

Humboldt-Universität zu Berlin  
*Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät*

## **Bachelor/Master thesis template**

**Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science  
(M. Sc.) im Fach Physik**

Bastian Leykauf, M.Sc.

October 2, 2017

Gutachter:

Prof. Dr. Albert Einstein

Prof. Dr. Paul Dirac



## **Zusammenfassung**

Das ist die Zusammenfassung.



## **Abstract**

This is the abstract.

# Contents

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2. A theory of everything</b>	<b>3</b>
2.1. Interferometer theory . . . . .	3
<b>3. Tabellen und Abbildungen</b>	<b>4</b>
3.1. Tabellen . . . . .	4
<b>4. Mathematik und Physik</b>	<b>5</b>
4.1. Benutung verschiedener Mathematik-Umgebungen . . . . .	5
4.2. Weitere nützliche Mathe-Pakete . . . . .	6
4.2.1. Differentialgleichungen . . . . .	6
4.2.2. Chemische Formeln . . . . .	6
4.2.3. Bras und Kets . . . . .	6
4.2.4. Einheiten . . . . .	6
<b>5. Zitate und Bibliographie</b>	<b>9</b>
<b>A. Usage of acronyms</b>	<b>11</b>

## List of Figures

1.1. Created with Inkscape . . . . .	2
--------------------------------------	---

## List of Tables

3.1. Verwendung von table . . . . .	4
-------------------------------------	---

# 1. Introduction

The text is 394.35527pt wide.

This thesis presents some interesting physics, complete with numbers

$$g = (100 \pm 1) \text{ kg}, \tag{1.1}$$

chemical formulae like  $^{87}\text{Rb}$  and some other nonsense:

$$x = x_1 - x_2 \tag{1.2}$$

$$\boldsymbol{x} \tag{1.3}$$

## 1. Introduction

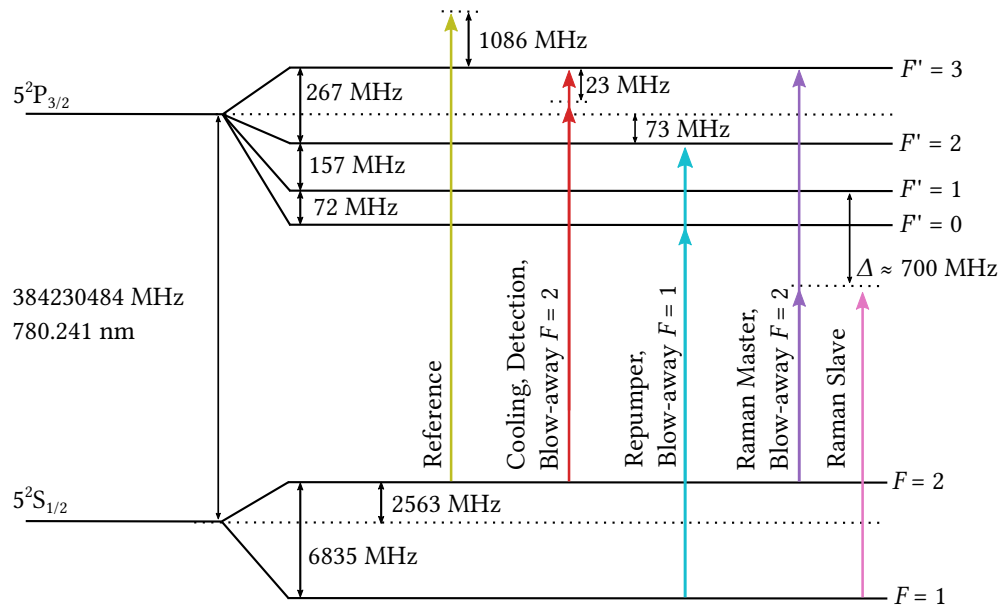


Figure 1.1.: Created with Inkscape



## 2. A theory of everything

This chapter describes a theory of everything.

### 2.1. Interferometer theory

In this section we will discuss some maths. Here is some:

$$e^{i\pi} - 1 = 0. \tag{2.1}$$

Beautiful, isn't it? And in eq. (2.2) you can see some quantum mechanics.

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} (\Phi) = \hat{H}\Phi \tag{2.2a}$$

$$E\Phi(\mathbf{r}) = \left( \frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\mathbf{r}) \right) \Phi(\mathbf{r}) \tag{2.2b}$$

## 3. Tabellen und Abbildungen

### 3.1. Tabellen

Die beiden wichtigsten Regeln für die Erstellung schöner Tabellen lauten:

1. Nie vertikale Linien benutzen.
2. Nie doppelte Linien benutzen.

Das Paket `booktabs` vereinfacht. Zusätzlich in Tab. 3.1 `threeparttable` verwendet. Dieses Paket erlaubt die Benutzung von Fußnoten und Anmerkungen in Tabellen. Außerdem zeigt das Beispiel die Verwendung des von `siunitx` gelieferten Spaltenstils. Mit diesem können Unsicherheiten bequem automatisch formatiert und Werte gerundet werden.

Table 3.1.: Man beachte, dass  $E_{\text{tot},1}$  und  $E_{\text{tot},2}$  das selbe Ergebnis liefern, obwohl sie im Quelltext unterschiedlich formatiert wurden.

$N_{\text{particles,min}}$	Hier	$E_{\text{tot},1} / \text{GeV}$	$E_{\text{tot},2} / \text{GeV}$	$F / N$	$N'$
10.14 <sup>a</sup>	steht	$18.3 \pm 0.2$	$18.3 \pm 0.2$	4018.95(3)	282.3
11.54	nur	$18.4 \pm 0.3$	$18.4 \pm 0.3$	3991.32(4)	246.5
12.34	zentrierter	$10.4 \pm 0.2$	$10.4 \pm 0.2$	3981.19(2)	230.8
13.63 <sup>**</sup>	Text.	$12.2 \pm 0.6$	$12.2 \pm 0.6$	3976.35(3)	221.2

<sup>a</sup> Hier können irgendwelche Anmerkungen stehen

<sup>\*\*</sup> Sternchen gehen auch

## 4. Mathematik und Physik

### 4.1. Benutzung verschiedener Mathematik-Umgebungen

$\text{\LaTeX}$  ist eine Reihe von Dokumentenklassen und Paketen der American Mathematical Society. Hier sollen kurz einige Umgebungen, die `mathtools` zur Verfügung stellt, vorgestellt werden.

Gl. 4.1 ist eine einfache numerierte Gleichung.

$$a = b \tag{4.1}$$

Eine Gleichung mit Umformungen über mehrere Zeilen, aber nur einer Nummer:

$$\begin{aligned} a &= b + c - d \\ &\quad + e - f \\ &= g + h \\ &= i \end{aligned} \tag{4.2}$$

Ein Ausdruck, der sich über mehr als eine Zeile erstreckt:

$$\begin{aligned} a + b + c + d + e + f + a + b + c + d + e + f \\ + g + h + i + j + k + l + m + n + g + h + i + j + k + l + m + n \end{aligned} \tag{4.3}$$

Vier ausgerichtete Gleichungen:

$$a_{11} = b_{11} \qquad a_{12} = b_{12} \tag{4.4}$$

$$a_{21} = b_{21} \qquad a_{22} = b_{22} + c_{22} \tag{4.5}$$

## 4.2. Weitere nützliche Mathe-Pakete

### 4.2.1. Differentialgleichungen

Mit propd lassen sich Differentialgleichungen und -operatoren leicht setzen:

$$\frac{dy}{dx} \quad (4.6)$$

$$\frac{d^2u}{dx^2} = -\omega^2 u \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 6u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \quad (4.8)$$

$$\frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} \quad (4.9)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} (x + y) \quad (4.10)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \quad (4.11)$$

### 4.2.2. Chemische Formeln

Bei chemischen Formeln hilft mhchem, z. B. kann leicht  ${}^{235}_{92}\text{U}$  gesetzt werden.

### 4.2.3. Bras und Kets

Das Paket braket hilft in der Quantenmechanik:

$$\langle \Phi | \quad (4.12)$$

$$| \Psi \rangle \quad (4.13)$$

$$\langle \psi | \hat{H} | \phi \rangle \quad (4.14)$$

### 4.2.4. Einheiten

Sehr nützlich ist auch siunitx. Es setzt Einheiten immer aufrecht und mit passendem Abstand zum Wert. Auch Unsicherheiten lassen sich bequem angeben. Hier soll außerdem kurz die korrekten Verwendung von mathematischen Konstanten, wie beispielsweise die imaginäre Einheit oder die Kreiszahl, gezeigt werden. Diese werden nämlich – anders als physikalische Konstanten, deren Wert durch Messungen ermittelt wird und sich deshalb

grundsätzlich ändern kann – aufrecht und nicht kursiv gesetzt.

$$\hbar = 6.626\,069\,57(29) \times 10^{-34} \text{ J s} \quad (4.15)$$

$$g = (9.81 \pm 0.01) \text{ m/s}^2 \quad (4.16)$$

$$\pi \neq \pi \equiv 3 \quad (4.17)$$

$$i \neq \text{i} \quad (4.18)$$

$$e = 1.602\,176\,57 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (4.19)$$

$$\text{e} \approx 2.718\,28 \quad (4.20)$$

$$(4.21)$$



## 5. Zitate und Bibliographie

Schon in *De Anima* des großen Aristotle steht geschrieben, dass bibl<sub>at</sub>ex das Leben leichter macht [2, p. 12].

Weitere Ausführungen finden sich bei Knuth [3]. Gerade eben zitiertes muss nicht wiederholt werden [3]. Vollzitate, wie sie in A. Angenendt, “In honore salvatoris – vom sinn und unsinn der patrozinienkunde”, *Revue d’Histoire Ecclésiastique* **97**, 431–456, 791–823 (2002) zu finden sind, kann man auch in eine Fußnote packen<sup>1</sup>. Das wurde auch schon im Jahre (1974) manchmal so gemacht. In der Bibliographie ist auch eine Quelle angegeben, die gar nicht im Text auftaucht.

---

<sup>1</sup>A. Angenendt, “In honore salvatoris – vom sinn und unsinn der patrozinienkunde”, *Revue d’Histoire Ecclésiastique* **97**, 431–456, 791–823 (2002).





## A. Usage of acronyms

With the `glossaries` package you can create a list of acronyms. The first appearance of an acronym looks like this: magneto-optical trap (MOT). MOTs are great!



# Acronyms

**MOT** magneto-optical trap.

# Publications

## Print

- V. Schkolnik, B. Leykauf, M. Hauth, C. Freier, and A. Peters, “The effect of wavefront aberrations in atom interferometry”, *Applied Physics B* **120**, 311–316 (2015)
- C. Freier, M. Hauth, V. Schkolnik, B. Leykauf, M. Schilling, H. Wziontek, H.-G. Scherneck, J. Müller, and A. Peters, “Mobile quantum gravity sensor with unprecedented stability”, *Journal of Physics: Conference Series* **723**, 012050 (2016) [10.1088/1742-6596/723/1/012050](https://doi.org/10.1088/1742-6596/723/1/012050)
- Q.-q. Hu, C. Freier, B. Leykauf, V. Schkolnik, J. Yang, M. Krutzik, and A. Peters, “Precisely mapping the absolute magnetic field and evaluating the quadratic Zeeman effect induced systematic error in atom interferometer gravimeter”, submitted (2017)

## Oral and Poster Presentations

Only those presentations are listed where the thesis author is first author and presenter.

### Oral

- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) Frühjahrstagung, Heidelberg, Germany (2015)
- European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Vienna, Austria (2017)

### Poster

- Frontiers of Matter Wave Optics (FOMO), Chania, Greece (2014)
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) Frühjahrstagung, Hannover, Germany (2016)
- Frontiers of Matter Wave Optics (FOMO), Arcachon, France (2016), awarded with prize for *Best Poster Presentation*

## Other

- C. Freier, V. Schkolnik, B. Leykauf, C. Grzeschik, A. Stiegel, M. Krutzik, and A. Peters, *Studie der vorbereitung zur einföhrung der atominterferometrie als alternatives verfahren zu klassischen absolutgravimetern: zwischenbericht i und II* (Sept. 20, 2017)

# Bibliography

- [1] Aristotle, *De anima*, edited by R. D. Hicks (Cambridge University Press, Cambridge, 1907).
- [2] P. Moraux, “Le *De Anima* dans la tradition grèque, Quelques aspects de l’interprétation du traité, de theophraste à themistius”, in *Aristotle on mind and the senses, Proceedings of the Seventh Symposium Aristotelicum*, edited by G. E. R. Lloyd and G. E. L. Owen (1979), pp. 281–324.
- [3] D. E. Knuth, *Computers & typesetting*, 5 vols. (Addison-Wesley, Reading, Mass., 1984–1986).
- [4] A. Angenendt, “In honore salvatoris – vom sinn und unsinn der patrozinienkunde”, *Revue d’Histoire Ecclésiastique* **97**, 431–456, 791–823 (2002).
- [5] T. Doody, “Hemingway’s style and jake’s narration”, *The Journal of Narrative Technique* **4**, 212–225 (1974). Excerpt in R. Matuz, ed., *Contemporary literary criticism*, Vol. 61 (Gale, Detroit, 1990), pp. 204–208.
- [6] G. Westfahl, “The true frontier, Confronting and avoiding the realities of space in american science fiction films”, in *Space and beyond, The frontier theme in science fiction*, edited by G. Westfahl (Greenwood, Westport, Conn. and London, 2000), pp. 55–65.

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meiner Mutti danken.

# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe.

*Berlin, 2. Oktober 2017*

---

Bastian Leykauf