie mehr.

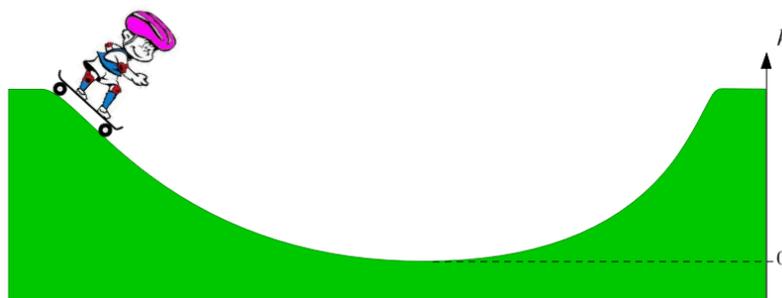


Abbildung 11: Energie-Erhaltungssatz auf einer Halfpipe [25]

Dieses Beispiel setzt eine Idealisierung voraus. Die Reibung der Luft und der Rollen wird vernachlässigt. Der Skateboardfahrer wird somit links oben und rechts oben dieselbe maximale Höhe erreichen und in der Mitte dieselbe Maximalgeschwindigkeit. Es wird davon ausgegangen, dass Reibung keine Rolle

spielt. Somit würde sich der Vorgang, des von links nach rechts und umgekehrt fahren ständig wiederholen.

Was jedoch nicht konstant ist, ist die Höhe und Geschwindigkeit des Jungen. Diese Größen ändern sich die ganze Fahrt über. Die Gesamtenergie, welche aus den Anteilen der Lageenergie und der Bewegungsenergie besteht, bleibt immer gleich.

Daraus lässt sich der Energieerhaltungssatz der Mechanik ableiten:

Sobald keine Beeinflussung von außen stattfindet, ist die Gesamtenergie immer die Gleiche in einem mechanischen und reibungsfreien System. Die Gesamtenergie lässt sich auf verschiedene mechanische Energieformen verteilen. Dies ergibt das Prinzip der Energieerhaltung [26].

2.3.4 Strahltriebwerk /Wasserstrahlantrieb

Der Wasserstrahlantrieb funktioniert wie beim Ammoniten durch Wasser, welches unter dem Rumpf durch einen ummantelten Propeller (Impeller) angesaugt wird. Anschließend wird das Wasser am Heck über bewegliche Düsen wieder ausgestoßen. Durch die bewegliche Düse lässt sich das Wasserfahrzeug lenken. Rückwärtsfahren lässt sich indem die Schubumkehrklappen an der Austrittsdüse den Wasserstrahl in die vordere untere Richtung ausgeben [27].



Abbildung 12: Nautilusähnlicher Impeller [28]

Dieser Antrieb sorgt wie bei Ammoniten auch für hohe Geschwindigkeiten. Er wird beispielsweise für Jet Skis, amphibische Militärfahrzeuge oder Rettungseinheiten genutzt [27].

Der Strahltriebwerkantrieb arbeitet ebenfalls nach dem Rückstoßantriebsprinzip. Verwendung findet dieser in der Luftfahrt, also z. B. bei Passagierflugzeugen. Dabei wird der Treibstoff, welcher entweder in flüssiger oder gasförmiger Form zum Einsatz kommt, mit Luft, welche während des Ansaugens verdichtet wurde, vermischt. Diese Mischung wird dann verbrannt. Dabei entsteht ein heißes Gas aus der überschüssigen Luft und den entstandenen Verbrennungsprodukten. Dieses heiße Gas tritt aus dem Triebwerk wieder aus, was dazu führt, dass dieser Schub dann die Reaktionskraft auf den Rückstoß darstellt. Die Strahltriebwerke beziehen ihren Sauerstoff aus der umliegenden Umgebungsluft. Da eine Rakete auch ins Weltall fliegt und das Raketentriebwerk ebenfalls Sauerstoff zum Verbrennen benötigt, muss diese ihren Sauerstoffbehälter mit sich führen [29].

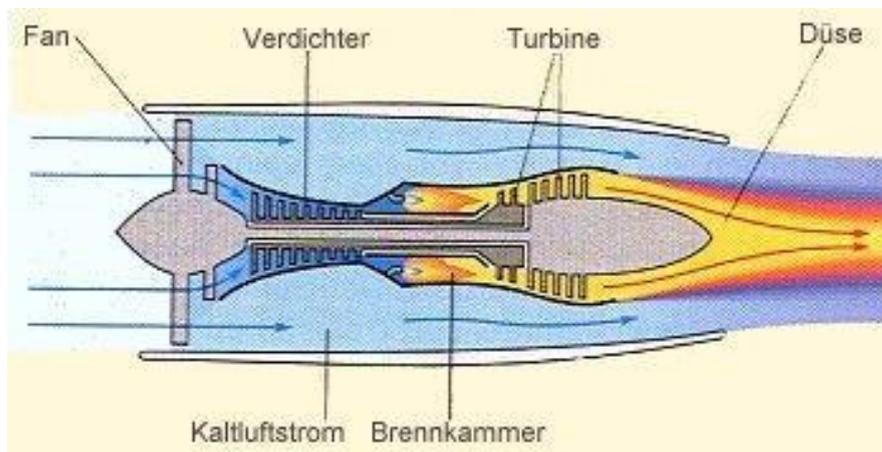


Abbildung 13: Ablauf des Ausstoßes der Rückstoßantriebsgase [30]

2.4 Arbeitshypothese

Bei diesem Versuch wird angenommen, dass je größer der Umfang des Ballons ist, desto weiter und desto länger das Auto fährt. Gleiches gilt bei dem Versuch mit der schiefen Ebene. Je höher der Startpunkt des Startes vom Auto liegt und je steiler der Winkel der schiefen Ebene ist, desto weiter fährt das Fahrzeug.

Jedoch wird es bestimmt nicht einfach sein den Versuch so durchzuführen, dass sich aus den Ergebnissen perfekte Werte für die Vorhersage bei dem Wettbewerb ergeben.

Kompliziert kann der Versuch selbst, aber auch die Auswertung werden. Wegen der Komplexität der Auswertung, können hierbei eventuell Fehler mit Folgefehlern entstehen.

Fischer Artur, Hassel Christopher, Rusmidin Dody, Weis Jessica: Modellauto mit Rückstoßantrieb vom 10.06.2016

Die Betriebszeiten werden wahrscheinlich nur näherungsweise den korrekten Betriebszeiten entsprechen, da bei diesem Versuch die Zeiten nur mit einer Stoppuhr gemessen werden und wegen der Reaktionszeit, diese folglich nicht exakt sein können.

3 Zum Versuch

Der Versuch Modellauto mit Rückstoßantrieb dient nicht nur zum Erlernen physikalischer Prinzipien wie Rückstoßprinzip, Impulserhaltung, und viele mehr, sondern auch zum Üben der exakten Arbeitshaltung und genauen Handhabungsweise und Vorgehensweise bei physikalischen Versuchen. Ebenso ist dieser Versuch eine Vorbereitung zum Kennenlernen des Modellautos und zum Bestimmen der Fahrstrecken für den Wettbewerb, bei dem vorhergesagt werden muss wie groß die Fahrstrecke bei einem gewählten Umfang sein könnte. Deswegen gilt es bei der Vorbereitung zum Versuch und bei der Versuchsdurchführung möglichst exakt vorzugehen um Fehler zu vermeiden und um brauchbare Ergebnisse für den Wettbewerb zu erhalten.

3.1 Versuchsbeschreibung

Um den Abschlusswettbewerb möglichst gut zu bestehen, sollen bei diesem Versuch Untersuchungen zu dem Verhalten des Modellautos mit Rückstoßantrieb unternommen werden. Dazu sind in der MINT-Anleitung die zu erledigenden Vorversuche (V1 bis V3) und Auswertungen (A1 bis A5) vorzunehmen. Diese Versuchsbeschreibung beschreibt die Vorversuche V1 bis V3:

Bei dem ersten Vorversuch soll die zurückgelegte Strecke L_i gemessen werden, welche das Modellauto nach dem Aufpumpen des Luftballons zurücklegt. Dazu werden aus fünf Papiermaßstäben Kreisbänder mit unterschiedlichen Umfängen gebastelt, um mit deren Hilfe den Luftballon auf den jeweiligen Umfang aufzupumpen. Dabei soll jedoch nur so lange aufgepumpt werden, bis der Ballon über den Umfang des Kreisbandes verfügt, aber das Kreisband sich trotzdem noch leicht entfernen lässt.



Abbildung 14: Fünf unterschiedliche, selbstgebastelte Kreisbänder

Das Auto wird mit dem Ende des Hecks an die Startlinie gesetzt und die Luftzufuhr geöffnet, damit das Auto sich in Bewegung setzt. Das Modellauto soll für jeden der fünf Umfänge zehn Mal fahren gelassen und von den gemessenen Werten, die notiert worden sind, der Mittelwert und die Standardabweichung gebildet werden. Des Weiteren sollen die Mittelwerte in ein Diagramm eingefügt und von den Mittelwerten eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt werden.

Im zweiten Vorversuch soll die Betriebszeit in Abhängigkeit vom Ballonumfang gemessen werden. Dabei soll mit einer Stoppuhr zehn Mal die Betriebszeit des Rückstoßantriebes gemessen werden. Davon sollen ebenfalls der Mittelwert und die Standardabweichung gebildet werden. Genauso wie im ersten Versuch soll aus den gebildeten Mittelwerten ein Diagramm mit einer linearen Trendlinie, Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt werden.

Um die Betriebszeiten t_i zu messen soll hierbei der Luftballon mit Hilfe des von uns gebastelten Kreisbandes auf den gewünschten Umfang aufgepumpt und erneut an die Startlinie gesetzt werden. Hierbei soll die Zeit gestoppt werden, die das Auto für die zurückgelegte Strecke gebraucht hat. Die Werte der Fahrstrecke werden ebenfalls in die Tabelle eingetragen.

Beim letzten Vorversuch soll mit Hilfe einer selbstkonstruierten schrägen Ebene das Fahrzeug aus fünf verschiedenen Höhen gestartet und pro Höhe zehn Fahrstrecken bestimmt werden. Der Luftballon soll dabei nicht aufgepumpt, aber auch nicht entfernt werden, weil das Fahrzeug dadurch eine andere Masse als bei den

Versuchen V1 und V2 hätte und zum Schluss die Ergebnisse nach bestimmten Berechnungen miteinander verglichen werden sollen. Die Fahrstrecke soll ab der Startrampe gemessen und somit die Beschleunigungsstrecke der Rampe nicht mitgemessen werden. Es ist zu beachten, dass das hintere Ende des Hecks vom Auto an der Startlinie steht. Ebenfalls werden Mittelwerte aus den zehn Fahrstrecken pro Höhe H_k und Standardabweichungen gebildet. Die Mittelwerte der Fahrstrecken, in Abhängigkeit zu den Höhen, werden in ein Diagramm eingetragen und eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt [1].

3.2 Material- und Geräteliste

Folgende Materialien, Hilfsmittel und Geräte wurden bei der Durchführung und beim Aufbau des Versuches benötigt:

- Modellauto mit Luftballon
- Ersatzluftballon
- Luftpumpe
- Klebeband
- Kreppband
- Schreibblock
- Rohdaten-Tabellen
- Stifte
- Geodreieck
- 4 blaue KLT's vom AKL
- Brett für schiefe Ebene
- 30 m Glasfaser-Bandmaß
- Gliedermaßstab
- Papiermaßstäbe vom Möbelfachgeschäft
- Smartphone mit Stoppuhrfunktion
- Zimmermannswinkel

3.3 Vorbereitung und Aufbau des Versuches

Im Vorfeld wurden von einem Teammitglied Rohdaten-Tabellen mit Excel erstellt, um darin die Rohdaten des Versuches erfassen zu können. Vor dem Beginn der eigentlichen Versuchsdurchführung im Technikum wurden erstmal die Aufgaben (Rollen) zu diesem Versuch verteilt. Danach wurde das 30 m Glasfaser-Bandmaß

ausgelegt, um damit die gefahrene Strecke abzumessen und mit Kreppband eine Startlinie auf den Boden geklebt.

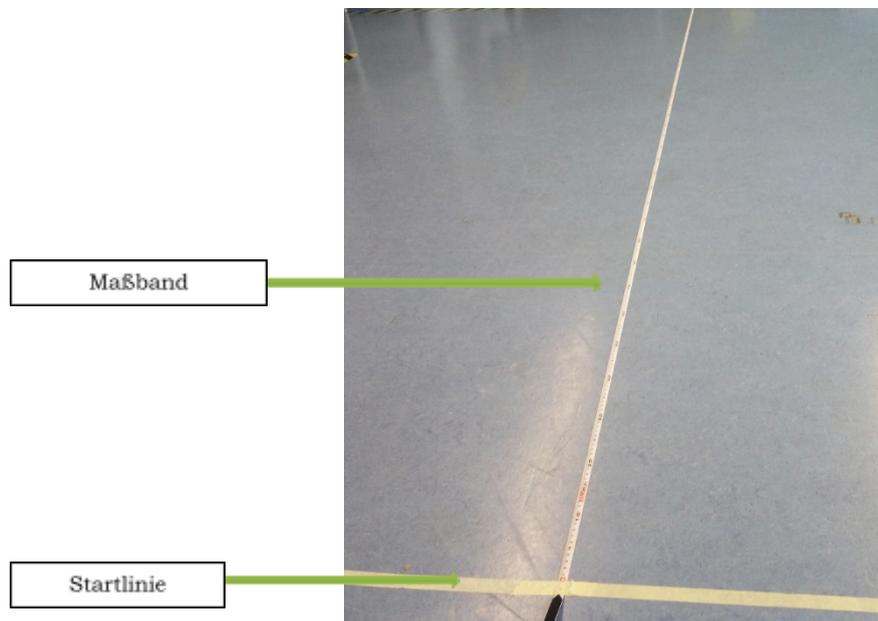


Abbildung 15: Maßband zur Streckenbestimmung und Startlinie

Daraufhin wurde die Funktionsweise des Modellautos studiert und das Aufpumpen des Luftballons mit der Pumpe geübt. Dies erwies sich schwerer als am Anfang vermutet. Das umgreifen vom Pumpvorgang, bis zum Hinstellen des Wagens auf den Boden bereitete uns einige Schwierigkeiten, da die Luft bei diesem Vorgang verloren ging, weil die Luftzufuhr nicht richtig abgedeckt war. Wie der Versuch durchgeführt werden muss war klar, aufgrund von ausführlicher Recherche, jedoch bestanden noch einige wenige Unklarheiten, die mit der uns assistierenden Praktikumsleitung dann auch noch geklärt werden konnten.

Bevor der Versuch beginnen konnte, wurden noch die Umfänge der Kreisbänder bestimmt und diese gebastelt. Dabei wurden Papiermaßbänder, welche zuvor in einem Möbelgeschäft besorgt wurden, genommen und auf die vorher bestimmten Umfänge U_i mit Kreppband zusammengeklebt. Das übrig gebliebene abstehende Stück des Papiermaßbandes wurde mit einer Schere abgeschnitten. Daraus ergaben sich die fünf Kreisbänder mit den Umfängen von 30 cm, 33 cm, 35 cm, 38 cm und 40 cm.

Da unser erstes Auto scheinbar über eine Krumme Achse und Rädern mit Unwucht verfügte, wurde dieses von Herr Edel gegen ein anderes ersetzt. Das Fahrverhalten des neuen Autos war definitiv zufriedenstellender. Sobald alle Mitglieder nun bereit

waren und die korrekte Vorgehensweise durch die vielen Testversuche herausgefunden war, konnte der Versuch schließlich beginnen.

3.4 Versuchsdurchführung

Nach erfolgtem Versuchsaufbau, der Arbeitsverteilung und den Testversuchen konnte nun mit dem Versuch „Modellauto mit Rückstoßantrieb“ begonnen werden. Jedoch wurde beim Start des Versuches bemerkt, dass die Versuche V1 und V2 am besten in einem Lauf gemacht werden sollten, da bei jedem Durchgang die Fahrstrecke und die Betriebszeit gemessen werden kann. Obwohl es so nicht in der Anleitung vermerkt ist, ist dies dennoch die bessere Lösung, da so die passenden Betriebszeiten, zu den gemessenen Fahrstrecken bestimmt werden können und die Abhängigkeiten von Betriebszeit zu der gefahrenen Strecke miteinander verglichen werden können.

Um den Ballon des Modellautos aufzupumpen, reicht eine Person nicht aus. Deswegen hat eine andere Person das Auto und den selbstgebastelten Umfangmaßstab zum bestimmen des Umfanges gehalten, während die andere Person den Luftballon mit der Pumpe aufpumpte.

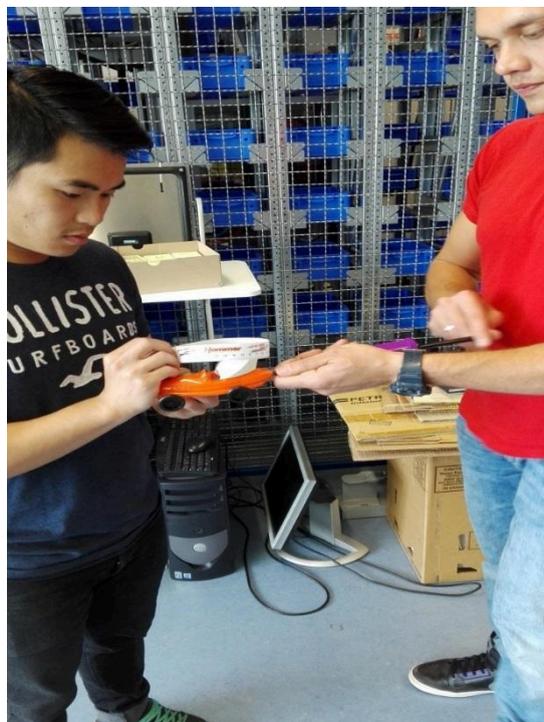


Abbildung 16: Start des Aufpumpvorganges

Dabei musste die Person, die das Modellauto hielt mit einer gewissen Kraft dagegen drücken, damit die andere Person das Ventil der Luftpumpe fest gegen die Düse des

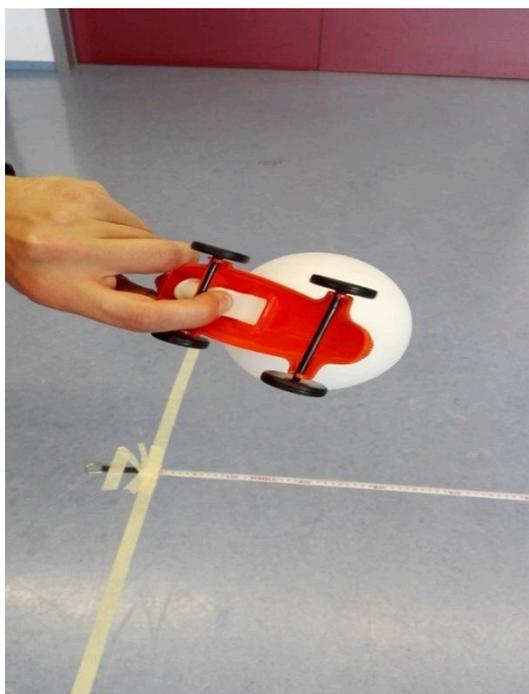
Modellautos drücken konnte, um zu vermeiden, dass die Luft während des Aufpumpens wieder entweicht. Der Luftballon erhielt mit jedem weiteren Pump mehr Luft, bis er letztendlich den von uns gewünschten Umfang hatte.



Abbildung : Während des Aufpumpvorganges

Abbildung : Ende des Aufpumpvorganges

Nun wurde das Kreisband vorsichtig von dem aufgepumpten Luftballon gelöst und damit die Luft des Ballons nicht entweicht, mit dem Finger auf der Unterseite des Modellautos die Luftzufuhrdüse, an der der Ballon befestigt ist, zugehalten. Danach wurde die Luftpumpe aus der Düse gezogen, die Pumpe weggelegt und mit einem Daumen die Düse zum Aufpumpen zugehalten.



Der andere Finger konnte jetzt von der Lufteintrittsdüse zum Ballon entfernt und das Auto vorne an der Spitze festgehalten werden (siehe Abbildung oben). Jetzt wurde das Auto betriebsbereit mit dem Heck an die Startlinie gestellt und sobald die Person, die für das stoppen der Betriebszeiten soweit war, der Start eingeleitet. Für den Start wurde der Finger von der Spitze weggeholt und das Auto fing unmittelbar, durch den Druck im Ballon, an nach vorne zu fahren. Der Startvorgang wurde jedoch durch das Runterzählen (3...2...1...Go!) eingeleitet, damit die Zeitbestimmung mit dem Handy auch zeitgleich eingeleitet werden konnte.

Das Auto war nun in Bewegung und die Luft aus dem Ballon strömte aus bis dieser leer war. Danach fuhr das Auto noch solange weiter, bis die aufgebaute potentielle Energie verbraucht war und es schließlich wieder zum Stillstand kam. Sobald es gestanden hat, wurde die Zeitmessung direkt beendet und die ermittelte Betriebszeit in die Rohdaten-Tabelle übertragen. Von einem anderen Mitglied wurde folglich die Fahrstrecke mit Hilfe eines Zimmermannwinkels, welches im rechten Winkel an das Maßband gehalten wurde, abgelesen. Dabei sollte die Strecke bis zum Heck des stillstehenden Fahrzeuges gemessen werden. Der erste Durchlauf war somit beendet und der zweite konnte eingeleitet werden.

Der Ablauf aller Durchläufe und der der Durchläufe mit den anderen Kreisbändern war derselbe wie bisher beschrieben, bis auf die Tatsache, dass beim Abziehen des Kreisbandes vom Luftballon beim fünften Versuch, mit dem dritten Kreisband U_3 , der Ballon geplatzt ist und ein neuer Luftballon hermusste. Dieser wurde ausgewechselt und der Versuch weiter mit dem neuen Luftballon durchgeführt.

Es folgt der Versuch mit der schiefen Ebene. Dafür benötigten wir das Brett, welches Herr Edel uns zur Verfügung stellte, und KLT's zum Aufbau der schiefen Ebene. Die Kantenhöhe des Brettes beträgt 6 mm. Mit den beiden KLT's unter der Hinterseite des Brettes wurde das Brett in eine Schiefebene versetzt und die Vorderseite des Brettes bündig zur Startlinie positioniert. Mit Hilfe eines Geodreieckes wurde ein Winkel der Schräge von 13° gemessen. Auf dem Brett legten wir mit Kreppband fünf Höhen fest und messten diese, sowie auch die Länge der Beschleunigungsstrecke (Hypotenuse bei einem Dreieck) aus.

n-Wert H_k	Höhe (cm)	Hypotenuse (cm)
1	6,9	27,3
2	8,8	35,7
3	10,6	43,0
4	13,4	54,0
5	16,7	67,5

Tabelle 1: Höhen- und Beschleunigungsstrecken-Tabelle

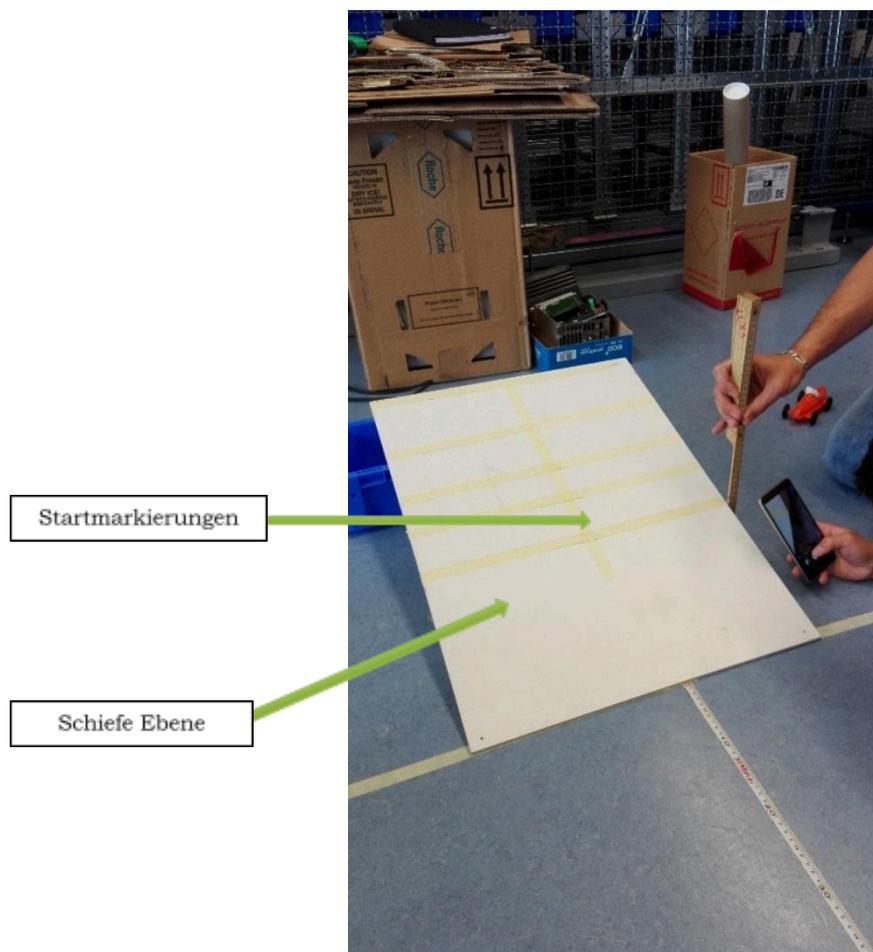


Abbildung 21: Schiefe Ebene beim Ausmessen der Höhen

Wir setzten das Modellauto mit leerem Luftballon, beginnend bei der ersten Höhe, mit der Heckseite an die Klebebandmarkierung und ließen es los. Auf der Beschleunigungsstrecke (der schiefen Ebene) sammelte das Auto nun Energie und beschleunigte dadurch. Nach dem Verlassen der schiefen Ebene wandelte das Auto die gesammelte potentielle Energie in die Fortbewegung um, bis diese ganz verbraucht war und das Auto zum Stillstand kam.

Sobald es still stand wurde wieder am Heck des Fahrzeuges mit Hilfe des Zimmermannwinkels die Fahrtstrecke gemessen und protokolliert. Bei diesem Messversuch war keine Zeit zu stoppen. Ebenso waren für die oben genannten Höhen jeweils zehn Durchgänge nötig, die wir auch nacheinander wie oben beschrieben durchführten. Dabei notierten wir nach jedem Messversuch die Strecke in unsere erstellte Rohdaten-Tabelle.

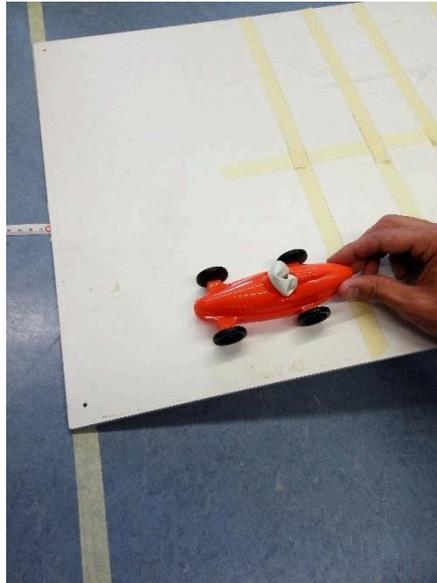


Abbildung 22: Versuch V3 bei der Positionierung zum Start

Zum Abschluss, als Bonus, veränderten wir den Winkel der schiefen Ebene auf 26° , durch das unterstellen zweier weiterer KLT's unter das Brett. Die Höhe betrug hierbei 30,3 cm. Diese Sondermessung soll uns bei der späteren Auswertung die Unterschiede der Beschleunigung mit doppelt so großen Winkeln zeigen. Hiervon wurden ebenfalls zehn Durchgänge mit denselben Voraussetzungen durchgeführt und die Fahrtstrecken protokolliert.

4 Auswertungen

Nach erfolgter Versuchsdurchführung wurden zunächst die ermittelten Rohdaten in Excel-Tabellen übertragen. In der MINT-Anleitung sind zu diesem Versuch gewisse Aufgaben definiert. Diese gliedern sich in V1, V2, V3, A1, A2, A3, A4 und A5. Diese Auswertung wird folglich auch in diese Gliederungspunkte unterteilt und zum Schluss alle Ergebnisse dargestellt.

4.0.1 Auswertung V1

Die bei dem Versuch protokollierten Längenwerte wurden in eine Excel-Tabelle übertragen, wobei auf der horizontalen Ebene die fünf verschiedenen Umfänge von U_1 und auf vertikaler Ebene die jeweilige Durchführungsnummer stehen. Aus den Werten für jeweils einen Umfang wurden Mittelwerte mit der Excel-Funktion „=Mittelwert(Bereich wählen)“ und die Standardabweichungen mit der Funktion „=Stabwn(Bereich wählen)“ gebildet.

Mit den ermittelten Mittelwerten wurde in Abhängigkeit von den Umfängen U_i ein Punkt-Diagramm erstellt und eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt. Die Achsen des Diagrammes wurden noch beschriftet und das Diagramm graphisch verschönert. Die Tabelle und das Diagramm sind in Kapitel 4.1 Darstellung der Ergebnisse zu finden.

4.0.2 Auswertung V2

Genau wie bei V1 wurden hier die gemessenen Zeiten der Versuchsdurchführung in eine Tabelle übertragen und aus den elf Durchgängen Mittelwerte und Standardabweichungen gebildet. Ebenso wurde hier ein Diagramm mit den Mittelwerten der jeweiligen Zeiten jedes Umfanges in Abhängigkeit von den Umfängen U_i erstellt und eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß gebildet. Wie bei dem Diagramm von V1 wurden bei diesem auch die Achsen beschriftet und das Diagramm graphisch verschönert.

4.0.3 Auswertung V3

Die Fahrstrecken aus dem Versuch mit der schiefen Ebene wurden in eine Excel-Tabelle übertragen, wobei auf der horizontalen Ebene die verschiedenen Höhen H_k und auf der vertikalen Ebene die entsprechenden Durchgangsnummern aufgeführt sind. Für eine bessere Übersicht wurden hier noch die gemessenen Längen der Hypotenuse und der gemessene Winkel α eingetragen.

Von den elf gemessenen Längenwerten einer Höhe wurden hierbei ebenso die Mittelwerte und die Standardabweichungen ermittelt. Dann wurde ein Punkt-Diagramm aus den Mittelwerten in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Höhen H_k erstellt, eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt und das Diagramm beschriftet und verschönert.

4.0.4 Auswertung A1

Aus den fünf verschiedenen Umfängen aus V1 wurde hier das Ballonvolumen errechnet. Dabei wurde angenommen, dass der Ballon einer idealen Kugel entspricht und die Formel für das Volumen einer Kugel zu berechnen verwendet. Da bis jetzt jedoch nur der Umfang bekannt war, musste vorerst noch der Radius oder der Durchmesser des geklebten Papierstreifens berechnet werden. Die Formel für den Radius mit einem Anwendungsbeispiel zu dem Umfang von 30 cm lautet wie folgt:

$$r = \frac{U}{2\pi} = \frac{0,3\text{ m}}{2\pi} = 0,0477\text{ m}$$

Dabei wurde der Umfang in Meter angegeben, um bei den folgenden Rechnungen nicht noch extra umrechnen zu müssen. Aus dem berechneten Radius kann nun mit folgender Formel das Volumen des Ballons bestimmt werden.

$$V = \frac{4}{3}\pi * r^3 = \frac{4}{3}\pi * (0,0477\text{ m})^3 = 0,0004546\text{ m}^3$$

Wobei sich hier das Ergebnis dem der Excel-Berechnung aufgrund von Rundungsfehlern leicht unterscheidet. In Excel wird jedoch mit den vollständigen Gleitkommazahlen gerechnet, aber nur die eingestellte Dezimalstelle nach dem Komma angezeigt.

4.0.5 Auswertung A2

In diesem Auswertungsteil wird die Berechnung der Schubkraft F_{Schub} für die fünf verschiedenen Umfangswerte U_i genauer beschrieben. Als erstes wird jedoch der Volumenstrom V_i' berechnet. Dafür werden die in A1 errechneten Volumenwerte V_i der verschiedenen Umfänge U_i und die in A2 gebildeten Mittelwerte der Betriebszeiten benötigt. Die Formel um den Volumenstrom zu berechnen lautet wie folgt:

$$V'_i = \frac{V_i}{t_i} = \frac{0,0004559 \text{ m}^3}{4,6372 \text{ s}} = 0,000098322 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dabei wurde aber das genauere Volumen der Excel-Auswertung verwendet und nicht das Ergebnis mit den Rundungsfehlern der obigen Rechnung.

Der zweite Faktor, der für die Berechnung der Schubkraft erforderlich ist, ist die Luftstromgeschwindigkeit v_{Luft} . Dafür muss zuerst aber die Kreisfläche A der Austrittsdüse des Modellautos berechnet werden. Der Durchmesser dieser Düse D ist 6 mm und die Kreisfläche dazu wird mit folgender Formel berechnet.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0,006 \text{ m})^2}{4} = 0,0000282743 \text{ m}^2$$

Das Ergebnis entspricht einer Kreisfläche von 28,27 mm², jedoch wurde in Excel nicht in Quadratmillimeter umgerechnet. Nachdem die Kreisfläche bestimmt wurde, kann nun unter Vernachlässigung des Einflusses des Ballondruckes die Luftstromgeschwindigkeit (Strömungsgeschwindigkeit) berechnet werden. Die Formel dafür lautet wie folgt:

$$v_{\text{Luft}} = \frac{V'_i}{A} = \frac{0,000098322}{0,0000282743} = 3,47742 \text{ m/s}$$

Das bedeutet, dass die Luft des Ballons aus der Düse mit einer Geschwindigkeit von 3,477 m/s ausströmt. Da die Strömungsgeschwindigkeit nun bekannt ist, kann mit dem errechneten Volumenstrom V'_i und der in der Anleitung vorgegebenen Luftdichte ρ_{Luft} von 1,28 kg/m³ die Schubkraft des jeweiligen Umfangwertes U_i bestimmt werden. Die Formel zur Berechnung der Schubkraft lautet:

$$F_i = \rho_{\text{Luft}} * V'_i * v_{\text{Luft}} = 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,000098322 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 3,47742 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,000437641 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2}$$

4.0.6 Auswertung A3

Aus der in A2 berechneten Schubkraft F_i multipliziert mit der Betriebszeit t_i wird in diesem Teil der Auswertung der Kraftstoß S_i bestimmt. Der Kraftstoß dividiert

durch die Masse m_{auto} des Modellautos ergibt die Maximalgeschwindigkeit v_{max} . Die Formeln für diese beiden Berechnungen lauten wie folgt:

$$S_i = F_i * t_i = 0,000437641 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2} * 4,6372 \text{ s} = 0,00202945 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{max}} = \frac{S_i}{m_{\text{auto}}} = \frac{0,00202945 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}}}{0,0327 \text{ kg}} = 0,062 \text{ m/s}$$

Das bedeutet, dass das Modellauto mit einem Ballonumfang von 30 cm eine Maximalgeschwindigkeit von 6,2 cm/s erreicht hat. Bei dem in unserem Versuch größten Ballonumfang von 40 cm erreichte das kleine Plastikfahrzeug eine Geschwindigkeit von 22,2 cm/s.

4.0.7 Auswertung A4

In diesem Teil der Auswertung wird die Maximalgeschwindigkeit v_{maxk} der Modellautos aus dem Versuch V3 mit der schiefen Ebene zu unterschiedlichen Höhen H_k bestimmt. Dafür wird der Energie-Erhaltungssatz „ $m/2 * v_{\text{max}}^2 = m * g * H$ “ (kinetische Energie = potentielle Energie) benötigt. Dieser wird nach der Maximalgeschwindigkeit v_{maxk} umgestellt und lautet nach der Umstellung wie folgt:

$$v_{\text{maxk}} = \sqrt{2 * g * H} = \sqrt{2 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,069 \text{ m}} = 1,16352052 \text{ m/s}$$

Das bedeutet, dass das Fahrzeug bei der Höhe H_1 von 6,9 cm eine Maximalgeschwindigkeit von 1,16 m/s erreicht hat.

Nach einem Gespräch bezüglich Unklarheiten zu der Auswertung mit Herr Edel und Herr Wölker wurde festgestellt, dass bei dieser Rechnung nicht die Höhe an dem das Fahrzeug losgelassen wurde, sondern die Höhe an der das Fahrzeug seinen Schwerpunkt hat für diese Berechnung genommen werden soll. Die richtige Höhe wurde mit folgenden Berechnungen umgerechnet:

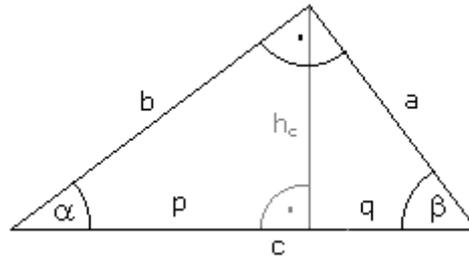


Abbildung 23: Geometrie eines rechtwinkligen Dreieckes [2]

Bekannt ist die Seite b und der Winkel α aus obiger Abbildung. Berechnet werden müssen Die Abschnitte und Seiten a, c, q und p müssen für die richtige Höhe zu ermitteln noch bestimmt werden. Da die Seite b jedoch die Hypotenuse ohne Betracht zum Schwerpunkt des Modellautos darstellt, muss vorher der Schwerpunkt bestimmt werden und die Fläche die über den Schwerpunkt hinausragt von der Seite b (Hypotenuse) abgezogen werden. Der Schwerpunkt wurde bestimmt, indem ein Faden um das Modellauto gebunden wurde und dieses am Faden in die Luft gehoben wurde.



Abbildung 24: Bestimmung des Schwerpunktes vom Modellauto

Sobald beim vor- und zurückschieben des Fadens an der langen Seite des Modellautos das Fahrzeug gerade (horizontal) in der Luft gehangen hat, war der Schwerpunkt bestimmt. Nun wurde die Entfernung vom Faden zum Heck mit einer Schieblehre gemessen und der gemessene Wert von der bisherigen Hypotenuse

abgezogen. Für die Höhe H_1 lag diese bei 27,3 cm und abzüglich der gemessenen Entfernung von Faden bis Heck des Fahrzeuges liegt sie jetzt bei 21,8 cm ($27,3 \text{ cm} - 5,5 \text{ cm} = 21,8 \text{ cm}$). Dieses Verfahren zum Ermitteln des Schwerpunktes ist zwar nicht zu hundert Prozent genau, aber dadurch lässt sich dennoch die Berechnung der Maximalgeschwindigkeit v_{maxk} genauer bestimmen, als mit der Starthöhe zu rechnen. Mit dieser neuen Seite b wurden die anderen benötigten Seiten und Abschnitte berechnet:

$$a = b * \tan \tan (\alpha) = 21,8 * \tan \tan (13^\circ) = 5,032926567c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{5,032926567^2 + 21,8^2} = 22,3734$$

Diese Berechnung der neuen Höhe wurde auch für alle anderen Höhen H_k angewendet und das oben beschriebene Verfahren zur der Berechnung der Maximalgeschwindigkeit mit dem Energie-Erhaltungssatz zuzüglich für diese Höhen angewendet.

Umrechnung der Höhen H_k in H_{neu}						
Seite (cm)	Seite (cm)	Seite (cm)	Abschnitt (cm)	Abschnitt (cm)	Hneu (cm)	Hneu (m)
b	a	c	q	p	h	h
21,800 0	5,0329	22,373 4	1,1322	21,2413	4,9039	0,049 0
30,200 0	6,9722	30,994 4	1,5684	29,4260	6,7935	0,067 9
37,500 0	8,6576	38,486 4	1,9475	36,5389	8,4357	0,084 4
48,500 0	11,197 1	49,775 7	2,5188	47,2569	10,910 1	0,109 1
62,000 0	14,313 8	63,630 9	3,2199	60,4109	13,947 0	0,139 5
62,000 0	30,239 4	68,981 3	13,2561	55,7252	27,179 0	0,271 8

Tabelle 2: Umrechnungstabelle der jeweiligen Höhen

Für beide Rechenverfahren der Höhen H_k und H_{neu} wurden Punkt-Diagramme erstellt und eine polynomische Trendlinie 2. Grades mit Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt. Zum Vergleich sind die Tabellen und Diagramme im Kapitel 4.1 Darstellung der Ergebnisse zu finden.

4.0.8 Auswertung A5

In diesem Auswertungsteil sollen die direkt mit den indirekt bestimmten Fahrstrecken über v_{\max} miteinander verglichen werden. Dabei soll mit Hilfe der in A3 ermittelten Werte v_{\max} und der Formel L aus A4 die Fahrstrecke indirekt ermittelt werden. Leider fehlen für diese Berechnung die Betriebszeiten aus dem Versuch mit der schiefen Ebene V3. In der MINT-Anleitung war nicht davon die Rede, dass diese bei der Versuchsdurchführung bestimmt werden sollen und eine Wiederholung des Versuches ist nicht mehr möglich. Nach Absprache mit Herr Wölker und Herr Edel wurde festgestellt, dass die Auswertung A5 nicht realisierbar ist durch das Fehlen der Betriebszeiten. Zum Vergleich der Maximalgeschwindigkeiten und der Strecken wurde dennoch eine Tabelle und ein Diagramm erstellt, welche im Kapitel 4.1 Darstellung der Ergebnisse dieses Protokolls zu finden sind.

4.1 Darstellung der Ergebnisse

Nach erfolgter Auswertung werden in diesem Kapitel nun die Tabellen und Diagramme der Auswertungen dargestellt und kurz erläutert.

4.1.1 Darstellung V1

V1 = Fahrstrecke L_i (in Meter)					
	$U_1 = 30 \text{ cm}$	$U_2 = 33 \text{ cm}$	$U_3 = 35 \text{ cm}$	$U_4 = 38 \text{ cm}$	$U_5 = 40 \text{ cm}$
1	1,83	2,43	3,76	4,17	5,26
2	1,86	2,29	3,31	4,26	5,70
3	2,38	2,55	3,15	4,83	4,09
4	1,77	2,43	3,64	4,38	5,26
5	1,86	2,54	3,96	4,59	5,29
6	1,53	2,47	3,22	4,59	5,06
7	1,81	2,24	3,45	4,54	4,75
8	1,82	2,17	3,24	3,74	5,48
9	1,93	2,39	3,19	4,11	4,47
10	1,71	2,10	3,31	3,73	5,45
11	1,73	1,97	2,76	4,04	4,69
Mittelwert	1,84	2,33	3,36	4,27	5,05
Standardabweichungen	0,20	0,18	0,31	0,34	0,47

Tabelle 3: Tabellarische Darstellung der gemessenen Fahrstrecken L_i aus V1

In dieser Tabelle sind die gemessenen Fahrstrecken L_i und die daraus für jeden Umfang bestimmten Mittelwerte und Standardabweichungen angegeben. Aus den Mittelwerten der Fahrstrecke L_i in Abhängigkeit von den Umfängen U_i wurde

folgendes Diagramm, in dem eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß bestimmt wurde, erstellt:

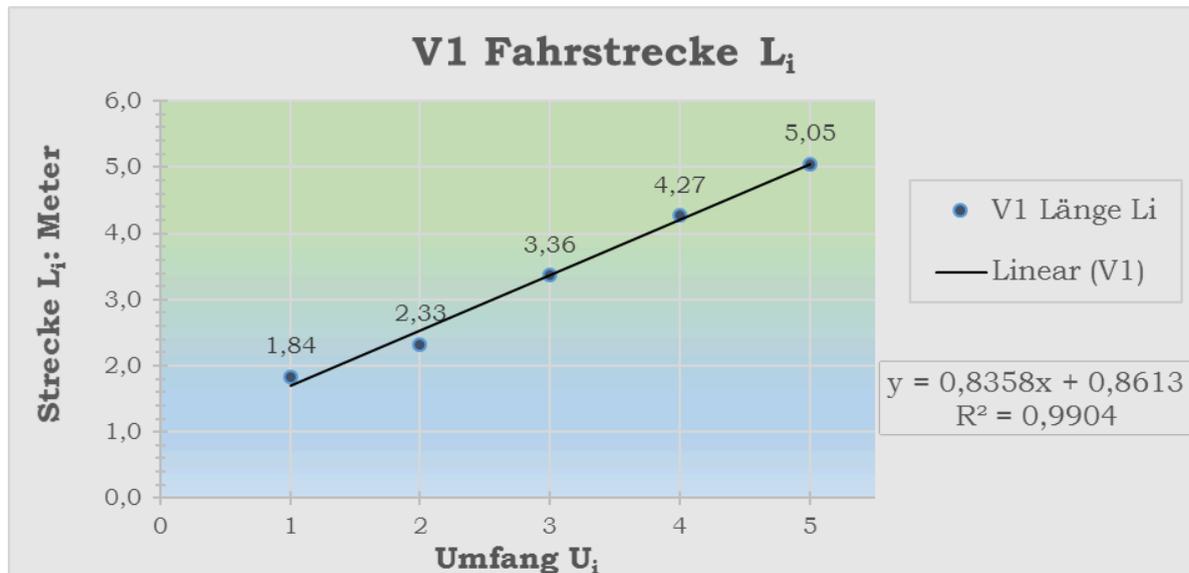


Abbildung 25: Diagramm zu V1 Fahrstrecke L_i

4.1.2 Darstellung V2

V2 = Betriebszeit t_i (in Sekunden)					
	$U_1 = 30 \text{ cm}$	$U_2 = 33 \text{ cm}$	$U_3 = 35 \text{ cm}$	$U_4 = 38 \text{ cm}$	$U_5 = 40 \text{ cm}$
1	6,52	5,81	6,41	6,33	7,17
2	4,16	5,54	5,97	6,28	7,45
3	3,58	5,39	5,72	7,87	6,52
4	4,81	5,61	6,94	6,48	8,26
5	4,53	6,02	7,07	7,56	8,01
6	4,31	5,52	5,49	6,92	7,72
7	4,54	4,94	6,18	7,24	7,48
8	4,53	4,49	5,74	6,67	7,2
9	4,28	5,61	5,84	6,59	5,88
10	4,84	4,55	5,7	5,99	7,36
11	4,91	4,59	5,67	6,87	7,2
Mittelwert	4,64	5,28	6,07	6,80	7,30
Standardabweichungen	0,69	0,52	0,51	0,54	0,63

Tabelle 4: Tabellarische Darstellung der gemessenen Betriebszeiten t_i aus V2

In dieser Tabelle sind die mit der Smartphone-Stoppuhr gestoppten Betriebszeiten des Modellautos aufgelistet. Aus den elf verschiedenen Messungen pro Umfang wurden Mittelwerte und Standardabweichungen gebildet. Diese Mittelwerte wurden

in Abhängigkeit von dem Umfang U_i in folgendes Diagramm übertragen und eine lineare Trendlinie mit Formel und Bestimmtheitsmaß dazu erstellt.

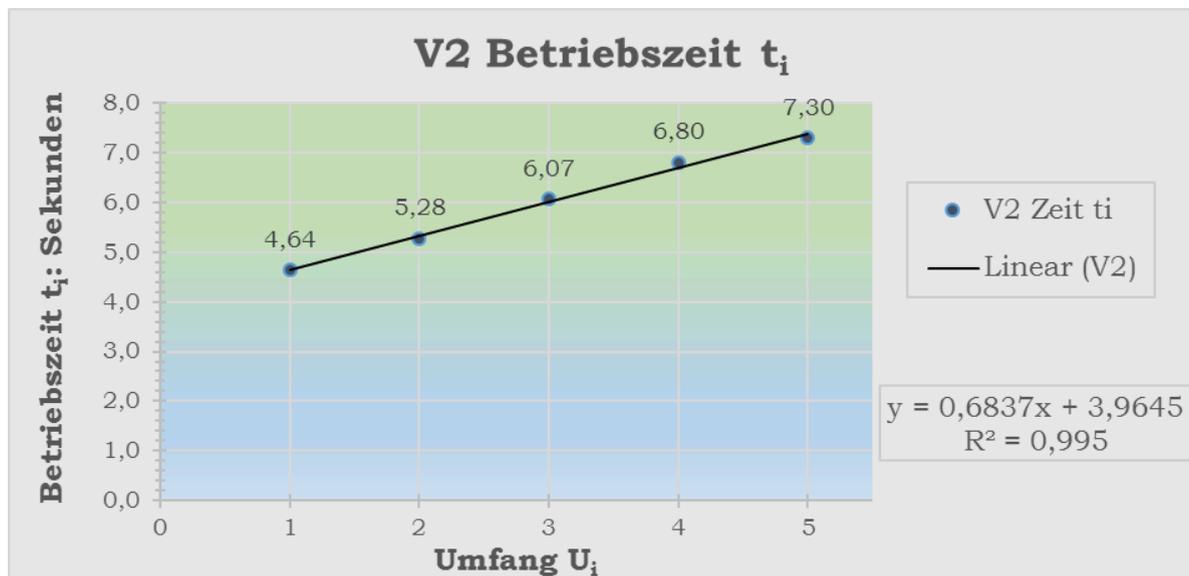


Abbildung 26: Diagramm zu V2 Betriebszeit t_i

4.1.3 Darstellung V3

V3 = Fahrstrecke L_k (in Meter)						
Hypothense:	27,3 cm	35,7 cm	43,0 cm	54,0 cm	67,5 cm	67,5 cm
Winkel:	$\alpha = 13^\circ$	$\alpha = 26^\circ$				
	$H_1 = 6,9$ cm	$H_2 = 8,8$ cm	$H_3 = 10,6$ cm	$H_4 = 13,4$ cm	$H_5 = 16,7$ cm	$H_6 = 30,3$ cm
1	1,34	1,82	2,19	2,61	2,86	5,04
2	1,25	1,75	2,23	2,64	3,17	5,03
3	1,24	1,93	2,24	2,76	3,08	5,00
4	1,12	1,89	2,15	2,77	3,21	4,37
5	1,31	1,83	2,27	2,71	3,16	4,78
6	1,37	1,72	2,18	2,78	3,19	4,78
7	1,37	1,83	2,14	2,74	3,23	4,90
8	1,31	1,87	2,14	2,86	3,20	5,03
9	1,28	1,87	2,15	2,67	3,10	4,83
10	1,28	1,78	2,20	2,65	3,41	5,00
Mittelwert	1,29	1,83	2,19	2,72	3,16	4,88
Standardabweichungen	0,07	0,06	0,04	0,07	0,13	0,20

Tabelle 5: Tabellarische Darstellung der Fahrstrecken L_k aus V3

In der oben aufgeführten Tabelle sind die Fahrstrecken L_k aus dem Versuch mit der schiefen Ebene V3 aufgeführt. Aus den zehn Messungen der sechs unterschiedlichen Höhen H_k wurden hierbei ebenso Mittelwerte gebildet und die Standardabweichungen bestimmt. In dem folgenden Diagramm werden diese Ergebnisse mit linearer Trendlinie, Formel und Bestimmtheitsmaß graphisch dargestellt:

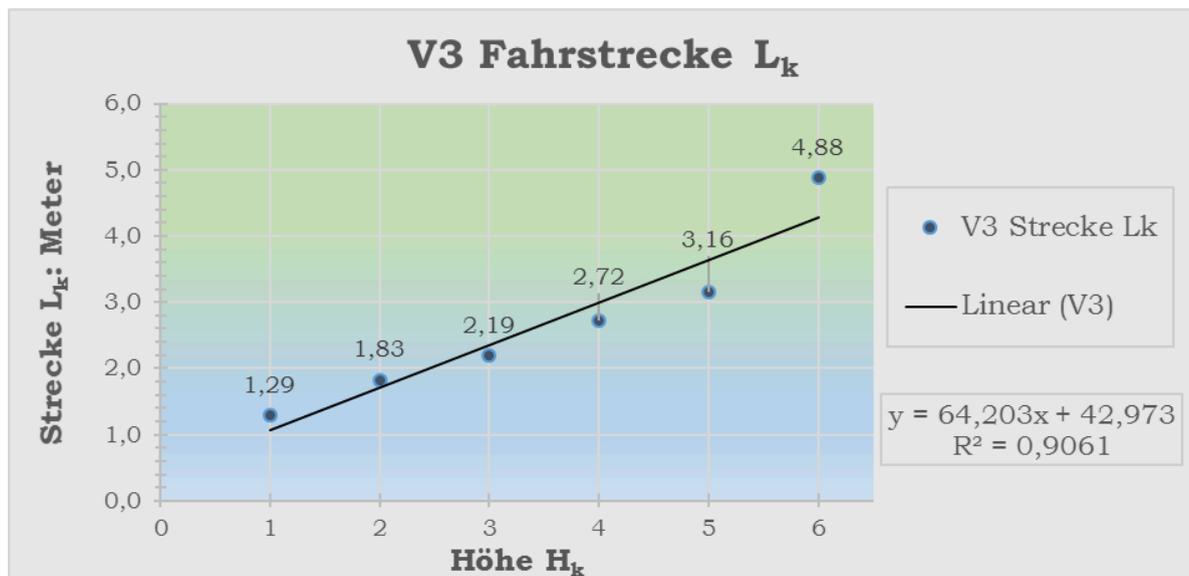


Abbildung 27: Diagramm zu V3 Fahrstrecke L_k

4.1.4 Darstellung A1

A1 Ballonvolumen V_i			
Radius = Umfang / 2π		Volumen = $4/3 \pi * \text{Radius}^3$	
n-Wert	Umfang (m)	Radius (m)	Volumen (m^3)
1	0,30	0,048	0,000456
2	0,33	0,053	0,000607
3	0,35	0,056	0,000724
4	0,38	0,060	0,000927
5	0,40	0,064	0,001081
Mittelwert	0,352	0,056	0,000759

Tabelle 6: Tabellarische Darstellung der Volumenberechnungen V_i aus A1

In dieser Tabelle sind der Umfang, der berechnete Radius und das berechnete Volumen aufgelistet. Die Ergebnisse für Radius wurden auf drei Nachkommastellen und die der Volumenberechnungen auf sechs Nachkommastellen gerundet. Zuzüglich wurden hierbei noch Mittelwerte gebildet.

4.1.5 Darstellung A2

A2 Schubkraft F_{Schub}									
		$V_i' = V_i / t_i$		$A = \pi * D^2 / 4$		$v_{\text{Luft}} = V_i' / A$	$F_i = \rho_{\text{Luft}} * V_i' * v_{\text{Luft}}$		
n-Wert für U_i	t_i (sek.)	Volumen V_i (m^3)	Volumenstrom V_i' (m^3/s)	Durchmesser D (m)	Kreisfläche A (m^2)	Luftstromgeschw. v_{Luft} (m/s)	Luftdichte ρ_{Luft} (kg/m^3)	Schubkraft F_i (N $kg*m/s^2$)	
1	4,64	0,0004559	0,0000983	0,006	2,82743E-05	3,4774248	1,28	0,0004376	
2	5,28	0,0006069	0,0001150	0,006	2,82743E-05	4,0657372	1,28	0,0005982	
3	6,07	0,0007240	0,0001194	0,006	2,82743E-05	4,2211649	1,28	0,0006449	
4	6,80	0,0009266	0,0001363	0,006	2,82743E-05	4,8194613	1,28	0,0008406	
5	7,30	0,0010808	0,0001481	0,006	2,82743E-05	5,2394324	1,28	0,0009935	

Tabelle 7: Tabellarische Darstellung der Schubkraftberechnungen F_i aus A2

Wie in Kapitel „4.0.5 Auswertung A2“ beschrieben wurden für diesen Teil der Auswertung der Volumenstrom, die Kreisfläche und die Luftstromgeschwindigkeit berechnet. Aus den Ergebnissen der Volumenstromberechnungen, denen der Luftstromgeschwindigkeiten in Verbindung mit dem Faktor Luftdichte konnte im Anschluss die Schubkraft errechnet werden. Da die mit Excel erstellte Tabelle zu breit für die Querseite des Dokumentes in Word ist, musste diese Tabelle als Grafik eingefügt werden, wodurch Schriftgröße und Zellengröße mit denen der anderen Tabellen nicht übereinstimmen.

4.1.6 Darstellung A3

A3 Kraftstoß S und Maximalgeschwindigkeit v_{max}						
		$S_i = F_i * t_i$		$v_{maxi} = S_i / m_{Auto}$		
n-Wert	Ø Zeit	Schubkraft	Kraftstoß	Masse	Maximalgeschw.	Maximalgeschw.
	t_i (sek.)	F_i (N kg*m/s ²)	S_i (kg*m/s)	m (kg)	v_{max} (m/s)	v_{max} (cm/s)
1	4,64	0,0004376	0,0020295	0,0327	0,0620630	6,20630
2	5,28	0,0005982	0,0031582	0,0327	0,0965811	9,65811
3	6,07	0,0006449	0,0039120	0,0327	0,1196321	11,96321
4	6,80	0,0008406	0,0057162	0,0327	0,1748077	17,48077
5	7,30	0,0009935	0,0072481	0,0327	0,2216539	22,16539

Tabelle 8: Tabellarische Darstellung der Maximalgeschwindigkeiten v_{max} aus A3

In dieser Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen der Schubkraft und der Maximalgeschwindigkeiten aufgeführt. Um sich diese Geschwindigkeiten besser vorstellen zu können, wurden sie in der letzten Spalte noch in Zentimeter pro Sekunde umgerechnet. Das Modellauto mit einem Luftballonumfang von 40 cm hat unseren Berechnungen zu Folge eine Maximalgeschwindigkeit von 22,17 cm/s. Wie der Name Maximalgeschwindigkeit es schon sagt, wird hierbei nicht von der Durchschnittsgeschwindigkeit, sondern von der maximalen Geschwindigkeit, welche das Auto zu einer bestimmten Zeit erreicht, geredet.

4.1.7 Darstellung A4

A4 Fahrstrecke L_k						
				$v_{maxk} = 2 * g * H_k$		
n-Wert	Höhen	Höhen	Masse	Erdbeschl.	Maximalgeschw.	Fahrstrecke
für H_i	H_i (m)	H_{kneu} (m)	m (kg)	g (m/s ²)	v_{maxk} (m/s)	L_k (m)
1	0,069	0,049	0,0327	9,81	0,980893293	1,287
2	0,088	0,068	0,0327	9,81	1,154508114	1,829
3	0,106	0,084	0,0327	9,81	1,286498108	2,189
4	0,134	0,109	0,0327	9,81	1,463067581	2,719
5	0,167	0,139	0,0327	9,81	1,654205128	3,161
6	0,303	0,272	0,0327	9,81	2,309225406	4,876

Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Maximalgeschwindigkeiten v_{maxk} aus A4

Für diesen Teil der Auswertung wurden die Höhen umgerechnet, in neue Höhen an denen das Fahrzeug über seinen Schwerpunkt verfügt. Zum Vergleich sind die Starthöhen ebenso in der Tabelle aufgelistet. Aus diesen neu bestimmten Höhen H_{neu} wurde mit Hilfe des umgestellten Energie-Erhaltungssatzes die Maximalgeschwindigkeit v_{maxk} berechnet. Diese Maximalgeschwindigkeit wird in Abhängigkeit von der gemessenen und gemittelten Fahrstrecke L_k in folgendem Diagramm mit polynomischer Trendlinie (2. Grad) mit der dazugehörigen Formel und dem Bestimmtheitsmaß dargestellt:



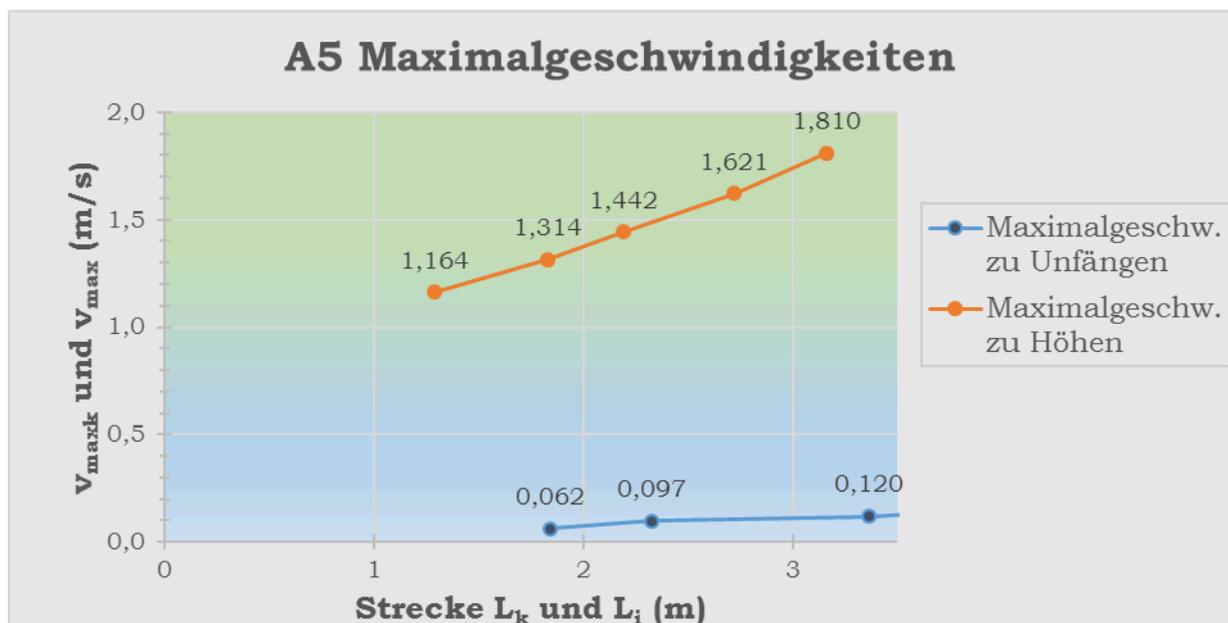
Abbildung 28: Diagramm zu A4 Maximalgeschwindigkeit v_{maxk}

Da die Berechnungen der Maximalgeschwindigkeiten v_{maxk} zuerst mit den Höhenwerten des Startpunktes auf der schiefen Ebene durchgeführt wurden, was nicht ganz korrekt ist laut Herr Wölker, wird die erstellte Tabelle und das Diagramm in den Anhang dieses Protokolls gelegt.

4.1.8 Darstellung A5

A5 Vergleich direkt und indirekt bestimmten Fahrstecken					
Umfang	Strecke aus V1	Maximalgeschw.	Höhen aus V3	Strecke aus V3	Maximalgeschw.
U_i (m)	L_i (m)	v_{\max} (m/s) aus A3	H_i (m)	L_k (m)	$v_{\max k}$ (m/s) aus A4
0,3	1,8390909	0,062	0,069	1,287	1,1635205
0,33	2,3254545	0,097	0,088	1,829	1,3139863
0,35	3,3627273	0,120	0,106	2,189	1,4421234
0,38	4,2709091	0,175	0,134	2,719	1,6214438
0,4	5,0454545	0,222	0,167	3,161	1,8101215

Da die Aufgabenstellung A5, Vergleich von direkt ermittelten und indirekt bestimmten Fahrstrecken, nicht auswertbar ist, wurden in dieser Tabelle nur die jeweiligen fünf Maximalgeschwindigkeiten v_{\max} (aus A3) mit den dazugehörigen Umfängen U_i und Fahrstrecken und die Maximalgeschwindigkeiten $v_{\max k}$ (aus A4) mit den Starthöhen der schiefen Ebene und den gemessenen Fahrstrecken aufgelistet. Miteinander vergleichbar sind diese Werte nicht wirklich, weil dafür bei dem Versuch mit der schiefen Ebene die Betriebszeiten hätten gemessen werden sollen, was so aber nicht in der Anleitung gefordert war. Wir haben zwar die Maximalgeschwindigkeiten um den indirekt bestimmten Fahrweg zu ermitteln, jedoch nicht die Zeit, die für diese Berechnung relevant ist.



Zu sehen in diesem Diagramm ist, dass die Maximalgeschwindigkeit bei dem Versuch mit der schiefen Ebene (V3) um einiges höher ist als bei dem Versuch mit dem aufgepumpten Ballon (V1). Der Grund warum die Maximalgeschwindigkeit bei dem Versuch V1 so klein ist, ist weil hier der Ballon das Fahrzeug auf eine relativ

konstante Geschwindigkeit beschleunigt. Klar ist die Luftströmungsgeschwindigkeit bei V1 nicht immer gleich, da der Druck, bzw. die Elastizität des Ballons dafür ausschlaggebend sind, jedoch erreicht das Fahrzeug hierbei trotzdem über einen gewissen Zeitraum die Maximalgeschwindigkeit.

Bei dem Versuch V3 erreicht das Fahrzeug nur kurz seine Maximalgeschwindigkeit. Dieser Moment ist gegeben, wenn das Fahrzeug unmittelbar davor ist die Startrampe zu verlassen. Sobald es aufgrund seiner Masse und der Erdbeschleunigung nicht mehr durch die Startrampe beschleunigt wird, reduziert sich die Geschwindigkeit kontinuierlich. Der Grund dafür ist, dass erstens der Antrieb fehlt und zweitens gewisse physikalische Aspekte, wie Luftreibung, Haftreibung, Erdbeschleunigung und die eigene Masse das Fahrzeug verlangsamen, bis es irgendwann ganz stillsteht.

4.2 Fehleranalyse

Bei diesem Versuch, sowie bei vielen anderen auch, spielen ein Haufen Fehlerfaktoren eine große Rolle, was die Genauigkeit der Ergebnisse angeht. So können nicht nur Fehler durch menschliches Verschulden, wie ungenaue Streckenmessungen, nicht ganz korrekte Zeitmessungen oder Fehler bei der Durchführung, sondern auch Fehler auf die der Mensch keinen Einfluss hat, wie zum Beispiel die Haftreibung und die Beschaffenheit des Bodens, die Abnutzungs- und Baufehler des Modellautos, die Beschaffenheit und die Abnutzung (Ausleiherung) des Luftballons, die Luftreibung und andere Einflüsse zu fehlerhaften, bzw. nicht ganz korrekten Ergebnissen führen.

Als erstes werden zunächst die Fehler durch den Menschen genauer beschrieben. Dabei gilt es zu erwähnen, dass bei den Streckenmessungen nur zentimetergenau und nicht millimetergenau gemessen wurde. Ebenso kann der Blickwinkel beim Ablesen der Entfernung durch eine optische Abweichung minimal ausschlaggebend für die korrekte Erfassung der Fahrstrecke sein. Das Modellauto ist auch nicht immer ganz gerade, sondern manchmal auch etwas schief gefahren. Da aber der hinterste Punkt des Hecks vom Fahrzeug gemessen wird, egal ob es krumm oder gerade gefahren ist, können dadurch auch falsche Streckenwerte ermittelt worden sein.

Die Zeitmessung der Betriebszeit t_i ist definitiv nicht genau bestimmt worden, da das menschliche Auge in Verbindung mit der Reaktionszeit solche relativ kurzen Zeiten nicht genau messen, bzw. auch nicht so schnell reagieren kann. Fehlerhafte Zeitmessungen führen zu einer Fehlerfortpflanzung was die Ergebnisse des Volumenstroms betrifft und somit auch zu Fehlern in der Luftstromgeschwindigkeit, der Schubkraft, des Kraftstoßes und der Maximalgeschwindigkeit v_{\max} .

Es war bei der Versuchsdurchführung sehr schwer für uns die richtige Vorgehensweise des Startes des Modellautos herauszufinden. Im Vergleich zu anderen Teams, die mit uns zeitgleich den Versuch durchgeführt haben, haben wir bis zum Schluss die perfekte Vorgehensweise nicht herausfinden können. Daraus folgte, dass unser Fahrzeug im Durchschnitt etwas kürzere Strecken zurücklegte, als das von z. B. Team 04 mit dem selben Umfang des Ballons. Trotz geleisteter Hilfestellung von Team 04, hat uns irgendwie doch das Fingerspitzengefühl (Feingefühl) für einen perfekten Start gefehlt und dadurch sind unsere Fahrstrecken auch etwas kürzer ausgefallen, als bei den anderen.

Das Ballonvolumen war trotz Prüfung mit den selbstgeklebten Papierstreifen nicht immer gleich. Es wurde probiert für jede Durchführung gleiche Bedingungen zu schaffen, jedoch ist das ohne bestimmte technische Vorrichtungen nicht möglich. Das Verhalten des Ballons während der Fahrt führte auch zu Ungenauigkeiten, was die zurückgelegte Entfernung angeht. Denn sobald der Ballon leer wurde, hat er sich des Öfteren auf die Räder des Fahrzeuges gelegt und diese somit abgebremst. Auch bei der Berechnung des Ballonvolumens sind unvermeidbare Abweichungen zu berücksichtigen, denn bei den Berechnungen wird davon ausgegangen, dass der Ballon einer idealen Kugel entsprechen würde, was jedoch definitiv nicht der Fall ist. Nach mehrmaligem Aufpumpen des Ballons verändert sich dessen Materialkonsistenz. Das Gummi leiert sich aus und der Druck im Ballon verringert sich dadurch.

Das Modellauto, welches in den Niederlanden hergestellt wurde, ist wie bereits erwähnt nicht perfekt gebaut. So reiben die Achsen zum Beispiel an der Plastikkarosserie des Fahrzeuges und bremsen es dadurch ab. Eine Lösung zur Behebung dieses Problems wären Kugellager an denen die Achsen befestigt werden. Da diese Autos schon von den Studenten der höheren Semester benutzt

worden sind, sind die Achsen zum Teil verbogen und laufen unrund. Daraus folgt, dass jedes Auto über seine eigenen Macken verfügt und kein Auto dem anderen identisch ist. Das führt zu anderen Ergebnissen, bei anderen Autos.

Der Boden des Technikums kann auch für minimale Abweichungen bei den Ergebnissen verantwortlich sein, denn Linoleumboden des Technikums war nicht ganz sauber. Die Dreckkrümmel auf dem Boden können das Auto verlangsamen, was zu kürzeren Fahrstrecken führt. Der Reibungskoeffizient zwischen den Fahrzeugrädern und dem Boden wurde bei keiner der Berechnungen berücksichtigt. Außerdem sind an den Klebestreifen des Linoleums leicht Unebenheiten im Boden, was das Verhalten des Fahrzeuges ebenso beeinflusst.

Die Luftreibung wird übrigens auch nicht bei der Auswertung berücksichtigt. Da die Luftreibung das Fahrzeug aber auch abbremst, führt sie auch zu fehlerhaften Ergebnissen. Da wir gerade beim Thema Luft sind, gilt es hier noch zu erwähnen, dass die in der MINT-Anleitung angegebene Luftdichte nicht der genauen Luftdichte an diesem Tag im Technikum entspricht. Diese müsste für exakte Berechnungen genauer ermittelt werden.

Bei dem Versuch mit der schiefen Ebene V3 war das Ende der Startrampe nicht bündig mit dem Fußboden. Das führte dazu, dass die Reifen in dieser kleinen Mulde ein wenig abgebremst wurden. Bei diesem Versuch können ebenfalls Fehler bei Höhenmessung und bei der Messung der Beschleunigungsbahn (Hypotenuse) entstanden sein. Die raue Beschaffenheit der Startrampe und die Verschmutzungen darauf lassen das Auto nicht auf die Maximalgeschwindigkeit kommen, wie eine glatte und saubere Oberfläche. Für die Berechnung der neuen Höhen H_{neu} für die Auswertung A4 können ebenso Fehler entstanden sein. Diese können bei der Ermittlung des Schwerpunktes oder bei den darauffolgenden Berechnungen der neuen Höhe aufgetreten sein.

Und zu guter Letzt sind noch mögliche Fehler bei der Digitalisierung der Rohdaten oder beim Auswerten mit Excel zu berücksichtigen. Bei der Auswertung können falsche Maßeinheiten, fehlerhafte Formeln und Bezüge oder Tippfehler aufgetreten sein und zu Folgefehlern bei der Auswertung führen.

5 Resümee

Im Großen und Ganzen lässt sich sagen, dass der Versuch unserem Team ganz gut gelungen ist. Bis auf den Auswertungsteil A5 konnten alle Aufgaben gelöst und alle geforderten Werte berechnet werden. Fehler in der Anleitung sorgten jedoch für große Verwirrung und einen hohen Recherche- und Fehlersuchaufwand. Die Fehler wurden der Praktikumsleitung mitgeteilt und Herr Professor Wölker wurde auch darüber informiert.

Bei der Versuchsdurchführung ist ein Umfangswert besonders ins Auge gefallen. Und zwar der Umfang von 33 cm (U_2). Bei diesem Umfang, hat sich nicht nur das Fahrzeug perfekt verhalten, sondern die zurückgelegte Strecke war mehr oder weniger immer ähnlich und dadurch die Standardabweichung auch am geringsten zu allen anderen Umfängen. Der Mittelwert der Fahrstrecke für diesen Umfang liegt bei 3,36 Metern. Da bei dem Wettbewerb das Fahrzeug nur eine Entfernung zwischen zwei und fünf Metern zurücklegen darf und bei größeren Umfängen das Verhalten des Fahrzeuges schlechter und die Standardabweichungen größer werden, scheint dieser Umfang vielversprechend für eine möglichst genaue Vorhersage der Fahrstrecke zu sein.

Bei so einem Versuch ist es besonders wichtig, sich vorher Gedanken zu der Durchführung und auch zu der Auswertung zu machen. Logisches Denken ist dabei natürlich von Vorteil, allein schon um die Fehler in der MINT-Anleitung zu bemerken. Daraus lernen wir mal wieder, dass man nicht alles einfach so hinnehmen sollte, sondern doch eher mal etwas hinterfragen und selbst nachdenken und recherchieren sollte.

Eine von Anfang an genaue und exakte Arbeitshaltung ist sehr wichtig für diesen Versuch. Schluderige Vorgehensweisen können zu Fehlern und somit auch zu Folgefehlern bei der Auswertung führen. Die Fehlerfortpflanzung spielt hierbei eine bedeutende Rolle. So kann zum Beispiel das zu späte Reagieren bei der Messung der Betriebszeit zu vielen Folgefehlern und zum Schluss zu einer falschen Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeuges führen.

Zusammenfassend lässt sich auf Grund der vielen Fehlerfaktoren sagen, dass die Ergebnisse der Auswertung nur näherungsweise den exakten Ergebnissen entsprechen. Zu viele Einflüsse menschlichen, materiellen, natürlichen und

Fischer Artur, Hassel Christopher, Rusmidin Dody, Weis Jessica: Modellauto mit Rückstoßantrieb vom 10.06.2016

stochastischen Ursprungs wirken sich negativ auf die Exaktheit der Ergebnisse aus.

6 Quellenangaben

- [1] Martin Wölker et. Al.: Handbuch zum MINT Praktikum in The Complements zu Logistics - Diagnostics and Design und Chemie- und Pharmalogistik, Hochschule Kaiserslautern Studienort Pirmasens, Pirmasens, April 2016
- [2] <http://www.arndt-bruenner.de/mathe/scripts/dreiecksberechnungrw.htm>
Aufgerufen am: 07.06.2016 um 21.15 Uhr
- [3] http://www.helpster.de/rueckstossmotor-funktionshinweise_195088
Aufgerufen am: 05.06.2016 um 18:40 Uhr
- [4] <https://www.finebuy.de/images/produkte/i37/37071-100-Luftballons-orange-Partyballons----30-5-cm-Bal.jpg>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 19:48 Uhr
- [5] <http://www.mathe.tu-freiberg.de/~hebisch/cafe/newton.html>
Aufgerufen am: 06.06.2016 um 19.24 Uhr
- [6] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 19:52 Uhr
- [7] <http://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/die-drei-newtonschen-axiome>
Aufgerufen am: 06.06.2016 um 19.41 Uhr
- [8] <http://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung#Tr%C3%A4gheitssatz%20-%20Newton1>
Aufgerufen am: 07.06.2016 um 19:56 Uhr
- [9] Hallyday Physik 2. Auflage, Willey-VCH, Herausgeber der deutschen Übersetzung Stephan W. Koch Universität Marburg, 2001, ISBN: 978-527-40645-6, Seite 103
- [10] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kugelsto%C3%9Fpendel>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 13:16 Uhr
- [11] <https://www.physnet.uni-hamburg.de/TUHH/Versuchsanleitung/Impulserhaltung.pdf>
Aufgerufen am: 07.06.2016 um 21:43 Uhr
- [12] http://der-autotester.de/wp-content/uploads/2016/04/ampnet_photo_20160412_115241.jpg
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 19:55 Uhr
- [13] Buch Schüler Duden „die Physik“, Seite 266, Dudenverlag, Bibliographisches Institut Mannheim/ Wien/ Zürich, 1974, ISBN 3-411-01122-X

- [14] Buch Schüler Duden „die Physik“, Seite 44, Dudenverlag, Bibliographisches Institut Mannheim/ Wien/ Zürich, 1974, ISBN 3-411-01122-X
- [15] <http://www.gutefrage.net/frage/wie-funktioniert-ein-spielzeugauto-zum-aufziehen>
Aufgerufen am: 09.06.2016 um 20:30 Uhr
- [16] <https://www.spielgeist.de/bilder/produkte/gross/6828.jpg>
Aufgerufen am: 09.06.2016 um 20:40 Uhr
- [17] <http://tierpark.lauftext.de/weitere-tiere/ammoniten/mit-rueckstossantrieb/>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 16:15 Uhr
- [18] http://medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/bilder/15756-3.jpg
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 19:58 Uhr
- [19] <http://www.weichtiere.at/Kopffuesser/index.html?/Kopffuesser/einleitung.html>
Aufgerufen am: 09.06.2016 um 21:00 Uhr
- [20] <http://www.lenne-schule.de/fachb/tiere/images/kalm.jpg>
Aufgerufen am: 09.06.2016 um 21:10 Uhr
- [21] http://www.helpster.de/rueckstossmotor-funktionshinweise_195088
Aufgerufen am: 05.06.2016 um 18:40 Uhr
- [22] http://www.autosieger.de/images/articles/opel_1928_3.jpg
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 20:00 Uhr
- [23] http://www.helpster.de/wie-funktioniert-ein-raketenantrieb_104472
Aufgerufen am: 05.06.2016 um 19:50 Uhr
- [24] <http://images.flugrevue.de/sixcms/media.php/11/thumbnails/StartExoMars2016%20%28DLR%29.jpg.8145412.jpg>
Aufgerufen am; 08.06.2016 um 20:03 Uhr
- [25] Buch Schüler Duden „die Physik“, Seite 355, Dudenverlag, Bibliographisches Institut Mannheim/ Wien/ Zürich, 1974, ISBN 3-411-01122-X
- [26] <http://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/energieerhaltung>
Aufgerufen am: 07.06.2016 um 20:58 Uhr
- [27] <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstrahlantrieb>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 17:07 Uhr
- [28] <http://www.glturbo.com.cn/images/impeller2.jpg>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 20:06 Uhr
- [29] <https://de.wikipedia.org/wiki/Strahltriebwerk>
Aufgerufen am: 08.06.2016 um 17:08 Uhr

Fischer Artur, Hassel Christopher, Rusmidin Dody, Weis Jessica: Modellauto mit Rückstoßantrieb vom 10.06.2016

[30] <http://www.chemieunterricht.de/dc2/auto/images/triebw.jpg>

Aufgerufen am: 08.06.2016 um 20:09 Uhr

[31] Buch Schüler Duden „die Physik“, Seite 181, Dudenverlag, Bibliographisches Institut Mannheim/ Wien/ Zürich, 1974, ISBN 3-411-01122-X

7 Anhang

Rohdaten zum Versuch Modellauto mit Rückstoßantrieb

	V1 = Länge L					
	U1 = 30 cm	U2 = 35 cm	U3 = 40 cm	U4 = 33 cm	U5 = 38 cm	U6 =
1	183 cm	376 cm	526 cm	243 cm	417 cm	
2	186 cm	331 cm	570 cm	229 cm	426 cm	
3	238 cm	315 cm	409 cm	255 cm	483 cm	
4	177 cm	364 cm	526 cm	243 cm	438 cm	
5	186 cm	396 cm	529 cm	254 cm	459 cm	
6	153 cm	322 cm	506 cm	247 cm	459 cm	
7	181 cm	345 cm	475 cm	224 cm	454 cm	
8	182 cm	324 cm	548 cm	217 cm	374 cm	
9	193 cm	319 cm	447 cm	239 cm	411 cm	
10	171 cm	331 cm	545 cm	210 cm	373 cm	
11	173 cm	276 cm	469 cm	197 cm	404 cm	

Rohdaten zum Versuch Modellauto mit Rückstoßantrieb

		V2 = Zeit t *						U6 =
	U1 = 30cm	U2 = 35cm	U3 = 40cm	U4 = 33cm	U5 = 38cm			
1	6,52s	6,41s	7,17s	5,81s	6,33s			
2	4,16s	5,97s	7,45s	5,54s	6,28s			
3	3,58s	5,72s	6,52s	5,39s	7,87s			
4	4,81s	6,94s	8,26s	5,61s	6,48s			
5	4,53s	7,07s	8,01s	6,02s	7,56s			
6	4,31s	5,49s	7,72s	5,52s	6,92s			
7	4,54s	6,18s	7,48s	4,94s	7,24s			
8	4,53s	5,74s	7,20s	4,49s	6,67s			
9	4,28s	5,84s	5,88s	5,61s	6,59s			
10	4,84s	5,70s	7,36s	4,55s	5,99s			
11	4,91s	5,67s	7,20s	4,59s	6,87s			

Rohdaten zum Versuch Modellauto mit Rückstoßantrieb

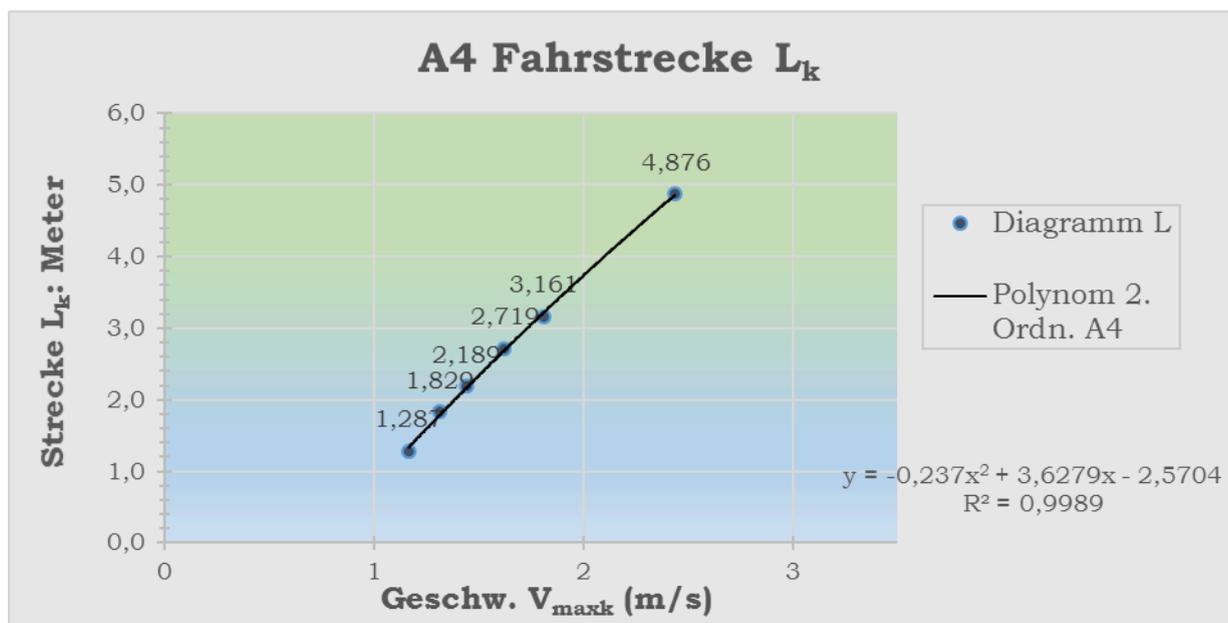
130 67,5 cm

	H1 = 27,3 cm	H2 = 35,7 cm	H3 = 43,3 cm	H4 = 54 cm	H5 = 67,5 cm	H6 = 260
	43 V3 = Strecke L(H)					
1	6,9 cm	8,8 cm	10,6 cm	13,0 cm	16,7 cm	30,3 cm
2	13,4 cm	18,2 cm	21,9 cm	26,1 cm	28,6 cm	50,4 cm
3	12,5 cm	17,5 cm	22,3 cm	26,4 cm	31,7 cm	50,3 cm
4	12,4 cm	19,3 cm	22,4 cm	27,6 cm	30,8 cm	50,0 cm
5	11,2 cm	18,9 cm	21,5 cm	27,7 cm	32,1 cm	43,7 cm
6	13,1 cm	18,3 cm	22,7 cm	27,1 cm	31,6 cm	47,8 cm
7	13,7 cm	17,2 cm	21,8 cm	27,8 cm	31,9 cm	47,8 cm
8	13,7 cm	18,3 cm	21,4 cm	27,4 cm	32,3 cm	49,0 cm
9	13,1 cm	18,7 cm	21,4 cm	28,6 cm	32,0 cm	50,3 cm
10	12,8 cm	18,7 cm	21,5 cm	26,7 cm	31,0 cm	48,3 cm
	12,8 cm	17,8 cm	22,0 cm	26,5 cm	34,1 cm	50,0 cm

284 cm

Tabelle und Diagramm zum Auswertungsteil A4, bei dem die Fahrstrecke L_k mit der Starthöhe, statt mit der Höhe des Schwerpunktes vom Auto gemessen wurde.

A4 Fahrstrecke L_k					
				$v_{maxk} = 2 * g * H_k$	
n-Wert	Höhen	Masse	Erdbeschl	Maximalgeschw.	Strecke
für H_i	H_i (m)	m (kg)	g (m/s ²)	v_{maxk} (m/s)	L_k (m)
1	0,069	0,0327	9,81	1,1635205	1,287
2	0,088	0,0327	9,81	1,3139863	1,829
3	0,106	0,0327	9,81	1,4421234	2,189
4	0,134	0,0327	9,81	1,6214438	2,719
5	0,167	0,0327	9,81	1,8101215	3,161
6	0,303	0,0327	9,81	2,4382084	4,876



8 Stundenprotokoll

Fischer Artur	Datum	Von	Bis	Aufwand in h	Art	Tätigkeit
	20.05.16	08:30	10:30	02:00	A	Vorlesung
	03.06.16	8:30	10:00	01:30	A	Vorlesung
	03.06.16	10:30	14:30	04:00	D	Versuchsdurchführung
	05.06.16	17:00	23:00	06:00	E	Excelauswertung, Fehlerrecherche
	06.06.16	18:00	21:00	03:00	E	Excelauswertung, Fehlerrecherche
	07.06.16	17:00	22:00	05:00	E	Auswertung, Auswertungsteil Protokoll
	08.06.16	14:30	18:00	03:30	E	Auswertungsteil, Fehleranalyse
	08.06.16	19:00	23:00	04:00	E	Resümee, Korrektur und Ergänzung Versuchsteil
	09.06.16	12:30	17:00	04:30	E	Überarbeitung und Ergänzung der Versuchsdurchführung und des Einführungsteils
	09.06.16	18:30	0:00	05:30		Korrektur und Ergänzung Theorie, Formatierung, Stundenprotokoll, Endkontrolle, Druck, Hochladen
Insgesamt (h)						39:00:00

Christopher Hassel	Datum	Von	Bis	Aufwand in h	Art	Tätigkeit
	20.05.16	08:30	10:30	02:00	A	Vorlesung
	03.06.16	8:30	10:00	01:30	A	Vorlesung
	03.06.16	10:30	14:30	04:00	D	Versuchsdurchführung
	06.06.16	14:30	18:00	03:30	E	Verfassen der Versuchsbeschreibung und Durchführung
	06.06.16	20:00	21:00	01:00	E	Überarbeitung Versuchsteil
	07.06.16	20:00	21:00	01:00	E	Überarbeitung Versuchsteil
Insgesamt (h)						13:00:00

Dody Rusmidin	Datum	Von	Bis	Aufwand in h	Art	Tätigkeit
	20.05.16	08:30	10:30	02:00	A	Vorlesung
	03.06.16	8:30	10:00	01:30	A	Vorlesung
	03.06.16	10:30	14:30	04:00	D	Versuchsdurchführung
	05.06.16	19:00	20:00	01:00	E	Einführung schreiben
	06.06.16	17:30	22:30	05:00	E	Einführung schreiben
Insgesamt (h)						13:30:00

Weis Jessica	Datum	Von	Bis	Aufwand in h	Art	Tätigkeit
	20.05.16	08:30	10:30	02:00	A	Vorlesung
	05.06.16	17:00	20:00	03:00	E	Recherche & Theorie schreiben
	06.06.16	19:00	21:00	02:00	E	Recherche & Theorie schreiben
	07.06.16	18:00	23:00	05:00	E	Recherche & Theorie schreiben
	08.06.16	12:00	20:00	08:00	E	Recherche & Theorie schreiben
	08.06.16	20:00	20:30	00:30	E	Überarbeitung
	09.06.16	20:30	21:00	00:30		Theorie überarbeiten
Insgesamt (h)						21:00:00

9 Anteilsdokument

Team-Anteilsdokument		
Versuch: Modellauto mit Rückstoßantrieb		
Team 01		Datum: 10.06.2016
Name	Matr.-Nr.	Anteil
Fischer Artur	873179	100,00%
Hassel Christopher	867182	92,50%
Rusmidin Dody	864956	90,00%
Weis Jessica	873135	95,00%

