

Seminararbeit aus dem W-Seminar
"Raum und Zeit" (Physik)

Thema der Seminararbeit:
Die Verbindung zwischen Astronomie und Zeit



Name des Seminarfachlehrers: Frau Mayr

Eingereicht von: Jennifer Zöschinger

Datum der Abgabe: 08. November 2011

Note:

Unterschrift des Schülers
des Lehrers

Unterschrift

Vorwort

Das Thema unseres W-Seminars ist "Raum und Zeit".

Ich habe mir zuerst einige Gedanken zu diesem Thema gemacht, und bin dann zu dem Entschluss gekommen, dass ich gerne etwas über die Zeit schreiben möchte.

Als ich kurz darauf mit meinen Eltern in Ulm war, zeigte mir mein Vater die astronomische Uhr am Rathaus. Diese wirkte zuerst sehr verwirrend auf mich, da überall Zeiger und Symbole waren, deren Bedeutung ich noch nicht kannte. Aber anhand eines Ausdrucks aus dem Internet konnten wir die verschiedenen Bedeutungen herausfinden. Ich war sehr erstaunt, was eine einzige Uhr alles anzeigen kann.

Dieser Ausflug brachte mich auf die Idee, die Astronomie in meine Seminararbeit mit einzubeziehen.

Und somit stand mein Thema endgültig fest:

Die Verbindung zwischen Astronomie und Zeit

Inhaltsverzeichnis

1. Kurze Hinführung zum Thema: Die Verbindung zwischen Astronomie und Zeit

2. Wie kann man die Verbindung zwischen Astronomie und Zeit erklären?
 - 2.1 Warum dreht sich unsere Erde?
 - 2.2 Die Auswirkungen der Erdumdrehung auf die Zeit
 - 2.3 Wieso gibt es Monate?
 - 2.4 Wieso gibt es Jahreszeiten?
 - 2.5 Anwendung in der Praxis: Astronomische Uhren (am Beispiel Ulm)
 - 2.5.1 Die Anzeigen der Astronomischen Uhr
 - 2.5.2 Angezeigte Astronomische Daten
 - 2.5.3 Angezeigte Astronomische Ereignisse

3. Praktischer Teil der Arbeit: Das Kopernikus-Planetarium
 - 3.1 Vorbereitungen für den Aufbau des Modells
 - 3.2 Zusammenbau des Modells
 - 3.3 Funktionen des Kopernikus-Planetarium

4. Eigene Stellungnahme

5. Anhang

6. Literaturverzeichnis

7. Bilderverzeichnis

8. Selbstständigkeitserklärung

1. Kurze Hinführung zum Thema:

Die Verbindung zwischen Astronomie und Zeit

Eine Verbindung ist der Vorgang meist zwei Dinge zusammenzubringen zu verbinden. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Ereignissen, Tatsachen oder Dingen. [1]

Somit möchte ich in meiner Seminararbeit die Astronomie, also die Sternkunde oder die Himmelskunde, mit der Zeit, dem Ablaufen von Sekunden, Minuten, Stunden, Tagen, Wochen, Monaten und Jahren, miteinander in Verbindung bringen. [2] [3;52]

Ich werde mich damit beschäftigen, warum sich unsere Erde dreht und welche Auswirkungen die Erdrotation auf die Zeit hat. Außerdem möchte ich auf die Entstehung von Monaten und Jahreszeiten eingehen. Um dies genauer zu veranschaulichen, habe ich ein Modell angefertigt, welches den praktischen Teil meiner Arbeit darstellen soll.

Mein Thema wird auch in der Praxis angewandt und zwar anhand von astronomischen Uhren. Ich werde deren Aufbau und Funktion am Beispiel der astronomischen Uhr am Ulmer Rathaus erklären.

Im Anhang werde ich einige Bilder zur Veranschaulichung meines Themas hinzufügen.

Zuletzt werde ich meiner Arbeit eine eigene Stellungnahme beilegen.

2. Wie kann man die Verbindung zwischen Astronomie und Zeit erklären

2.1 Warum dreht sich unsere Erde? [5]

Die Erde dreht sich um ihre eigene Achse und kreist um die Sonne. Zusammen mit dem ganzen Sonnensystem bewegt sie sich um das Zentrum der Milchstraße.

Die Reibungskräfte beeinflussen alle Bewegungen im Alltag und bremsen sie in dem sie Bewegungsenergie in Wärmeenergie umwandeln. Isaac Newton¹ erkannte erstmals, dass Körper ihren Bewegungszustand beibehalten, wenn keine Kräfte auf sie wirken. Wenn Kräfte auf einen Körper wirken, dann verändern sie den Bewegungszustand dieses Körpers. Dies kann man zum Beispiel an einem Karussell erkennen: Die Kraft des Motors beschleunigt das Karussell und die Reibungskraft bremst es ab. Bei kosmischen Bewegungen spielt Reibung, bis auf wenige Ausnahmen, keine große Rolle. Deshalb verlangsamt sich die Bewegung der Planeten selbst über Jahrmillionen durch die Reibung nicht. Allerdings würde sich ein völlig kräftefreier Körper immer geradeaus bewegen, da sich sein Bewegungszustand nicht ändert. Newton erkannte jedoch, dass eine Zentralkraft (die Anziehungs- oder Gravitationskraft der Sonne) nötig ist, um die Planeten auf ihrer Bahn zu halten. Im Fall einer exakten Kreisbahn wirkt die Gravitation immer senkrecht zu der Bewegungsrichtung und ändert deshalb nur die Richtung, aber nicht die Geschwindigkeit der Bewegung. Folglich bewegt sich der Planet mit konstanter Bewegung im Kreis um die Sonne herum. Jedoch ist dies in der Realität wesentlich komplizierter, da sich die meisten Himmelskörper auf Ellipsenbahnen bewegen, bei denen sich sowohl die Richtung als auch die Geschwindigkeit entlang des Bahnverlaufs verändert.

Aber auch hier gilt: Solange neben der Gravitation keine andere Kraft wirkt,

bleibt die Bahnbewegung insgesamt unverändert bestehen.

Es besteht die Vermutung, dass die Rotation der Himmelskörper etwas mit der Entstehungsgeschichte des Sonnensystems zu tun hat.

Das Sonnensystem ist etwa vor 4,6 Milliarden Jahren aus einer Gas- und Staubwolke entstanden, die sich dann langsam zusammengezogen hat. Bei der Kontraktion² hat die Eigendrehung dieser Wolke zugenommen. In der Physik wird dieses Phänomen "Drehimpulserhaltung" genannt. Der Drehimpuls der Wolke war aber viel zu groß für einen Stern. Deshalb bildete sich eine flache rotierende Gas- und Staubwolke um die entstehende Sonne, die einen großen Teil des Drehimpulses aufgenommen hat. Daraus wiederum sind dann Planeten und Monde entstanden. Unsere Sonne enthält tatsächlich 99,9 Prozent der Masse des Sonnensystems, aber nur 0,5 Prozent des Drehimpulses. Der größte Teil des Drehimpulses liegt in der Bahnbewegung und ein kleinerer Teil davon in der Eigendrehung der Planeten und Monde. Vor allem in der Frühzeit unseres Sonnensystems haben Zusammenstöße von Himmelskörpern die Rotation der Planeten beeinflusst. Die Entstehung des Mondes durch den Zusammenprall der Ur-Erde mit einem etwa marsgroßen Körper hat wohl die Rotation der Erde erheblich geändert. Dieses Ereignis hat nach heutigen Erkenntnissen, die Drehung der Erde so sehr beschleunigt, dass der Tag zunächst 14 Stunden lang war. Jedoch wirken die vom Mond auf der Erde erzeugten Gezeiten wie eine gewaltige Bremse und haben so die Drehung der Erde auf den heutigen Wert vermindert. (1 Tag 24 Stunden)

¹ Isaac Newton (1642-1726) war ein englischer Physiker und Astronom. [8]

² Unter einer Kontraktion versteht man das Schrumpfen oder Zusammenziehen von Materie (feste Körper, Flüssigkeiten, Gasmassen). [3;349]

2.2 Die Auswirkungen der Erdumdrehung auf die Zeit

[6]

Die Entstehung von Tag und Nacht lässt sich auf die Rotation der Erde um ihre eigene Achse zurückführen. Die Erde dreht sich in ca. 24 Stunden (exakter Wert: 23 h 56 min 4,1 sec) einmal um sich selbst. Auf der sonnenzugewandten Seite ist es dann Tag und auf der sonnenabgewandten Seite herrscht Nacht.

Eine Abenddämmerung entsteht dann, wenn die Sonne unter den Horizont³

³ Der Horizont ist die Kreislinie, an der die Himmelssphäre und die Erdoberfläche scheinbar zusammentreffen. [3;284]

sinkt und es noch eine Zeit lang hell bleibt. Das Gleiche passiert am Morgen vor dem Sonnenaufgang und wird Morgendämmerung genannt. Der Grund für diese Helligkeit ist die diffuse Streuung⁴ des Sonnenlichts an Partikeln der Erdatmosphäre. Je weiter die Entfernung der Sonne von einem bestimmten Platz auf der Erde ist, desto weniger Strahlen erreichen die Erdoberfläche. Es kommt hauptsächlich langwellige Strahlung an, da die kurzwellige Strahlung durch die Streuung "verloren" geht. Bei Sonnenaufgängen- und Untergängen erscheint die Sonne in einer roten Färbung. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die längsten Wellen des für den Menschen sichtbaren Lichts rot erscheinen.

In den verschiedenen Zonen der Erde ist die Dämmerung unterschiedlich lang. In den Tropen herrscht eine sehr kurze Dämmerung, da die Sonne dort sehr schnell unter den Horizont sinkt. Dies geschieht sehr schnell, weil der Äquator eine höhere Drehgeschwindigkeit als die Polarregionen aufweist. An den Polen dauert die Dämmerung wiederum mehrere Wochen lang an, da sie stets eine weite Entfernung zur Sonne haben.

Die Dämmerung lässt sich je nach dem Stand der Sonne in drei Phasen einteilen:

1. die bürgerliche Dämmerung:

Die Sonne steht zwischen 0° und 6° unter dem Horizont und es lassen sich sehr helle Sterne erkennen.

2. die nautische Dämmerung:

Die Sonne steht zwischen 6° und 12° unter dem Horizont und es sind fast alle Sterne erkennbar.

3. die astronomische Dämmerung:

Die Sonne steht zwischen 12° und 18° unter dem Horizont und es ist fast vollständig dunkel.

Wenn die Sonne unter 18° unter den Horizont sinkt, ist jede Resthelligkeit ausgeschlossen.

⁴ Die Strahlung wird in verschiedene Richtungen gelenkt. Diffusion kommt von dem lateinischen

Der höchste Sonnenstand ist um zwölf Uhr mittags (Ortszeit). Durch die Drehung der Erde um 1° in 4 Minuten (360° in 24 Stunden) ist die Mittagszeit in allen Orten, die nicht auf dem selben Längengrad liegen, verschieden. Dies brachte früher sehr viele Schwierigkeiten und Verwirrungen für die Menschen mit sich, da sie zum Beispiel schon auf einer Reise von München nach Berlin ihre Uhren um 7 Minuten vorstellen mussten. Deshalb kam der Kanadier Sandford Fleming⁵ 1876 auf die Idee, die Erde in 24 Zeitzonen einzuteilen. Jede Zeitzone hat eine Ausdehnung von 15° ($360^\circ = 24 \text{ [Stunden]} \times 15^\circ$). Innerhalb einer Zeitzone gilt nur eine bestimmte Zeit. Natürlich orientieren sich die Zeitzonen nicht genau an den Längengraden, sondern an den Staatsgrenzen. Wobei dies bei sehr großen Ländern (z.B. Russland, USA, Kanada) nicht möglich ist. Benachbarte Zonen haben jeweils eine Stunde Zeitunterschied.

Wort „diffundere“ welches ausbreiten und verstreuen bedeutet. [7;12]

⁵ Sir Sandford Fleming (1827-1915) war ein kanadischer Ingenieur. [8]

2.3 Wieso gibt es Monate? [4;4] [9;23]

Ein Monat ist die mittlere Zeitdauer eines Umlaufs des Mondes um die Erde. Dabei unterscheidet man je nach der Wahl des Ausgangspunkts der Zählung folgende Monate:

a) siderischer Monat:

Der Mond benötigt 27,32 Tage um sich einmal um die Erde zu drehen bis er wieder im selben Sternbild steht. Diese Zeit wird siderischer Monat genannt.

b) tropischer Monat:

Ein tropischer Monat ist der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch den Stundenkreis des Frühlingspunkts (27,32 Tage).

c) drakonitischer Monat:

Der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch den aufsteigenden Knoten der Mondbahn nennt man drakonitischen Monat. Dieser dauert 27,21 Tage.

d) anomalistischer Monat

Dies ist der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch das Perigäum (27,55 Tage).

e) synodischer Monat

Der Zeitraum zwischen einem Neumond zum anderen wird synodischer

Monat bezeichnet. Er beträgt 29,53 Tage.

Die Unterteilung des Jahres erfolgt durch Kalender-Monate (je nach Kalendersystem zwischen 28 und 31 Tage).

2.4 Wieso gibt es Jahreszeiten?

“Die Jahreszeiten entstehen durch die Schiefstellung der Erdachse und nicht durch die wechselnde Entfernung der Erde von der Sonne. In einem Jahr umkreist die Erde auf ihrer elliptischen Bahn die Sonne (Erdrevolution). Dabei bleibt die Erdachse immer in der gleichen Stellung. Zweimal im Jahr bekommen beide Erdhalbkugeln gleich viel Licht, einmal ist der Süd- und einmal der Nordpol der Sonne zugeneigt.” **[7;14]**

Die Bahn der Erde um die Sonne ist nicht kreisförmig, sondern elliptisch. Somit bewegt sich die Erde unterschiedlich schnell (keplersche Gesetze⁶). Deshalb ist auch die Dauer der Jahreszeiten verschieden lang:

- Sommerhalbjahr auf der Nordhalbkugel (=Winterhalbjahr der Südhalbkugel):
186 Tage

- Sommerhalbjahr auf der Südhalbkugel (=Winterhalbjahr der Nordhalbkugel):
179 Tage **[7;14/15]**

Durch die Neigung der Erdachse (Neigungswinkel der Erde= 23,5°) verlagert sich der Zenitstand der Sonne im Jahresverlauf. Daher scheint die Sonne im Sommer höher am Himmel zu stehen als im Winter. Das bedeutet, dass es im Sommer längere, warme Tage gibt und im Winter kürzere, kalte Tage. Diese Verhältnisse sind auf der Südhemisphäre um ein halbes Jahr zeitlich versetzt

⁶ Johannes Kepler (1571-1630) war ein deutscher Naturphilosoph, Mathematiker, Astronom, Astrologe, Optiker und Theologe. [8]

anzutreffen.

Durch die Erdrevolution entstehen drei Beleuchtungszonen:

1. Die Zone zwischen den Wendekreisen

In dieser tropischen Zone gibt es keine Jahreszeiten und die Tage und Nächte sind dort annähernd gleich lang (auf dem Äquator sind die Tage und Nächte genau gleich lang). In jeder Umlaufposition wird diese Zone beinahe gleichmäßig beleuchtet. An den Wendekreisen variieren im Jahresverlauf die Tages- und Nachtlängen von 10,5 bis 13,5 Stunden. Am Äquator ist es immer 12 Stunden lang Tag und 12 Stunden lang Nacht.

2. Die Zone zwischen dem jeweiligen Wendekreis und dem Polarkreis

In diesen Mittelbreiten entstehen die vier bekannten Jahreszeiten, die durch vier Fixdaten, dem Beginn der jeweiligen Jahreszeit, gekennzeichnet sind.

3. Die Zone zwischen dem Polarkreis und dem Pol

In den Polarregionen existieren nur zwei Jahreszeiten, der Polartag und die Polarnacht, die an den Polen jeweils ein halbes Jahr andauern. **[10]**

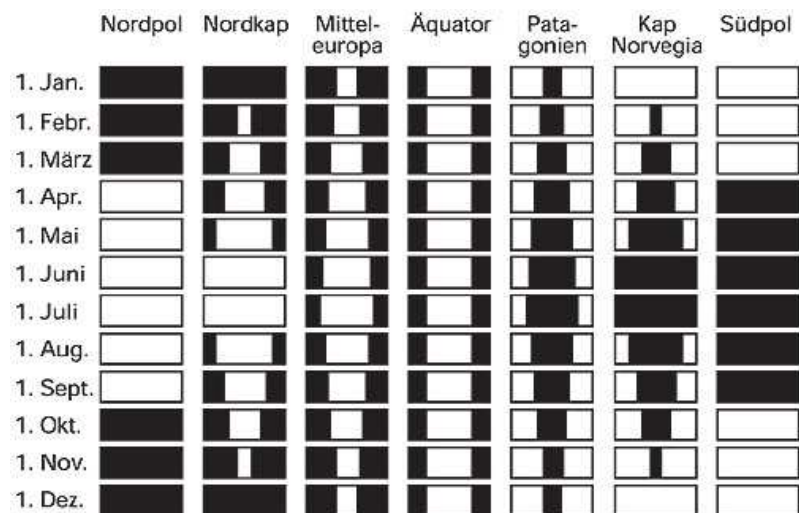


Abbildung 3: Tageslängen in verschiedenen Breiten

2.5 Astronomische Uhren (am Beispiel: Ulm)

Astronomische Uhren spielten vor allem früher eine große Rolle für die Menschen. Die Uhren waren meistens an Kirchen und Rathhäusern angebracht und waren somit für jeden öffentlich zugänglich. Sehr oft waren die astronomischen Uhren Statussymbole für die jeweilige Stadt, weil sie damit zeigen konnten, dass die Stadt Bürger hat, die fähig sind eine solch komplexe Uhr zu erbauen. Früher konnte fast jeder Laie die Uhr lesen. In früheren Jahrhunderten richteten sich alltägliche Abläufe, wie zum Beispiel das Haare schneiden oder ein Arztbesuch, nach der Konstellation der Gestirne, die man an astronomischen Uhren ablesen kann.

Die Astronomische Uhr am Ulmer Rathaus [9] [11] [12]

Die Astronomische Uhr der Stadt Ulm stammt aus dem 16. Jahrhundert, das genaue Entstehungsjahr ist nicht bekannt. Besonders das Zifferblatt besitzt ein Detailreichtum, das das Betrachten sehr spannend und interessant macht. Schon mit wenigen Kenntnissen kann jeder die Ortszeit von Ulm, den Stand von Mond und Sonne im Tierkreis, Sonnenaufgang- und Untergang, das Datum und die Mondphasen ablesen.

2.5.1 Die Anzeigen der Astronomischen Uhr

Von außen lässt sich nur das an der Wand befestigte Zifferblatt mit den beweglichen Zeigern, Rosetten und Ringen betrachten.

Die Anzeigen der Astronomischen Uhr sind von hinten nach vorn folgendermaßen angeordnet:

- Zifferblatt
- Tierkreis
- Drachenzeiger
- Sonnenzeiger
- Mondzeiger mit Mondkugel
- Handzeiger

Auf den ersten Blick wirkt die Uhr sehr verwirrend, da es eine Vielzahl von verschiedensten Anzeigen gibt. Jedoch gelingt es jedem nach einer gewissen Zeit und mit ein wenig Wissen die Anzeigen richtig zu deuten und die Informationen richtig an der Uhr abzulesen.

A) Zifferblatt

In der Mitte des Zifferblattes befindet sich der Himmelskreis. Dieser besteht aus einem weißen und einem schwarzen Feld und wird von einem goldenen Ring umschlossen. Der sichtbare Himmel wird durch das weiße Feld dargestellt und die Trennlinie zwischen den beiden Feldern stellt den Horizont dar. Außerdem sind noch zwei konzentrische Kreise um die Zeigerachse enthalten. Der innere Kreis stellt den Wendekreis des Krebses dar und der Äußere den Himmelsäquator. Der Rand des Himmelskreises ist der Wendekreis des Steinbocks⁷.

In dem schwarzen Feld befinden sich 12 kleinere Felder, die durch goldene Linien voneinander abgetrennt sind. Diese sind mit den Zahlen von 1 bis 12 beschriftet. Sie dienen zum Ablesen der ungleichen Stunden auf die ich später näher eingehen werde.

Um den Himmelskreis herum befindet sich der grüne 24-Stunden-Ring (siehe

⁷ Wendekreise sind die nördlichsten bzw. südlichsten Breitenkreise, über denen die Sonne zur Zeit der Sonnenwende im Zenit steht und sich dann wieder dem Äquator zuwendet. Nördlich des Äquators ist der Wendekreis des Krebses und südlich des Äquators ist der Wendekreis des Steinbocks. [4;381]

Abbildung 5). Die goldenen Ziffern sind im Uhrzeigersinn angeordnet, wobei die 24 Stunden nicht von 1 bis 24, sondern 2 mal von 1 bis 12 durchnummeriert sind. Wenn der Sonnenzeiger oben im hellen Feld steht ist 12 Uhr mittags und wenn er unten im dunklen Feld steht ist 24 Uhr Mitternacht. Um den grünen Ring ist ein weiterer dunkelblauer Ring mit 216 kleinen, goldenen Sternen (siehe Abbildung 5) angebracht. Dies ist der Hintergrund des Tierkreises, besitzt aber ansonsten keine bekannte Funktion.

Der äußerste Ring des Zifferblattes ist ein schwarzer 12-Stunden-Ring, der mit goldenen, römischen Ziffern bestückt ist (siehe Abbildung 5). Die Zeit wird von dem Handzeiger (Stundenzeiger) angezeigt, jedoch besitzt der Ring keine Minuteneinteilung. Als Besonderheit gilt die Zahl 4 welche auf diesem Ring nicht als IV dargestellt wird, sondern als IIII. Diese Schreibweise war zur Zeit der Erbauung der Uhr üblich.

B) Tierkreis

Man sollte beachten, dass der Tierkreis die astrologischen Tierkreiszeichen anzeigt und nicht die astronomischen Tierkreis-Sternbilder. Die Tierkreiszeichen sind also vom Datum abhängig und nicht vom Sternenhimmel. Ein Beispiel wäre also, wenn der Sonnenzeiger auf der Uhr im Tierkreiszeichen Fische ist, muss die Sonne am Himmel nicht im Sternbild Fische stehen.

Auf einem durchsichtigen Ring befinden sich die 12 Tierkreiszeichen. Jedes der Tierkreiszeichen ist in einem Bereich von 30° angeordnet (gleichmäßige Winkelaufteilung). Sie sind das Schmuckstück des Zifferblattes. Die Tierkreiszeichen sind aus Kupfer hergestellt und wurden dann mit Gold überzogen.

Über den Tierkreiszeichen ist ein weißer Ring mit einem Goldrand befestigt. Auf diesem Ring sind im Wechsel schwarze und weiße Felder aufgetragen, die eine Skala mit 360 Teilungen ergeben.

Auf dem Ekliptik-Ring⁸, der etwas aus der Mitte verschoben ist, befinden sich innen die Monate und außen sind 365 Striche für jeden Tag des Jahres. Die Striche sind abwechselnd schwarz und weiß.

Eigentlich hat das Jahr ca. $365 \frac{1}{4}$ Tage, aber diese astronomische Uhr kann keine Schaltjahre anzeigen. Daher werden nur 365 Striche abgebildet. Jedoch fällt diese Ungenauigkeit bei der Ablesegenauigkeit nicht weiter ins Gewicht.

C) Drachenzeiger

Mit dem goldenen Drachenzeiger wird die Position des aufsteigenden und des absteigenden Knotens⁹ im Tierkreis angezeigt. Der Zeiger stellt einen langgezogenen Drachen dar bei dem der Kopf auf den aufsteigenden Knoten zeigt und der Schwanz auf den absteigenden Knoten. Der Drache ist seitlich abgebildet. Wenn der Mond über dem Rücken des Drachens ist, so befindet er sich am Himmel über der Ekliptik, befindet er sich, jedoch unter dem Bauch, so ist er am Himmel unter der Ekliptik.

D) Sonnenzeiger

Der Sonnenzeiger ist der wichtigste Zeiger der astronomischen Uhr. An einem Ende ist eine vergoldete Sonne mit Gesicht zu sehen, welches ungefähr so groß ist wie ein reelles Männergesicht, und am anderen Ende des Sonnenzeigers befindet sich ein goldener Stern. Dieser Stern dient nur zum Ausbalancieren des Zeigers.

E) Mondzeiger

Der Mondzeiger hat an einem Ende eine drehbare Kugel, die über ein Kegelradgetriebe bewegt wird. Die Mondkugel ist in eine schwarze und in eine goldene Hälfte aufgeteilt, wodurch man die Mondphasen ablesen kann. Der Durchmesser der Kugel beträgt etwa 200 mm.

Am anderen Ende befindet sich, genauso wie beim Sonnenzeiger, ein goldener

⁸ Die Ekliptik ist ein Großkreis an der Himmelssphäre und der Schnittkreis der Erdbahnebene mit der Himmelskugel. Die Ekliptik entspricht der scheinbaren Jahresbahn der Sonne am Himmel zwischen den Sternen und der Tierkreissternbilder. [3;184]

⁹ Knoten sind die beiden Schnittpunkte zwischen der Bahn eines Himmelskörpers (z.B. Planet) und einer Bezugsebene (bei Planetenbahnen meist die Ekliptikebene). Der Knoten, in dem z.B. ein Planet des Sonnensystems die Bezugsebene (Ekliptik) von Süden nach Norden durchquert, wird aufsteigender Knoten genannt. Derjenige mit Durchquerung in südlicher Richtung wird absteigender Knoten genannt. [3;342]

Stern, welcher nur zum Ausbalancieren dient.

F) Handzeiger

Der ebenfalls vergoldete Handzeiger ist der Stundenzeiger der astronomischen Uhr. Dieser Zeiger besitzt anstatt des vergoldeten Sterns, ein vergoldetes Dreieck, welches wiederum nur zum Ausbalancieren dient.

2.5.2 Angezeigte Astronomische Daten

Die von der astronomischen Uhr angezeigten Werte sind immer mittlere Werte, da alle Schwankungen und Störungen von Sonne und Mond unbeachtet bleiben.

Die angezeigten Daten stimmen also nur mit einer gewissen Ungenauigkeit mit der Realität überein.

G) Mitteleuropäische Zeit (MEZ)

“Die Mitteleuropäische Zeit ist, die für den Meridian 15° östlich von Greenwich geltende Zonenzeit.” [4;2]

In den Sommermonaten wird die Uhr auf Sommerzeit umgestellt und zeigt dann die Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) an.

Die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) kann man mit dem Handzeiger und dem äußeren 12-Stunden-Ring ablesen.

H) Mittlere Ortszeit (MOZ)

Die mittlere Ortszeit ist, die für den Meridian des Standpunktes geltende mittlere Zeit.

Durch den Sonnenzeiger, und die grüne 24-Stunden-Skala, kann die mittlere Ortszeit (MOZ) auf dem Zifferblatt abgelesen werden.

I) Datum

“Das Datum ist eine Zeitangabe nach Tag, Monat und Jahr innerhalb eines

Kalenders.” **[3;162]**

Das Datum kann mithilfe des Sonnenzeigers und des Datumsringes auf dem Tierkreis abgelesen werden. Es wird sowohl der Monat, als auch der Tag angezeigt. Beim Ermitteln von dem Tag des jeweiligen Monats müssen die schwarzen und die weißen Striche, außen am Datumsring, gezählt werden. Man fängt dabei am Anfang des Monats an und zählt dann gegen den Uhrzeigersinn weiter. Wie oben schon genannt kann die Uhr keine Schaltjahre anzeigen, deshalb kann das Datum in einem Schaltjahr um einen Tag falsch sein.

J) Mondphasen

Die vier Haupt-Mondphasen sind:

- Neumond (Mond zwischen Erde und Sonne)
- Vollmond (Mond gegenüber der Sonne)
- zunehmender Mond
- abnehmender Mond

Durch die Mondkugel auf dem Mondzeiger können die Mondphasen abgelesen werden. Dabei bedeutet eine goldene Mondkugel Vollmond und eine schwarze Mondkugel Neumond.

Es herrscht zunehmender Mond, wenn sich die Mondkugel im linken Halbkreis zum Sonnenzeiger befindet, und wir haben abnehmenden Mond, wenn sich die Mondkugel im rechten Halbkreis zum Sonnenzeiger befindet.

K) Stellung der Sonne im Tierkreis

Das aktuelle Tierkreiszeichen wird mit dem Sonnenzeiger und dem Datumsring auf dem Tierkreis abgelesen.

L) Mittlerer Sonnenstand

“Die mittlere Sonne ist in der Zeitrechnung eine fiktive Sonne, die sich im Jahresverlauf gleichmäßig auf dem Himmels-Äquator bewegt.”

“Die mittlere Sonnenzeit ist, die durch die Erddrehung, bezogen auf die mittlere Sonne, bestimmte Zeit.” **[4;3]**

Durch den Sonnenzeiger, den Datumsring auf dem Tierkreis und dem

Himmelskreis auf dem Zifferblatt, wird der mittlere Sonnenstand angezeigt. Der Schnittpunkt des Sonnenzeigers mit dem Kalenderring, zeigt den Stand der mittleren Sonne an, der dann auf dem Himmelskreis abgelesen werden kann.

M) Stellung des Mondes im Tierkreis

Mithilfe des Mondzeigers wird das Tierkreiszeichen auf dem Tierkreis abgelesen. Der Mond bewegt sich zum Tierkreis-Ring gegen den Uhrzeigersinn.

N) Mittlerer Mondstand

Mit dem Mondzeiger, dem Datumsring auf dem Tierkreis und dem Himmelskreis auf dem Zifferblatt, wird der mittlere Mondstand abgelesen.

O) Ungleiche Stunden (Temporale Stunden)

Die Skala für die ungleichen Stunden¹⁰ befindet sich auf dem Zifferblatt, aber nur in dem schwarzen Feld des Himmelskreises. Die Stundenstriche sind innen enger angebracht (kurzer Tag oder kurze Nacht) und außen stehen sie weiter auseinander (langer Tag oder lange Nacht).

Die ungleichen Stunden können am Schnittpunkt des Sonnenzeigers mit dem Ekliptik-Ring auf der Skala im schwarzen Feld des Himmelskreises abgelesen werden. In der Nacht wird die Seite des Sonnenzeigers mit dem Sonnenkopf benutzt und am Tag die Seite mit dem Stern.

P) Sternzeit

“Die Sternzeit ist, die durch die Erdrotation bedingte Zeiteinteilung, deren Einheit der Sterntag ist.” **[4;288]** (Sterntag= 23 h 56 min 4,1 sec)

Um die Sternzeit ablesen zu können werde zwei Punkte benötigt.

Zum einen der Frühlingspunkt, der sich auf dem Befestigungsstab zwischen den Sternzeichen Fische und Widder befindet.

Und zum anderen die Meridianebene des Rathauses, welche sich auf dem Zifferblatt im Himmelskreis als senkrechte Linie, die oben und unten jeweils mit

¹⁰ Früher wurde der Tag und die Nacht jeweils in 12 gleich große Teile eingeteilt. Der Tag fing mit Sonnenaufgang an und endete mit dem Sonnenuntergang. Dadurch ergab sich zwischen Sommer und Winter eine unterschiedliche Stundenlänge. Im Sommer waren die Stunden länger als im Winter. Diese

der 12 auf der grünen 24-Stunden-Skala endet, befindet.

Die Sternzeit wird von 0 bis 24 Stunden auf der grünen Skala gezählt.

Wenn sich der Frühlingspunkt auf der rechten Seite des Zifferblattes befindet, kann man die Sternzeit direkt ablesen. Auf der linken Seite müssen zum abgelesenen Wert noch 12 Stunden dazugerechnet werden.

2.5.3 Angezeigte Astronomische Ereignisse

Q) Sonnenaufgang

Den Sonnenaufgang kann man mit dem Sonnenzeiger, dem Datumsring auf dem Tierkreis und dem Himmelskreis auf dem Zifferblatt ablesen. Der Sonnenaufgang, ist der Moment, an dem die Sonnenbahn auf dem Himmelskreis die Horizontlinie, von dem schwarzen Feld in das weiße Feld überschreitet.

R) Sonnenuntergang

Der Sonnenuntergang kann mit den gleichen Hilfsmitteln wie der Sonnenaufgang abgelesen werden. Jedoch ist der Sonnenuntergang der Moment, an dem die Sonnenbahn auf dem Himmelskreis die Horizontlinie von dem weißen Feld in das schwarze Feld überschreitet.

S) Mondaufgang

Abgelesen wird der Mondaufgang mithilfe des Mondzeiger, dem Datumsring auf dem Tierkreis und dem Himmelskreis auf dem Zifferblatt. Der Mondaufgang ist der Moment, an dem die Mondbahn auf dem Himmelskreis die Horizontlinie von dem schwarzen Feld in das weiße Feld überschreitet.

T) Monduntergang

Der Monduntergang kann mit den gleichen Hilfsmitteln wie der Mondaufgang ermittelt werden. Aber der Monduntergang ist der Moment an dem die Mondbahn auf dem Himmelskreis die Horizontlinie von dem weißen Feld in das schwarze Feld überschreitet.

Stunden werden ungleiche oder temporale Stunden genannt.

U) Sonnenwende und Tagundnachtgleiche

Der Tierkreis ist in vier Teile mit je drei Sternzeichen eingeteilt. Der Übergang von einem Teil zum anderen Teil wird Sonnenwende¹¹ bezeichnet.

Der Himmelsäquator schneidet die Ekliptik an zwei Stellen (Knoten). Durch diese Knoten wird der Tierkreis in eine nördliche und in eine südliche Zone geteilt. Die beiden Stellen heißen Frühlingspunkt und Herbstpunkt. Steht die Sonne an einer dieser beiden Stellen so herrscht eine Tagundnachtgleiche¹².

V) Sonnenfinsternis

“Eine Sonnensfinsternis findet statt, wenn sich der Mond zwischen Sonne und Erde befindet, so dass der Schatten des Mondes auf die Erde fällt. Sie ist also eine Okkultation (Bedeckung) der Sonne durch den Mond.” **[4;243]**

Bei einer Sonnenfinsternis müssen der Sonnenzeiger, der Mondzeiger und der Drachenzeiger übereinander liegen. Sonnenfinsternisse sind nur in kleinen Bereichen der Erde sichtbar, deshalb muss eine angezeigte Sonnenfinsternis nicht unbedingt in Ulm zu sehen sein.

¹¹ Eine Sonnenwende (Solstitium) ist die Zeit des höchsten und tiefsten Sonnenmittagsstands. Für die Nordhalbkugel ist das Sommer- Solstitium (Sommer Sonnenwende) am 21./22. Juni und das Winter- Solstitium (Winter Sonnenwende) am 21./22. Dezember. [4;240]

¹² Die Tagundnachtgleiche (Äquinoktium) ist der Zeitpunkt, zu dem die Sonne bei ihrer scheinbaren jährlichen Bewegung den Himmelsäquator überschreitet und Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich lang sind. [3;39]

W) Mondfinsternis

“Eine Mondfinsternis findet statt, wenn der Mond durch den Erdschatten läuft.”

[4;31]

Bei einer Mondfinsternis müssen der Sonnenzeiger und der Mondzeiger jeweils genau am gegenüberliegenden Ende des Drachenzeigers liegen. Genauso wie bei Sonnenfinsternissen müssen die angezeigten Mondfinsternissen nicht unbedingt in Ulm sichtbar sein.

3. Das Kopernikus-Planetarium

Ich habe mich entschieden für meine Seminararbeit ein Modell anzufertigen.

Zuerst habe ich mir darüber Gedanken gemacht, was mein Modell für

Funktionen haben sollte, damit ich mein Thema gut veranschaulichen kann. Es

sollte die Entstehung von Tag und Nacht und von den Jahreszeiten anzeigen und die verschiedenen Mondphasen darstellen.

Nach einigen Überlegungen und Recherchen im Internet bin ich dann auf den Bausatz für das Kopernikus-Planetarium gestoßen.

Ich bestellte den Bausatz bei www.science-shop.de und machte mich gleich an den Zusammenbau des Modells.

3.1 Vorbereitungen für den Zusammenbau des Planetariums

Als erstes habe ich mir die umfangreiche Bauanleitung aufmerksam durchgelesen, um eine grobe Vorstellung zu bekommen, wie der Zusammenbau des Modells ablaufen wird.

Danach habe ich alle Gegenstände, die ich für den Zusammenbau benötigte, zusammengetragen. Ich besorgte mir zum Beispiel einen Alleskleber, einen Sekundenkleber, Weißleim, ein Geodreieck und eine Schneide- und Klebeunterlage.

Der Baussatz enthielt verschiedene Stanzbögen in dem Format A4, wobei 6 Bögen unbedruckter Grau-Karton waren, 12 Bögen bedruckter Offset-Karton und ein Bogen bedrucktes Offset-Papier. Außerdem wurden noch Kartonröhren (Achsen und Wellen), Hartpapier-Hülsen (Achsen und Wellen), Rundhölzer (Achsen und Wellen), Kunststoff-Lagerscheiben mit Loch (Lager für Achsen und Wellen), Drahtstifte aus Federstahl (Halterung für Mond und Planeten), Holzkugeln mit Sackloch-Bohrung (Mond und Planetenkörper), eine Messinghülse (Lagerung Erdachse), ein Neodym-Magnet (Antrieb Erdrotation), ein Silikon-Schlauch (Antrieb Erdrotation), sowie Treibriemen aus NBR-Kautschuk, zwei Perma- Ferritmagnete (Halterung Sonne) und eine LED-Leuchtkugel (Sonne) geliefert.

Als nächsten Schritt, las ich mir die allgemeinen Tipps für einen erfolgreichen Zusammenbau durch. Darin wurde vor allem betont, dass man sich genügend Zeit für den Zusammenbau nehmen sollte. Außerdem wurden noch einige wichtige Hinweise gegeben, wie zum Beispiel die Beschriftung der einzelnen Teile.

Vor jedem Teilschritt habe ich mir den ausführlich beschriebenen Baubericht unter www.astromedia.de angeschaut, damit ich eine gewisse Vorstellung hatte, wie das zu Konstruierende auszusehen hat.

3.2 Der Zusammenbau des Planetariums

Nachdem ich alle Vorbereitungen abgeschlossen habe, begann ich mit dem Zusammenbau. Die Anleitung ist in Abschnitte von A bis L gegliedert, und diese wiederum in kleinere Teilschritte.

Abschnitt A: Das Sockelgestell

Abschnitt B: Der Kurbelantrieb

Abschnitt C: Die Zentralwelle

Abschnitt D: Die Ekliptikscheibe

Abschnitt E: Das Planetengetriebe

Abschnitt F: Ausrichtung der Erdneigung

Abschnitt G: Die Erdrotation

Abschnitt H: Die Merkur-Bahnscheibe

Abschnitt J: Die Venus-Bahnscheibe

Abschnitt K: Die Sonne

Abschnitt L: Die Fertigstellung

Durch die sehr detailreiche und genaue Bauanleitung konnte man die verschiedenen Schritte sehr gut ausführen. Außerdem waren die Bilder im Internet auch sehr hilfreich.

Der Zusammenbau war sehr zeitintensiv, da man immer warten musste bis der Kleber getrocknet war. Manchmal war das Zusammenkleben einzelner Teile etwas schwierig, da sie sehr klein waren und man musste sie sehr genau übereinander legen.

Manche Löcher in den Graukarton-Teilen war nicht groß genug, deshalb habe ich sie mit kleinen Feilen vergrößert. Am Ende hatte ich noch einige Probleme, weil ich die verschiedenen Teile durch Gummiringe miteinander verbinden musste. Jedoch konnte ich diese Schwierigkeiten nach einigem Probieren und Überlegen erfolgreich lösen.

Als das Modell fertig war habe ich die Holzkugeln noch verschieden farbig angemalt. Die Erde ist blau, der Mond weiß, die Venus rot und Merkur ist grün. Beim Fotografieren meines Planetariums habe ich bemerkt, dass die Sonne zu schwach ist, um die Ereignisse darzustellen. Um dieses Problem zu lösen, habe ich einfach eine stärker leuchtende Taschenlampe benutzt, mit der man die

Ereignisse genau erkennen kann.



Abbildung 20: Kopernikus-Planetarium

3.3 Die Funktionen des Kopernikus-Planetariums

Die Größe der Erde, des Mondes und der Planeten Venus und Merkur stehen im Modell im richtigen Verhältnis zueinander, nicht aber die Größe der Sonne. Die Entfernungen stehen jedoch keineswegs im richtigen Verhältnis, dies in einem Modell darzustellen wäre gar unmöglich, da die Entfernungen einfach viel zu groß sind. Die Umlaufzeiten stimmen dagegen in ihren Verhältnissen in etwa mit denen der Himmelskörper überein.

Man sollte aber beachten, dass es bei einem Riemengetriebe, wie es hier der Fall ist, immer zu gewissen Ungenauigkeiten kommt.

Die folgenden Funktionen können mit dem Modell angezeigt werden:

Der Wechsel von Tag und Nacht und das Wandern der Sonne im Tagesverlauf entspricht der täglichen Drehung der Erde um ihre eigene Achse.

Dem Lauf des Jahres und dem Wechsel der Jahreszeiten entspricht der Gang der Erde um die Sonne (ca. 52 Kurbelumdrehungen). Dabei bleibt die Ausrichtung der schräg

stehenden Erdachse immer gleich, so dass innerhalb eines Umlaufs einmal die nördliche und einmal die südliche Hälfte der Erdkugel mehr Licht empfängt als die andere.

Der Tierkreis ist die Reihe von traditionell 12 Sternbildern, in welchen wir von der Erde aus im Laufe eines Jahres die Sonne stehen sehen.

Der Wechsel der Mondphasen erklärt sich aus der wechselnden Stellung des Mondes zu Erde und Sonne.



Abbildung 21 und 22: mit dem Modell dargestellte Mondphasen

Mond- und Sonnenfinsternisse entstehen, wenn der Mond in den Schatten der Erde gelangt bzw. wenn die Erde vom Schatten des Mondes getroffen wird.

(Hinweis: Wegen des falschen Entfernungsmaßstabes kommt es bei jeder Vollmondstellung zu einer Mondfinsternis und bei jedem Neumond zu einer Sonnenfinsternis, was selbstverständlich nicht der Realität entspricht.

Die Venus als Morgenstern ist dann zu erleben, wenn sie für den irdischen Beobachter rechts von der Sonne steht. Als **Abendstern** sieht man sie, wenn sie links von der Sonne steht.

Die Phasen der Venus sind nur im Teleskop beobachtbar. Sie entstehen, wenn von der Erde aus nur ein kleiner Teil der von der Sonne beleuchteten Venus gesehen werden kann.



Abbildung 23: mit dem Modell dargestellte Venusphase

Obere und untere Konjunktionen von Merkur und Venus entstehen, wenn der entsprechende Planet von der Erde aus gesehen genau vor der Sonne steht (=untere Konjunktion) oder genau hinter der Sonne steht (=obere Konjunktion).

6. Eigene Stellungnahme

Durch meine Seminararbeit ist mir bewusst geworden, dass die Zeit durch die Astronomie entstanden ist. Ohne die Erdrotation gäbe es für uns Menschen keinen Tag und keine Nacht. Ohne den Umlauf des Mondes um die Erde

würden wir keine Monate haben und unser Kalender wäre wahrscheinlich ganz anders aufgebaut oder würde vielleicht überhaupt nicht, in der uns bekannten Form, existieren. Wäre die Erdachse nicht schräg, so könnten keine Jahreszeiten entstehen und es wären keine Dämmerungsverläufe vorhanden. Ohne all diese komplexen Vorgänge in unserem Sonnensystem wäre also unser heutiges Leben mit den uns heute bekannten Zeitabläufen überhaupt nicht möglich. Ich finde es sehr erstaunlich, wie die Planeten unser gesamtes Leben nach der uns heute geläufigen Zeit regeln.

Außerdem habe ich mich intensiv mit der astronomischen Uhr in Ulm beschäftigt. Ich war sehr verwundert, wie Menschen eine so komplexe und komplizierte Uhr konstruieren können und ich finde es einfach nur genial, dass eine einzige Uhr eine solche Fülle von Informationen und Details anzeigen kann. Man muss auch bedenken, dass die astronomischen Uhren schon in frühen Jahrhunderten entstanden sind. Die Menschen hatten damals noch nicht die Erkenntnisse und die Informationen über das Sonnensystem, wie es wir in der heutigen Zeit haben. Dies macht die ganze Sache noch erstaunlicher und ich finde die Erbauer von astronomischen Uhren sind wahre Genies.

Durch den Zusammenbau meines Kopernikus-Planetariums konnte ich feststellen, dass unser Sonnensystem sehr komplex aufgebaut ist, und dass es viele verschiedene Faktoren benötigt, damit alles richtig funktionieren kann. Ebenfalls kann man sich mit dem Modell ein Bild machen, wie die Größenverhältnisse der Planeten zueinander sind.

Anhang

Seite 2:



Isaac Newton

(http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sir_Isaac_Newton_by_Sir_Godfrey_Kneller,_Bt.jpg&filetimestamp=20090329134526)

Seite 6:



Sandford Fleming

(http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sir_Sandford_Fleming.jpg&filetimestamp=2005114132205)

Seite 9:



Johannes Kepler

(http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Johannes_Kepler_1610.jpg&filetimestamp=20051220223656)

Seite 11:

Seite 30



Vergrößerte Ansicht der Astronomischen Uhr in Ulm

(<http://www.astrouhr.telebus.de/>)







Seite 13:

Die Tierkreiszeichen

♈	Widder
♉	Stier
♊	Zwilling
♋	Krebs
♌	Löwe
♍	Jungfrau
♎	Waage
♏	Skorpion
♐	Schütze
♑	Steinbock
♒	Wassermann
♓	Fische

Seite 17:

Die Mondphasen

-  Neumond
-  Vollmond
-  Erstes Viertel
zunehmender Mond
-  Letztes Viertel
abnehmender Mond
-  Aufsteigender
Mondknoten
-  Absteigender
Mondknoten

Symbole für die Mondphasen

[9]

6. Literaturverzeichnis

- [1] <http://de.thefreedictionary.com/Verbindung>
- [2] <http://de.thefreedictionary.com/Zeit>
- [3] Einführung von Professor Dr. Hans Elsässer
Lexikon der Astronomie
Die Grosse Enzyklopädie der Weltraumforschung
Band 1
1995 Spektrum Akademischer Verlag GmbH
Heidelberg-Berlin-Oxford
- [4] Einführung von Professor Dr. Hans Elsässer
Lexikon der Astronomie
Die Grosse Enzyklopädie der Weltraumforschung
Band 2
1995 Spektrum Akademischer Verlag GmbH
Heidelberg-Berlin-Oxford
- [5] www.weltderphysik.de/de/7653.php
- [6]
http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Welt+%2F+Erde&article=Infoblatt+Entstehung+von+Tag+und+Nacht
- [7] Lorenz Deuringer, Günther Dress, Gregor C. Falk, Hlmut Geiger,
Fried-Thorsten Jantzen, Wilfried Korby, Paul Lindner, Jürgen Mackevicius
TERRA Geographie
Bayern 11
Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2009
- [8] www.wikipedia.de
- [9] Eberhard Urban
Die astronomische Uhr am Ulmer Rathaus
1984, 1999 Eberhard Urban, Dipl.-Ing. (FH), Ulm-Wiblingen
- [10]
http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&article=Infoblatt+Entstehung+der+Jahreszeiten&node=Welt+%2F+Erde
- [11] Wolf-Henning Petershagen
Ulms astronomische Uhr
Stadt Ulm, Zentralstelle, Öffentlichkeitsarbeit und Repräsentation 2/2008
- [12] www.astrouhr.telebus.de

7. Bilderverzeichnis

Titelblatt:
privates Foto

Abbildung 1:
<http://www.adalbert-stifter-schule.net/kinderseiten/sonnensystem.gif>

Abbildung 2:
[http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Welt+%2F+Erde
&article=Infoblatt+Entstehung+von+Tag+und+Nacht](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Welt+%2F+Erde&article=Infoblatt+Entstehung+von+Tag+und+Nacht)

Abbildung 3:
http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&article=Infoblatt+Entstehung+der+Jahreszeiten&node=Welt+%2F+Erde

Abbildung 4 bis Abbildung 19:
<http://www.astrouhr.telebus.de/>

Abbildung 20 bis Abbildung 23:
private Fotos

8. Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt habe und nur die im Literaturverzeichnis aufgeführten Quellen als Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum

Unterschrift