

Verkehrsanalytisches Gutachten

Kritische Betrachtung der Schulphysik anhand von
praktischen Beispielen

Fach: Physik

Lehrer: Ludwig Lämpel

Halver, den 07.03.2005

Verfasser: Max Muster

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	
I.	Einleitung	
	1.1 Bedeutung eines verkehrsanalytischen Gutachtens	1
	1.2 Verwendung physikalischer Formeln im verkehrsanalytischen Gutachten	2
II.	Hauptteil	
	2.1 Untersuchung eines Unfalls zwischen einem Fußgänger und einem Motorradfahrer	3
	2.2 Schwachstellen bei der Längswurfweitenberechnung mittels der Schulphysik	8
III.	Zusammenfassung	12
IV.	Literaturverzeichnis	13
V.	Anhang	14
	Selbstständigkeitserklärung	

Vorwort

Diese Seite möchte ich nutzen um meinen Dank auszusprechen. Zum Gelingen dieser Arbeit hat Herr Löber reichhaltig beigetragen. Nachdem ich während meines Praktikums mein Interesse über Verkehrsanalytische Gutachten geäußert hatte, hat mich Herr Löber direkt weitervermittelt und mir auch persönlich viele Tipps gegeben. Somit hatte ich ein gutes Hintergrundwissen und musste viele Grundlagen nicht über komplizierte Quellen in Erfahrung bringen. Dies hat mir zu einer gelungenen Facharbeit verholfen und viel Arbeit erspart.

I. Einleitung

1.1 Bedeutung eines verkehrsanalytischen Gutachtens

Ein verkehrsanalytisches Gutachten wird in der Regel bei Verkehrsunfällen, bei denen die Sachlage nicht eindeutig ist, angefertigt. Widersprechen sich Aussagen über die Geschwindigkeiten oder die genaue Fahrtrichtung der Beteiligten, so kann mit Hilfe eines verkehrsanalytischen Gutachtens die genaue Abfolge der Ereignisse rekonstruiert werden. Hierfür werden meistens Bremsspuren, mögliche Verformungen in der Karosserie der Autos, Splitterfelder von zerbrochenen Scheiben und - gerade bei Unfällen mit Fußgängern oder Fahrradfahrern - auch Endlage der Beteiligten zu Rate gezogen. Mit Hilfe solcher Daten können Fachkundige die Geschwindigkeiten und genaue Abfolge der Ereignisse rekonstruieren. Oft wird auf diese Weise festgestellt, ob ein Unfall vermeidbar war oder ob den Unfallverursacher keine Schuld trifft. Viele verkehrsanalytische Gutachten werden von Versicherungen in Auftrag gegeben, die je nach Ausgang einer Verhandlung über die Schuldfrage bei einem Unfall den Schaden an die andere beteiligte Versicherung übertragen können.

1.2 Verwendung physikalischer Formeln im verkehrsanalytischen Gutachten

Wie bereits erwähnt, werden bei verkehrsanalytischen Gutachten viele Daten ausgewertet. Dies geschieht meist durch die nach dem Unfall von der Polizei aufgenommenen Daten oder durch die von der Polizei gemachten Fotos. Diese werden ausgewertet und somit entsteht zunächst eine Liste an Fakten, die nun weiter untersucht werden. Schon bei der Analyse der Fotos werden viele physikalische Formeln verwendet (hauptsächlich Formeln aus der Optik, da Dinge, die weiter entfernt liegen, mit einer bestimmten Formel berechnet werden können und ihre reale Größe bis auf wenige Zentimeter genau angegeben werden können), die jedoch recht kompliziert sind und auf die ich nicht weiter eingehen will. Die eigentliche Arbeit beginnt jedoch erst, wenn die Fakten untersucht werden. So muss anhand der Bremsspuren die tatsächliche Geschwindigkeit eines Autos ermittelt werden, was jedoch immer mehr an Bedeutung verliert, da mittlerweile viele Autos mit ABS ausgerüstet sind. In diesen Fällen müssen aufwendige Tests durchgeführt werden, in denen ein identisches Auto mit gleicher Bereifung einige Vollbremsungen durchführen muss. Anhand dieser Informationen wird ein Mittelwert für die maximale Verzögerung gewonnen. Ist das Auto jedoch trotz Vollbremsung in ein anderes Auto gefahren, müssen die Verformungen an beiden Autos untersucht werden. Dies geschieht mit Hilfe komplizierter Formeln, die die Dichte der verformten Teile berücksichtigen und anhand derer die aufgewendete Energie berechnet werden kann. Somit lässt sich über die kinetische Energie wieder ein Rückschluss auf die Aufprallgeschwindigkeit schließen.

Da diese Formeln jedoch extrem lang und viele Parameter beinhalten, möchte ich versuchen, in meiner Facharbeit die Probleme der Schulphysik darzustellen und wie weit man als Schüler bzw. „Laie“ die einzelnen Rechnungen nachvollziehen kann.

II. Hauptteil

2.1 Untersuchung eines Unfalls zwischen einem Fußgänger und einem Motorradfahrer

Ein Unfall zwischen einem Motorradfahrer und einem Fußgänger gehört nicht nur zu den gefährlichsten Unfällen, sondern auch um den am schwierigsten zu rekonstruierenden. Das Problem besteht darin, dass es kein eindeutiges Verfahren gibt, mit dem man solche Unfälle analysieren kann. So muss bei einem Motorradunfall eine komplett neue Untersuchungsmethode, die auf die vorhandenen Daten passt, entwickelt und eigene Tests durchgeführt werden. Da mir diese Möglichkeiten im Rahmen meiner Facharbeit nicht offen stehen, werde ich versuchen einen solchen Unfall mit Hilfe des Wissens aus der Mittel- und Oberstufe zu rekonstruieren.

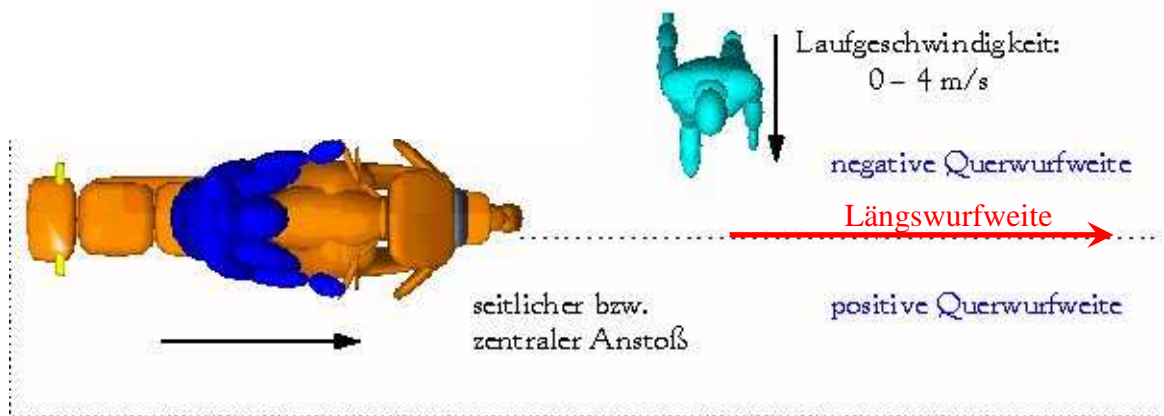
Da ich keinen realen Unfall rekonstruieren kann, berufe ich mich auf eine Diplomarbeit über Unfallrekonstruktionsmethoden und übernehme einige Daten, ohne die keine Rekonstruktion möglich ist.

Gewicht des Motorrads: $m_M = 280 \text{ kg}$

Gewicht des erfassten Fußgängers: $m_F = 80 \text{ kg}$

Motorradlängswurfweite bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h: 30 m

Bei Unfällen zwischen Fußgängern und Motorradfahrern unterscheidet man Querswurfweite und Längswurfweite. Wie in der Grafik zu sehen, ist die Längswurfweite die Weite, die der Fußgänger oder das Motorrad vom Unfallort in die Richtung, in die auch das Motorrad gefahren ist, zurücklegen.



Bild¹

Anhand der oben genannten Daten berechne ich nun die Längswurfweite des Fußgängers. Für diese Rechnung ist es wichtig, die Geschwindigkeit zu errechnen, mit der der Fußgänger „weggeschleudert“ wird.

Der wichtigste Aspekt der Energie ist, dass sie nicht vernichtet oder erzeugt werden kann. Sie kann nur umgewandelt werden. Dieses „Gesetz“ nutze ich aus, um die Energie zu errechnen die vom Motorrad auf den Fußgänger übertragen wird.

Berechnung der kinetischen Energie des Motorrads [1]:

Bei meiner Berechnung vernachlässige ich die Masse des Motorradfahrers, da dieser bei einem Unfall in den meisten Fällen von dem Motorrad geschleudert wird und somit keine Bedeutung für meine Berechnungen hat.

$$E_1 = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 280 \text{ kg} \cdot \left(\frac{60}{3.6} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 = 38578 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \approx 39 \text{ kJ}$$

Da aber nicht die komplette Energie des Motorrads auf den Fußgänger übertragen wird, sondern das Motorrad nach dem Zusammenprall noch weiterrutscht, muss ich nun die Energie, die beim Rutschen des Motorrads auf

Asphalt aufgebracht wird, berechnen. Um die Gleitreibungskraft zu bestimmen, brauche ich die Gleitreibungszahl, die ein Motorrad hat. Da es für solche spezielle Materialien keine Daten gibt, setzt sich meine Gleitreibungszahl aus der von Plastik auf Asphalt und von Eisen auf Asphalt zusammen.

Die Gleitreibungskraft F_{GR} , mit der das Motorrad beim Rutschen über eine horizontal verlaufende Straße gebremst wird, beträgt [2]:

$$F_{GR1} = \mu_{GR1} \cdot m_M \cdot g = 0,3 \cdot 280\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 824,04 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \approx 820 \text{ Newton}$$

Die aufgebrachte Energie bei einem 30 Meter weiten Rutschvorgang beträgt:

$$E_2 = F_{GR} \cdot 30\text{m} = 824\text{N} \cdot 30\text{m} = 24720\text{Nm} \approx 25\text{kJ}$$

Die Differenz von E_1 und E_2 ist die Energie, die auf den Fußgänger übertragen wird. Da es sich hierbei aber nicht um einen elastischen Stoß zwischen Motorrad und Fußgänger handelt, sondern um eine Mischform, geht Energie in Form von Verformung und Reibung verloren. Ich gehe deshalb von der willkürlichen Annahme aus, dass 60 % der verbliebenen Energie $E_1 - E_2$ in Bewegungsenergie E_3 des Fußgängers umgesetzt werden:

$$E_3 = (E_1 - E_2) \cdot 0,6 = (39\text{kJ} - 25\text{kJ}) \cdot 0,6 \approx 8\text{kJ}$$

Nun ermittle ich anhand der Bewegungsenergie die Geschwindigkeit, die der Fußgänger nach dem Unfall hat.

Kinetische Bewegungsenergie[1]:

$$E_4 = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{E_4 \cdot 2}{m}} = \sqrt{\frac{8000\text{J} \cdot 2}{80\text{kg}}} \approx 14 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Der Fußgänger wird also auf eine Geschwindigkeit von 50 km/h beschleunigt. Um nun die genaue Endlage des Fußgängers zu berechnen, muss ich wissen, in welchem Winkel der Fußgänger getroffen wird. Auch hier lassen sich fast nur Vermutungen annehmen. Deshalb lege ich nochmals ein Parameter willkürlich fest.

$$\alpha = 30^\circ$$

Mit der Wurfweitenformel des schrägen Wurfes berechne ich die Wurfweite [3]:

$$\text{Aufschlag} = \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{(14 \frac{m}{s})^2 \cdot \sin 60^\circ}{9,81 \frac{m}{s^2}} \approx 17m$$

Der Fußgänger landet somit nach 17 m auf dem Boden.

Da bei dem Flug keine Energie verloren geht, müsste das Unfallopfer theoretisch mit der gleichen Energie weiterrutschen. Dies lässt sich jedoch nicht auf die Realität übertragen, da bei dem Aufschlag viel Energie umgewandelt wird. Dies äußert sich in Knochenbrüchen und Hautabschürfungen, so dass ich hier für die letztendliche Lage des Fußgängers nur mit 50 % der Energie (E_5) weiterrechne.

$$E_5 = 4kJ$$

Für die Endlage muss ich die Gleitreibungskraft berechnen, die bei einem Menschen auf Asphalt wirkt. Auch hierfür ließen sich keine Daten finden, so dass ich die Gleitreibungszahl experimentell in Erfahrung bringen musste. Meine Tests haben eine Gleitreibungszahl von $\mu_{GR2} = 1,2$ ergeben.

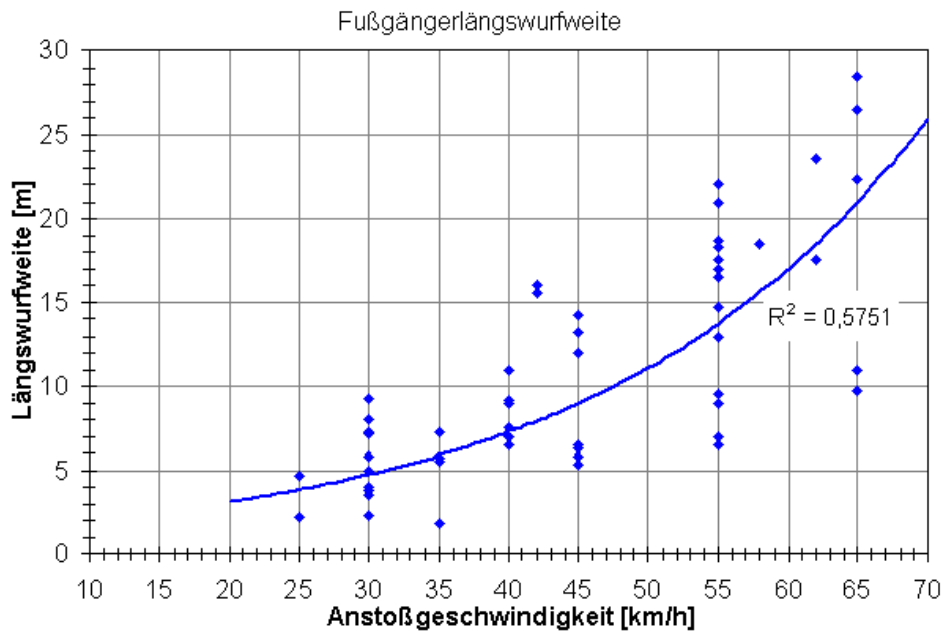
$$F_{GR2} = \mu_{GR2} \cdot m_M \cdot g = 1,2 \cdot 80kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 941,76 \frac{kg \cdot m}{s^2} \approx 940 \text{ Newton}$$

Zuletzt teile ich die Restenergie von ca. 9000 Joule durch 550 Newton und kann so errechnen, wie viele Meter der Fußgänger noch rutscht.

$$\frac{4000Nm}{940N} \approx 4 \text{ m}$$

Wenn ich nun die Wurfweite von 17 Metern und die Gleitweite von 4 Metern zusammenaddiere, erhalte ich eine Längswurfweite von 21 Metern.

2.2 Schwachstellen bei der Längswurfweitenberechnung mittels der Schulphysik



Bild²

Das obige Diagramm stellt die Längswurfweite in Abhängigkeit von der Anstoßgeschwindigkeit dar. Wie zu sehen ist, beträgt die Längswurfweite bei 60 km/h ca. 17 Meter.

Bei meiner Berechnung ergibt sich somit eine prozentuale Abweichung von 25 %.

In dem folgenden Teil versuche ich einige Schwachstellen bei meiner Berechnung genauer zu untersuchen, um einen Rückschluss über die Differenz von

25 % zwischen dem realen und meinem errechneten Wert zu erlangen:

1. Schwachstelle: Die berechnete Gleitreibungskraft

Bei meiner berechneten Gleitreibungskraft habe ich eine abgeschätzte Gleitreibungszahl benutzt. Bei einem verkehrsanalytischen Gutachten werden mehrere Versuchsreihen durchgeführt, um exakte Daten in Erfahrung zu bringen. So wird zum Beispiel der Asphalt genauestens untersucht, da bei jedem Asphalttyp andere Gleitreibungskräfte zu Stande kommen.

Rutscht das Motorrad zum Beispiel über einen sehr groben Asphalt, so verkanten sich Einzelteile wie Schrauben und es geht mehr Energie verloren, als auf einem sehr feinem Asphalt.

In den seltensten Fällen ist der Asphalt auch sauber, so dass Rollsplitt das Ergebnis auch sehr beeinträchtigen kann.

2. Schwachstelle: Die Bewegungsenergie des Fußgängers

Ich habe in meiner Berechnung der Geschwindigkeit des Fußgängers nicht mit der gesamten Energie E_3 weitergerechnet, sondern habe 60 % dieser Energie benutzt. Wie schon erwähnt, handelt es sich bei einem Unfall weder um einen elastischen noch um einen unelastischen Stoß, sondern um eine Mischform. Gerade bei Unfällen mit Fußgängern ist es sehr schwer, ein genaues Verhältnis zwischen Verformungsenergie und übertragener Energie festzulegen. Nimmt man es ganz genau, so kann man anhand der Verletzungen, die sich der Fußgänger bei dem Unfall zugezogen hat, die Energie bestimmen, die quasi der Körper in Verformungsenergie umgesetzt hat.

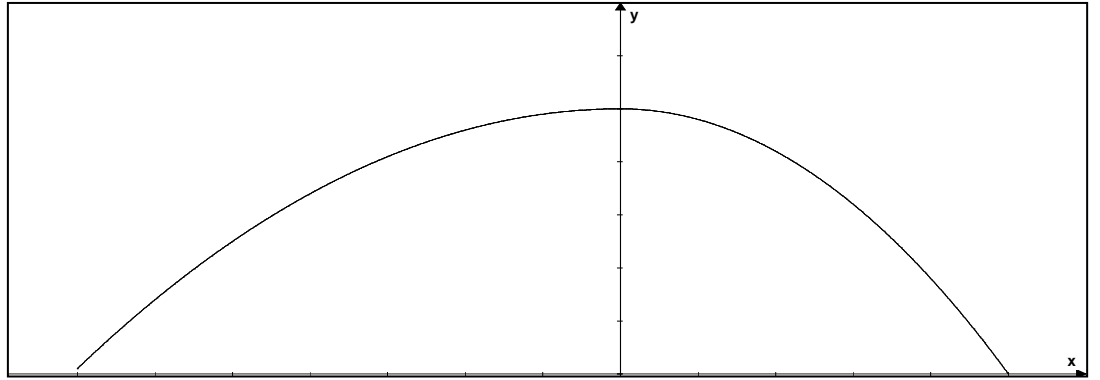
3. Schwachstelle: Der Abstoßwinkel

Dies ist wohl mit Sicherheit die größte Schwachstelle. Hier können Ergebnisse stark verfälscht werden. Oft kommt es auf den Vorbau des Motorrads an, ob eine erfasste Person überhaupt in die Luft geschleudert wird oder ob sie direkt auf den Boden „gedrückt“ wird. Haben wir einen vertikalen Vorbau, so wird die Person einfach nur nach vorne geschleudert und landet fast unabhängig von der Geschwindigkeit sehr schnell wieder auf dem Boden. Doch selbst bei einem vertikalen Vorbau kann das Unfallopfer eine sehr hohe Flugkurve umschreiben. Fährt der Motorradfahrer zum Beispiel eine Kurve, so kann sich die Höhe des Motorrads auf bis zu 50 cm reduzieren, und falls nun ein Passant erfasst wird, fliegt er trotz vertikalem Vorbau sehr hoch.

Ist der Vorbau jedoch in Dachform vorhanden (gerade bei den neueren Motorrädern ist diese Bauweise aufgrund der stromlinienförmigen Bauweise sehr beliebt), wird die erfasste Person sehr oft nach oben geschleudert.

4. Schwachstelle: Der Flug

Bei einem Flug eines Menschen spielt, entgegen der meisten Annahmen über parabelförmige Würfe, der Luftwiderstand eine entscheidende Rolle. So kann man bei einer solchen Flugkurve nicht unbedingt von einer parabelförmigen Flugbahn ausgehen. Die Flugkurve wird zwar bis zum Hochpunkt annähernd parabelförmig verlaufen, doch ab dann kann sie je nach Windrichtung stark beeinflusst werden. Ein mögliches Beispiel könnte so aussehen:



5. Schwachstelle: Die Landung

Bei der Landung tritt das gleiche Problem wie schon bei der Kollision auf. Man kann auch hier nicht genau bestimmen, welche Energie durch Verformungen umgewandelt wird und welche Energie in Form von Bewegungsenergie weiter besteht.

III. Zusammenfassung

Diese Facharbeit untersucht den Unfalltyp Motorrad – Fußgänger hinsichtlich ihrer Bewertung mit Hilfe von Formeln der Schulphysik. Wie kompliziert ein solches Verfahren bei diesem Unfalltyp werden kann, hat meine Facharbeit gezeigt, und gerade der zweite Teil sollte einen kritischeren Blickwinkel auf verkehrsanalytische Gutachten werfen. Zwar können mit Hilfe solcher Tests viele Unfälle genauer bewertet werden, aber man sollte sich auch immer im Kopf behalten, wie leicht eine solche Untersuchung verfälscht werden kann. Meine 5 Kritikpunkte sollten dies zum Vorschein bringen und zeigen, auf welchem dünnem Eis man sich bewegt. Die Schulphysik hilft bei vielen Problemen doch bei konkreten Anwendungsbeispielen die den Alltag widerspiegeln können größere Probleme auftreten. Meine Berechnungen basieren auf meinem Wissen aus der Mittel- und Oberstufe, doch oft kam ich mit „normalen“ Formeln nicht mehr weiter und musste diese modifizieren. Somit ergaben sich meine 5 Kritikpunkte.

Meine willkürlichen Annahmen scheinen zwar im Großen und Ganzen richtig zu sein doch auch bei gerichtlichen Gutachten bleibt dem Gutachter oft auch nichts anderes übrig, als Mutmaßungen anzustellen. Mit meiner Facharbeit habe ich gezeigt, wie schon einfache Anwendungsbeispiele die Schulphysik an ihre Grenzen stoßen lassen.

IV. Literaturverzeichnis

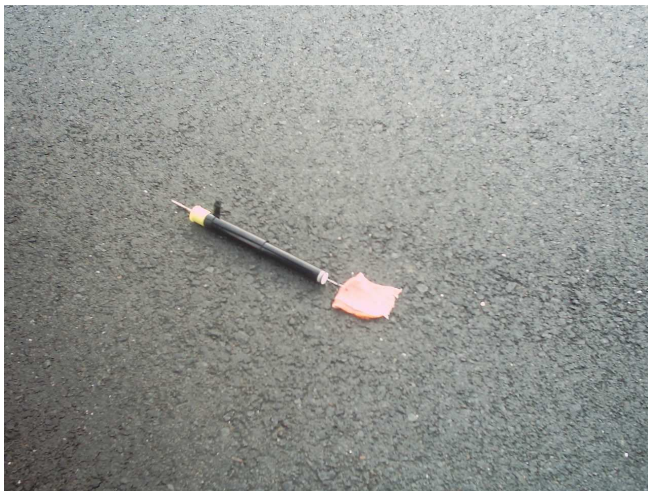
- [1] Dr. Franz Bader, Physik. Gymnasium Gesamtband SEK II. Schroedel Verlag. Hannover 2000
- [2] Dr. Franz Bader, Physik. Gymnasium Gesamtband SEK II. Schroedel Verlag. Hannover 2000
- [3] Willi Wörstenfeld, Das große Tafelwerk. Formelsammlung für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen. Berlin 2002

*Bild*¹ <http://www.kfz.tu-berlin.de/Publikationen/Diplom%20Heine-Schoenekaes/DIPLKAP6.HTM> (Stand 07.03.2005)

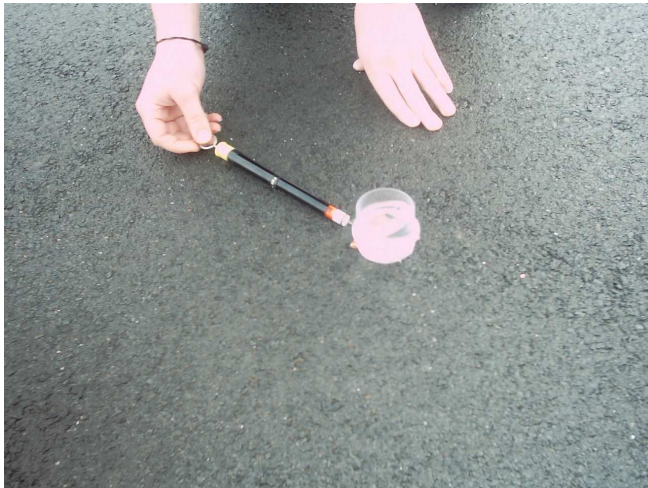
*Bild*² <http://www.kfz.tu-berlin.de/Publikationen/Diplom%20Heine-Schoenekaes/DIPLKAP6.HTM> (Stand 07.03.2005)

V. Anhang

Hier ein paar Fotos zur experimentellen Untersuchung von μ_{GR2} :



Kraftmesser mit Stück Fleisch



Kraftmesser mit 95 Gramm Wasser beschwert (Gesamtgewicht = 100g)

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Außerdem versichere ich, dass ich die Stellen der Arbeit, die ich aus anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen habe, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Zitat oder Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Beurteilung der Facharbeit von Max Muster

Thema: Verkehrsanalytisches Gutachten – Kritische Betrachtung der Schulphysik anhand von praktischen Beispielen

Kurs / Fach: Grundkurs Physik 1, Jahrgangsstufe 12

Fachlehrer: Ludwig Lämpel

1. Formale Anlage (18 von 20 Punkten)

Die Darstellung überzeugt durch ein übersichtliches Layout. Verbesserungsbedürftig sind lediglich nur beim genauen Hinschauen erkennbare Formatierungsmängel:

- Die Schriftarten „Arial“ und „Times New Roman“ werden unmotiviert gewechselt.
- Die Überschriften zu I. und V. sind unterstrichen, die zu II. bis IV. nicht.
- Im Inhaltsverzeichnis sollten die nicht nummerierten Bestandteile (Vorwort und Selbstständigkeitserklärung) *einheitlich* entweder eingerückt sein oder nicht, und die Seitenzahlen sollten rechtsbündig ausgerichtet sein.

Es treten nur wenige Verstöße gegen die Regeln der Muttersprache auf, die den Lesefluss aber nicht beeinträchtigen. Die Fachsprache wird bis auf eine umgangssprachlich bedingte Verwechslung (Gewicht statt Masse auf Seite 3) völlig korrekt verwendet.

2. Inhaltliche Bewältigung und Darstellungsweise (25 von 25 Punkten)

Dem Verfasser ist eine themengerechte und logische Gliederung gelungen. Der Gedankengang ist durchweg schlüssig, und die Arbeit weist einen durchgängigen Themenzug unter angemessener Gewichtung der einzelnen Aspekte auf.

3. Methodische Durchführung / Wissenschaftliche Arbeitsweise (17 von 25 Punkten)

Betrachtet man das Literaturverzeichnis, so gewinnt man den Eindruck, dass nicht mit der erforderlichen Gründlichkeit recherchiert wurde, denn im Literaturverzeichnis werden lediglich zwei Quellen (ein Physikbuch und eine Diplomarbeit) aufgeführt. Allerdings ist mir auf Grund der Beratungsgespräche, in denen mir überaus ergiebige Quellen genannt wurden, genau das Gegenteil bekannt. Es ist schade, dass weder im Vorwort, in der Einleitung noch in der Zusammenfassung darauf eingegangen wurde (auf den betreffenden Seiten ist noch genügend Platz!). Auch Hinweise darauf, *warum* bezüglich der begründeten Schwerpunktsetzung nicht intensiv(er) auf dieses Material eingegangen wurde, hätten die Arbeit weiter bereichert.

Überzeugend wirkt hingegen der Umgang mit dem Material, weil nicht nur Inhalte wiedergegeben werden, sondern diese in einem eigenständig durchgerechneten Projekt umgesetzt und kritisch hinterfragt werden.

Fachliche Begriffe und Methoden werden abgesehen von folgenden Einschränkungen sinnvoll und richtig verwendet:

- Bei der Auflistung der zu Grunde liegenden Ausgangsdaten auf Seite 3 fehlt die Geschwindigkeit des Motorrads (60 km/h) und ein Formelzeichen für die Motorradlängswurfweite.
- Verwendete Formelzeichen werden teilweise nicht im vorherigen Text erläutert, und für unterschiedliche Geschwindigkeiten wird das gleiche Formelzeichen v verwendet; hier hätten Indizes benutzt werden müssen. Ansonsten werden Indizes verwendet, dabei treten jedoch Unstimmigkeiten auf. Auf Seite 6 beinhaltet eine Formel eine unübliche Mischung aus Text und Formelzeichen.
- Seite 5: Ein Motorrad besitzt keine Reibungszahl, gemeint ist offenbar die Reibung zwischen Motorrad und Asphalt.
- Seite 7: Die oberflächlich dargestellte Rechnung passt nicht zu den zuvor gewissenhaft durchgeführten.
- Seite 8: Hier wird ein irrelevanter Mittelwert aus zufällig ausgewählten Messwerten als „realer Wert“ (?) interpretiert. Dies lässt die eigenständig und sorgfältig durchgeführten Rechnungen unnötigerweise als zu ungenau erscheinen.

Die Quellennachweise und das Literaturverzeichnis entsprechen nicht den formalen Vorgaben. Zu den nicht selbstständig ausgeführten Rechnungen zur Luftreibung fehlt ein Quellennachweis zur Abbildung auf Seite 11. Es genügt nicht, die Quellen nur im Literaturverzeichnis aufzulisten; man muss an den entsprechenden Stellen der Arbeit darauf verweisen (z. B. auf Seite 3). Die Verweise auf lediglich zwei Quellen rechtfertigen nicht, dass diese jeweils zweimal im Literaturverzeichnis angegeben werden.

Trotz der genannten Mängel, die überwiegend auf die Eigenständigkeit des Verfassers zurückzuführen sind, zeugt die Arbeit von einem überdurchschnittlichen persönlichen Engagement.

4. Ertrag der Arbeit

(30 von 30 Punkten)

Die Arbeit ist gedanklich reichhaltig; der Verfasser gelangt zu vertieften, abstrahierenden und kritischen Einsichten. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass ein in der Fachliteratur nicht auffindbares Detail (Reibung von Fleisch auf Asphalt) selbstständig experimentell untersucht wurde.

5. Gesamturteil

(90 von 100 Punkten)

Die Leistung entspricht in besonderem Maße den Anforderungen.

Note:

sehr gut (1; 14 Punkte)

04. 04. 2005