

# Handreichung

zum Modul:

*Demonstrationspraktikum 1*

bei

**Dr. Jürgen Kirstein**  
**Dr. Dirk Schwarzhans**  
**Luzy Krüger M.Sc.**

am

Fachbereich Physik  
**Freien Universität Berlin**

Ludwig Schuster und Florian Conrad (Gruppe 1)

17. November 2014



# Abbildungsverzeichnis

1	Skizze des Aufbaus der Atwoodschen Fallmaschine (nach [tet.folio]). Hauptaugenmerk liegt hier auf den verwendeten Geräten. Die Stangenkonstruktion ist vereinfacht in Abbildung 2 dargestellt. . . . .	1
2	Detailskizze zum Aufbau der Stangenkonstruktion für die Atwood'sche Fallmaschine wie in Abbildung 1 gezeigt ist. . . . .	1
3	Grafische Auswertung des linearen Zusammenhangs aus Tabelle 1, Versuchsreihe 1.3.1 . . . . .	2
4	Versuchsaufbau für ein Projektionsexperiment. Diese beispielhafte Abbildung von der Firma [lambda scientific] dient der Veranschaulichung. Der im folgenden beschriebene Aufbau unterscheidet sich im Netzteil und der Projektionsebene. . . . .	3
5	Verketteter Strahlengang (nach [Markus Bautsch]). In Orange der Strahlengang (B) der Lampe (L) welcher durch den Reflektor (R) und den Kondensator (K) auf die Linse (O) projiziert wird. Das Dia (G) wird ebenfalls über die Linse (O) auf die Projektionsebene (P) mit dem blauen Strahlengang (A) projiziert. . . . .	4
6	Blick aus Richtung der Lampe auf eine Abbildung eines Dias. (nach [PhysikDidaktik]) . . . . .	4

## Literatur

- [Giancoli Physik] *Physik: Lehr- und Übungsbuch* Autor: Douglas C. Giancoli, ISBN: 9783868940237, Pearson Deutschland GmbH, 2010; Seite 42 ff (freier Fall) und Seite 1121 ff (Strahlengang)
- [Halliday Physik] *Halliday Physik* Autor: David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Hrsg: Stephan W. Koch, ISBN: 9783527406456, 2. Auflage, 2009 Wiley-VCH; Seite 27 ff (freier Fall) und Seite 1038 ff (Strahlengang)
- [Gerthsen Physik] *Gerthsen Physik*, Hrsg: Professor Dr. Dieter Meschede ISBN: 978-3-540-25421-8, 23. Auflage, Springer, 2006 Berlin; Seite 498 ff (Dia-Projektor)
- [PhysikDidaktik] Arbeitsblatt "O1" zum Seminar "Demonstrationspraktikum 1" im Wintersemester 2014/2015 bei Dr. Jürgen Kirstein, Dr. Dirk Schwarzhans und Luzy Krüger M.Sc.

## Internetadressen

- [tet.folio] <http://tetfolio.de/tet/14273>
- [lambda scientific] <http://www.lambdasys.com/images/LE0k-4-1.png>
- [Markus Bautsch] „Verketteter.Strahlengang“ von Markus Bautsch. <http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:Bautsch> Lizenziert unter Creative Commons Zero, Public Domain Dedication über Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Verketteter.Strahlengang.png#mediaviewer/File:Verketteter.Strahlengang.png>

# 1 Atwood'sche Fallmaschine

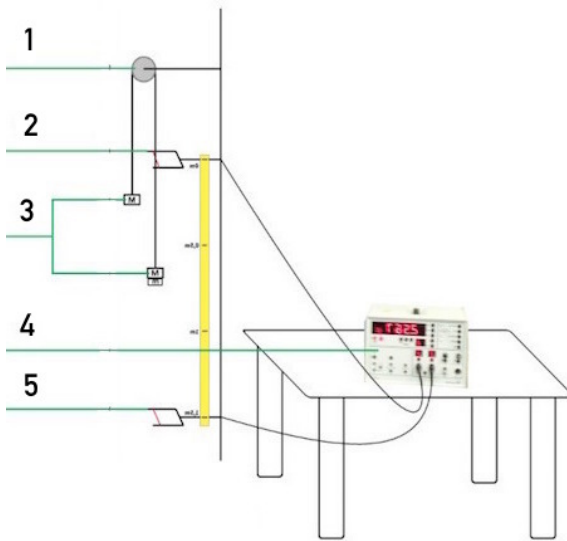


Abbildung 1: Skizze des Aufbaus der Atwoodschen Fallmaschine (nach [tet.folio]). Hauptaugenmerk liegt hier auf den verwendeten Geräten. Die Stangenkonstruktion ist vereinfacht in Abbildung 2 dargestellt.

## 1.1 Einleitung

Im Folgenden wird die Atwood'sche Fallmaschine als Experiment beschrieben. Dieses Experiment eignet sich als Nachweis für die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

## 1.2 Aufbau

Um den Aufbau stabil herzurichten bietet sich eine **Dreieckskonstruktion** an. Hierbei werden die **Verbindungsstangen** mit **Drehmuffen** am Tisch fixiert, wie in Abbildung 2 zu sehen. Die Hauptstange wird mit weiteren Drehmuffen an den beiden äußeren Stangen befestigt. An die obere Seite der Mittelstange wird **eine besonders gelagerte<sup>1</sup> Drehrolle mit Fadenführung (1)** befestigt. Über diese Rolle wird ein **dehnungsarmer Faden** geführt, an den die **Massenhalterungen (3) mit den Grundmassen (50 g, 100 g, 150 g pro Seite) und Zusatzmassen (insgesamt 3x10**

**g)** gehangen werden. Die **Lichtschranken (LEYBOLD)(2, 5)** werden in einer ausreichend großen Entfernung von einander an der Mittelstange mit Muffen befestigt. Angeschlossen werden die **Lichtschranken** an ein **Netzgerät mit integriertem Zähler (LEYBOLD - Digitalzähler (575 48))(4)**. Das Gerät wird so eingestellt, dass eine Zeitdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Lichtschranke gemessen werden kann. Dazu ist wichtig, dass nur eine Masse die Lichtschranken auslöst. Ebenfalls wichtig ist die Konstruktion auf Stabilität zu überprüfen, um Messfehler durch Vibration zu vermeiden

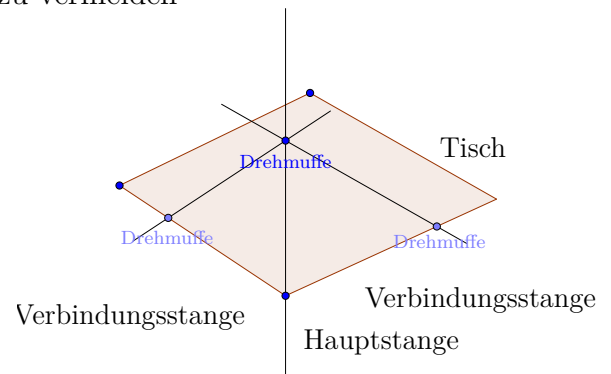


Abbildung 2: Detailskizze zum Aufbau der Stangenkonstruktion für die Atwood'sche Fallmaschine wie in Abbildung 1 gezeigt ist.

## 1.3 Durchführung

### 1.3.1 Versuchsteil 1

Die beiden Gewichte des Aufbaus werden in ein Kräfte-Gleichgewicht gebracht. Nun wird der Startpunkt für die beschleunigte Masse festgelegt. Die beschleunigte Masse soll beide Lichtschranken durchlaufen, sodass eine Zeit vom Startpunkt (erste Lichtschranke) bis zum Endpunkt (zweite Lichtschranke) gemessen wird.

Die Zusatzmasse wird auf eine der Massen gelegt und das System in Bewegung versetzt, indem der Faden losgelas-

<sup>1</sup>Verringerung der Reibung

sen wird.

**Wichtig:** Der Startpunkt soll so gewählt sein, dass er knapp über dem Messpunkt der ersten Lichtschranke liegt, damit die Anfangsgeschwindigkeit zum Startzeitpunkt vernachlässigbar klein<sup>2</sup> ist. Das ist wichtig, damit im weiteren Verlauf der Auswertungen die Beschleunigungen aus Aufgabenteil 1, 2 und optional 3 vergleichbar bleiben.

Die Fallzeit für die durch den Abstand der Lichtschranken gegebenen Fallstrecke wird dokumentiert. Für jede Zusatzmasse werden 5-10 Durchgänge durchgeführt und die jeweilige Fallzeit notiert. Die Anzahl der Durchgänge hängt stark von der Anzahl der Ausreißer ab, und der daraus resultierenden Notwendigkeit von mehr Messwerten, um ein gutes Mittelmaß zu finden. Aus den  $\Delta t$  wird ein Mittelwert gebildet.

### 1.3.2 Versuchsteil 2

Die Versuchsreihe aus 1.3.1 wird mit veränderten Grundmassen wiederholt, die Zusatzmasse bleibt gleich (10g). Begonnen wird mit 50g pro Seite der Fallmaschine. Danach wird die Grundmasse auf 100g pro Seite bis 150g pro Seite erhöht.

### 1.3.3 Versuchsteil 3 (optional)

Als Nächstes werden die Fallstrecken variiert und die Massenverteilungen aus der Versuchsreihe 1.3.1 erneut verwendet. Hier werden die Fallzeiten ebenfalls notiert. Dadurch könnte man die Beschleunigung zusätzlich über die Varianz des Weges ermitteln.

## 1.4 Auswertung

Wenn der optionale Versuchsteil 3 durchgeführt wird, können die Ergebnisse mit der folgenden Auswertung verglichen werden.

Aus den verwendeten Massen und der Fallbeschleunigung lässt sich über die

Formel:  $a_2 = \frac{m}{2 \cdot M + m} \cdot g$  die Beschleunigung für die jeweilige Masse errechnen. Eine weitere Möglichkeit zur Berechnung der Beschleunigung ergibt sich aus der Strecke und der Fallzeit, über die Formel  $a_1 = \frac{2 \cdot s}{t^2}$ . Für beide Formeln gilt die Bedingung, dass für den Startzeitpunkt  $t_0$  gilt:  $v = 0$ . Wobei  $a$  die Beschleunigung,  $m$  die Zusatzmasse und  $g$  die Fallbeschleunigung ( $9,81 \frac{m}{s^2}$ ) ist.  $M$ , die Grundmasse, ist für Versuchsreihe 1.3.1 konstant  $50 \pm 1$  g. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Es gibt eine Abweichung bei den Messwerten für  $a_1$  und  $a_2$  da bei der Messung eine Anfangsgeschwindigkeit die Messwerte bei  $a_1$  erhöht hat. Ohne diese Messungenauigkeit ist zu erwarten, dass sich die Messwerte für  $a_1$  und  $a_2$  annähern.

s[m]	m[g]	$\overline{t}$ [s]	$a_1 [\frac{m}{s^2}]$	$a_2 [\frac{m}{s^2}]$
$0,632 \pm 0,002$	$10 \pm 1$	0,868	1,68	0,89
$0,632 \pm 0,002$	$20 \pm 1$	0,532	4,47	1,64
$0,632 \pm 0,002$	$30 \pm 1$	0,431	6,80	2,26

Tabelle 1: Wertetabelle zur Atwood'sche Fallmaschine, Versuchsreihe 1.3.1

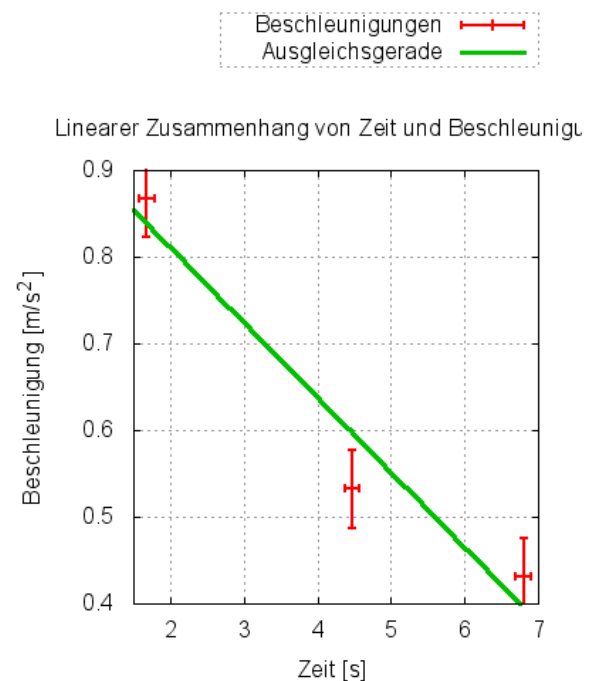


Abbildung 3: Grafische Auswertung des linearen Zusammenhangs aus Tabelle 1, Versuchsreihe 1.3.1

<sup>2</sup>nahe 0

## 2 Projektionsapparat

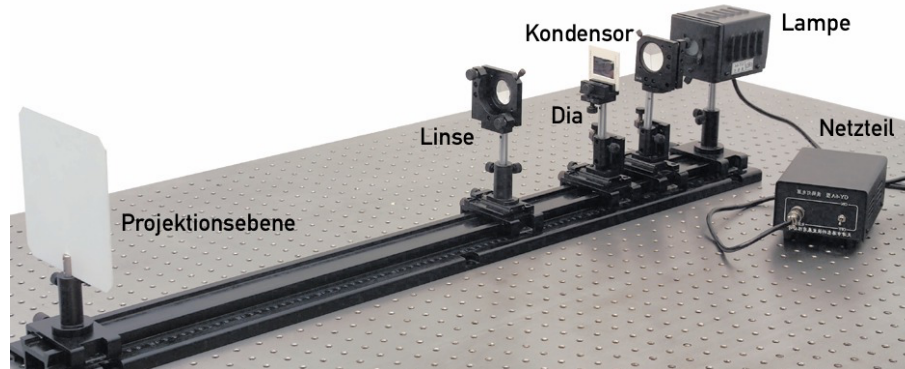


Abbildung 4: Versuchsaufbau für ein Projektionsexperiment. Diese beispielhafte Abbildung von der Firma [lambda scientific] dient der Veranschaulichung. Der im folgenden beschriebene Aufbau unterscheidet sich im Netzteil und der Projektionsebene.

### 2.1 Einleitung

Im Folgenden wird eine einfache Dia-Projektion als Experiment beschrieben. Verkettete Strahlengänge, und optische Phänomene an Linsen lassen sich damit sehr gut zeigen.

### 2.2 Aufbau

Aufgebaut wird auf einer **Schiene (Spindler&Hoyer 100 cm)**, auf dieser können die **Halterungen für diverse Linsen**, die **Lampe (12 V 100 W, inklusive Kondensatorlinse)** und die **Halterung des Dias** (in welche das Dia geklemmt wird) fixiert werden. Es werden verschiedene **Linsen** benötigt (einfache Glaslinsen, 200mm vergütet und höherwertige). Diese werden, wie in Abbildung 4 gezeigt angeordnet. Die Reihenfolge ist: zuerst die Lampe mit Kondensator, das Dia, die Linse und eine Projektionsebene. Die **Projektionsebene** sollte eine weiße Wand, oder im Idealfall eine Leinwand sein um ein anschauliches und großes Bild zeigen zu können. Ein **Spiegel** kann bereitgelegt werden, falls am Ende Zeit übrig sein sollte und mit dem Spiegel weitere Phänomene gezeigt werden sollen (wie z.B. Um die Ecke

projizieren). Zum Betreiben der Lampe ist ein **Netzgerät** nötig. Es bietet sich an eines mit Variablen Spannungen zu wählen, um die Helligkeit der Lampe zu regeln. Hier wurde ein Kleinspannungstelltrafo von Leybold gewählt mit jeweils 6/12 V~

### 2.3 Durchführung

**Hinweis:** Vorsicht, die Lampe wird sehr heiß. Folgende Arbeitsanweisungen sind zum Erhalt der Materialien unbedingt notwendig.

- Die Lampe zum Auskühlen stehen lassen, nicht hinlegen.
- Linsen nicht direkt am Glas anfassen, nicht mit dem Glas auf den Tisch legen. Besser, eine zusätzliche kurze Schiene (Leybold oder Spindler&Hoyer 30cm) verwenden.
- Beim Linsen putzen, Linsenputztücher verwenden, vorsichtig putzen. Darauf achten, dass evtl. vorhandener Staub nicht auf der Linse gerieben wird.
- Nicht in die Lampe schauen, auch die Abbildung des Glühdrahtes auf

z.B. einem Papier kann extrem hell sein.

Die verwendeten Bauteile werden, wie in Abbildung 4 gezeigt angeordnet. Begonnen wird mit der Lampe. Die Lampe hat einen Justiermechanismus mit zwei mögliche Bewegungsrichtungen. Mit diesem kann zum einen der Abstand von der Lampe zur Kondensorlinse variiert werden und es kann durch drehen der Lampe die Neigung des Glühdrahts verändern werden. Nun wird die Lampe eingeschaltet und mit dem Justiermechanismus dafür gesorgt, dass der Leuchtdraht auf der Linse abgebildet wird, wie in Abbildung 5 ersichtlich. Dazu wird der Abstand der Lampe zur Kondensorlinse variiert, da der Glühdraht sonst in unserer Projektion zu sehen ist.

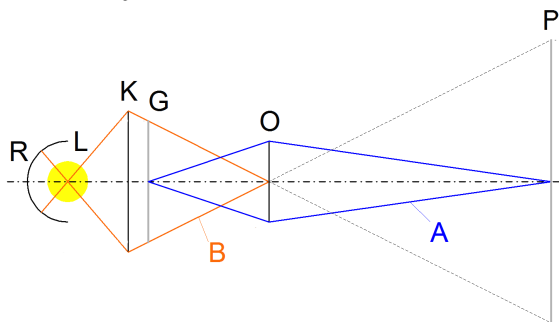


Abbildung 5: Verketteter Strahlengang (nach [Markus Bautsch]). In Orange der Strahlengang (B) der Lampe (L) welcher durch den Reflektor (R) und den Kondensator (K) auf die Linse (O) projiziert wird. Das Dia (G) wird ebenfalls über die Linse (O) auf die Projektionsebene (P) mit dem blauen Strahlengang (A) projiziert.

Mit dem Justiermechanismus der Lampe wird diese gedreht, nicht mehr verschoben, sodass die Ausleuchtung des Dias optimiert wird, und auf der Projektionsebene ein möglichst komplett ausgeleuchtetes Bild erscheint. Durch Abstandsänderungen der Linse zur Kondensatorlinse kann die Schärfe des Bildes optimiert werden. Das Ergebnis soll die größte mögliche Schärfe und Ausleuchtung aufweisen. Das ist je nach verwen-

deter Linse unterschiedlich. Der visuelle Eindruck an der Projektionsebene soll „gemerkt“ oder per Foto dokumentiert werden (Vergleichsfähigkeit der Linsen). Die verschiedenen Linsen werden nacheinander ausprobiert.



Abbildung 6: Blick aus Richtung der Lampe auf eine Abbildung eines Dias. (nach [PhysikDidaktik])

## 2.4 Auswertung

Es wird dokumentiert, wie Änderungen am Projektionsapparat sich auf das resultierende Bild auswirken. Insbesondere:

- Wahl der Linse (vergütet, oder nicht, bzw. mehrere Linsen (z.B. Verwendung eines Objektivs))
- Abstandsänderung von Linse zu Dia
- Änderung der Ausleuchtung durch Verschieben des Strahlengangs der Lampe, bzw. Drehen der Lampe im Gehäuse.
- Was passiert wenn die Glühwendel an einer anderen Stelle abgebildet wird?

Die Auswertung des Experimentes geschieht durch Vergleichen der durch die einzelnen Linsen projizierten Bilder. In Abbildung 6 ist eines Beispielhaft aufgeführt. Hierbei sind Bildschärfe, Ausleuchtung des Dias, Kontraste, Linsenfehler und Proportionen (Verhältnis Bildgröße/-Schärfe) die Untersuchungskriterien. Mit diesen sollen die Linsen in eine Ordnung ihrer Qualität nach sortiert werden. Daraus kann sich ein weiterführender Rechercheauftrag ergeben.