

# Optische Instrumente

Alexander Adam  
1946255

Friedrich Jahns  
1960002

Jan Lietz  
1922360

14. März 2020

## Ziel des Versuchs

Ziel dieser Versuchsreihe ist es Die Vergrößerung einer Lupe, verschiedener Fernrohrarten eines Mikroskops und eines Projektors zu bestimmen und sich währenddessen mit einer Reihe optischer Instrumente vertraut gemacht werden.

## Geräte

- Halterung für Linsen
- Glasplatte mit Maßstab
- Halbspiegel
- Lineal
- diverse Linsen (einfach konvex/konkav, doppelt konvex/konkav)
- Diahalterung
- Dia mit dem Buchstaben F

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Lupe</b>	<b>3</b>
1.1	Theorie . . . . .	3
1.2	Durchführung . . . . .	4
1.3	Ergebnisse . . . . .	4
1.4	Auswertung . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Fernrohr</b>	<b>4</b>
2.1	Durchführung . . . . .	4
2.2	Das astronomische Fernrohr . . . . .	5
2.2.1	Theorie . . . . .	5
2.2.2	Aufbau . . . . .	6
2.2.3	Ergebnisse . . . . .	6
2.3	Das terrestrische Fernrohr . . . . .	7
2.3.1	Theorie . . . . .	7
2.3.2	Aufbau . . . . .	7
2.3.3	Ergebnisse . . . . .	8
2.4	Das galileische Fernrohr . . . . .	8
2.4.1	Theorie . . . . .	8
2.4.2	Aufbau . . . . .	9
2.4.3	Ergebnisse . . . . .	9
2.5	Auswertung der Fernrohre . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Mikroskop</b>	<b>10</b>
3.1	Theorie . . . . .	10
3.2	Durchführung . . . . .	11
3.3	Aufbau . . . . .	11
3.4	Ergebnisse . . . . .	12
3.5	Auswertung . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Projektor</b>	<b>12</b>
4.1	Theorie . . . . .	12
4.2	Durchführung . . . . .	13
4.3	Aufbau . . . . .	13
4.4	Ergebnisse . . . . .	14
4.5	Auswertung . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>15</b>

# 1 Lupe

## 1.1 Theorie

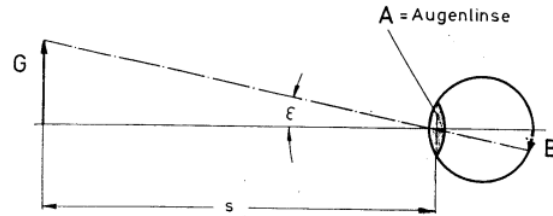


Abbildung 1: Definition des Seh winkels <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

$G$ =Gegenstandsgröße,  $S$ =Sehweite,  $\varepsilon$ =Seh winkel

Die Bildgröße  $G$  eines Gegenstands  $G$  Proportional zum Tangens des Seh winkels  $\varepsilon$ . Da die kleinste Deutliche Sehweite für das Auge im Mittel  $S_0 = 25 \text{ cm}$  beträgt, ergibt sich als maximaler unter dem ein Gegenstand  $G$  erscheinen kann:

$$\tan \varepsilon_0 = \frac{G}{S_0} \quad (1)$$

Das Einfachste Instrument zur Vergrößerung des Seh winkels ist die Lupe. Sie besteht aus einer einzelnen Sammellinse in deren Brennpunkten sich zum einen der Gegenstand, zum anderen die Linse des Auges befindet.

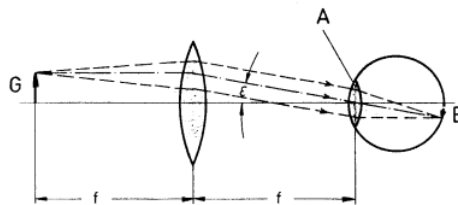


Abbildung 2: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

Dabei treten alle vom Gegenstand ausgesendete Lichtbündel als "Parallellichtbündel" aus der Sammellinse aus, weswegen das von der Linse erzeugte Virtuelle Bild des Gegenstands für das Auge im Unendlichen liegt. Dabei erscheint der Gegenstand nun unter dem Seh winkel  $\varepsilon$  mit

$$\tan \varepsilon = \frac{G}{f} \quad (2)$$

Die Vergrößerung der Lupe wird im allgemeinen durch  $V_L$  angegeben mit

$$V_L = \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} = \frac{G/f}{G/S_0} = \frac{S_0}{f} \quad (3)$$

Allgemein gilt für die Vergrößerung Optischer Instrumente:

$$V = \frac{\tan(\text{Seh winkel mit Instrument})}{\tan(\text{Seh winkel ohne Instrument})} \quad (4)$$

## 1.2 Durchführung

Mithilfe der Lupe wird nun ein Lineal betrachtet. Mit einem Auge wird dann der Lupe vorbei auf des Lineal geschaut und das Bild durch schielen auf Deckung gebracht und dann mithilfe der Formel

$$V = \frac{S}{s} \quad (5)$$

eine Vergrößerung ungefähr abgeleitet.

## 1.3 Ergebnisse

Tabelle 1: Gemessene Vergrößerungen

$S$	$s$	Vergrößerung $V_{AF}$
$(4 \pm 2) \text{ cm}$	$(2 \pm 1) \text{ cm}$	$2.0 \pm 1.5$
$(3 \pm 2) \text{ cm}$	$(1.5 \pm 1.0) \text{ cm}$	$1.5 \pm 1.9$

$$\text{Mittelwert: } \overline{V_{LU}} = 1.8 \pm 1.2$$

$$f=200 \text{ mm} \quad \& \quad s=250 \text{ mm} \Rightarrow V_{LU \text{ theo}} = 1.25$$

## 1.4 Auswertung

Der theoretisch bestimmte Vergrößerungsfaktor liegt innerhalb des Fehlers des gemessenen Wertes. Jedoch ist eben dieser Fehler enorm und beinhaltet ebenfalls Vergrößerungsfaktoren kleiner als 1. Es lässt sich somit nur eine sehr wage Schlussfolgerung durch den bestimmten Wert zu. Zudem wurde dieser Versuch nur von einer Person zweimal durchgeführt was ebenfalls zu einer ungenaueren Messung führte.

# 2 Fernrohr

## 2.1 Durchführung

Zunächst wird vor jedem Versuch das jeweilige Fernrohr aus den Teilen der mikroskopischen Bank auf der Halterung zusammengesetzt und anschließend auf ein Messobjekt in großer Entfernung (in diesem Fall der Sparkassenturm Wuppertal 13) gerichtet. Nun wird mit einem Auge durch das Fernrohr und mit dem anderen an diesem vorbei geschaut und das Bild durch schielen auf Deckung gebracht. Dann wird die Anzahl der Stockwerke in der Normalen Sicht mit dem Bereich verglichen die ein Stockwerk im vergrößerten Bild einnimmt und daraus die Vergrößerung abgeleitet mit

$$V = \frac{S}{s} \quad (6)$$

und diese mit einem berechneten Wert verglichen. Diese Methode ist offensichtlich sehr ungenau und Fehleranfällig.

## 2.2 Das astronomische Fernrohr

### 2.2.1 Theorie

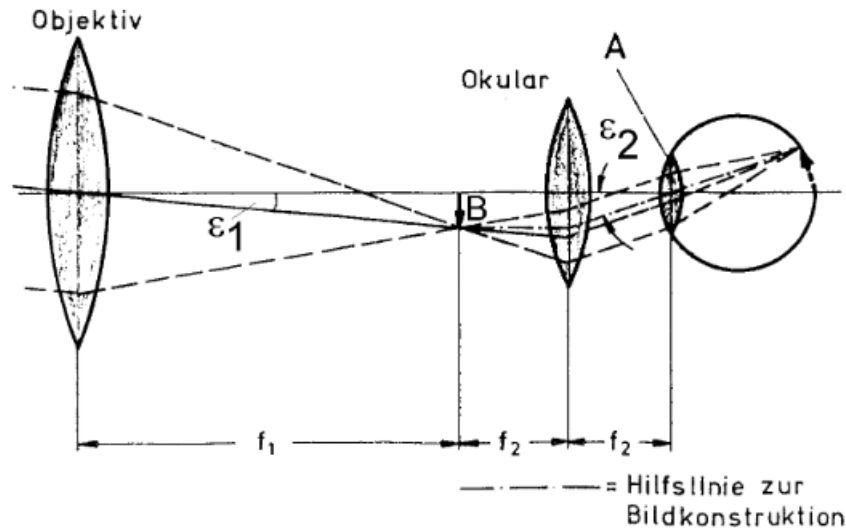


Abbildung 3: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

Das astronomische Fernrohr ist für eine Erstellung eines reellen Bildes von weit entfernten Objekten geeignet. Hinter eine Sammellinse mit einer vergleichsweise großen Brennweite ( $f_1 = 300\text{mm}$ ) wird ein Okular mit einer kleinen Brennweite montiert ( $f_2 = 40\text{mm}$ ) durch welches man das Objekt betrachtet. Wie in der Abbildung zu sehen befindet sich der Gegenstand in sehr großer Entfernung zu Betrachter und würde ohne Fernrohr in einem Sehinkel  $\epsilon_1$  mit

$$\tan \epsilon_1 = \frac{B}{f_1} \quad (7)$$

mit Bildweite  $B$  erscheinen.

Mit Fernrohr erscheint Es im Sehinkel  $\epsilon_2$  mit

$$\tan \epsilon_2 = \frac{B}{f_2} \quad (8)$$

Aus diesen beiden Gleichungen ergibt sich die Vergrößerung des Fernrohrs durch

$$V_{AF} = \frac{\tan \epsilon_1}{\tan \epsilon_2} = \frac{f_1}{f_2} \quad (9)$$

### 2.2.2 Aufbau

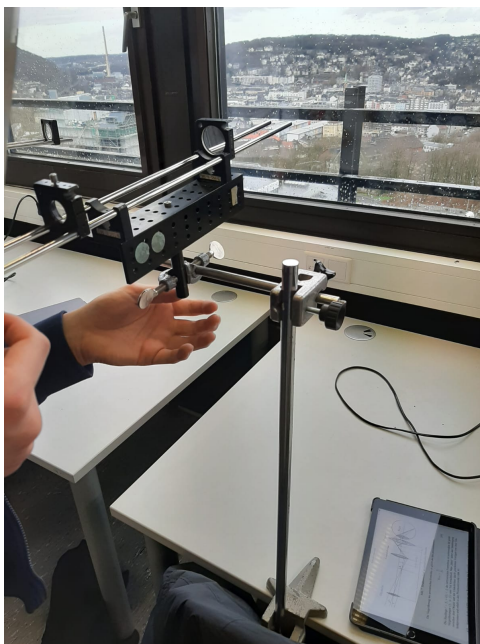


Abbildung 4: Aufbau des astronomischen Fernrohrs

### 2.2.3 Ergebnisse

Tabelle 2: Gemessene Vergrößerungen  $s = 1$

$S$	Vergrößerung $V_{AF}$
$5.0 \pm 1.5$	$5.0 \pm 1.5$
$6.0 \pm 1.5$	$6.0 \pm 1.5$
$6.0 \pm 1.5$	$6.0 \pm 1.5$

Mittelwert:  $\overline{V_{AF}} = 5.7 \pm 0.9$

$$f_1 = 300 \text{ mm} \quad \& \quad f_2 = 40 \text{ mm} \Rightarrow V_{AF \text{ theo}} = 7.5$$

## 2.3 Das terrestrische Fernrohr

### 2.3.1 Theorie

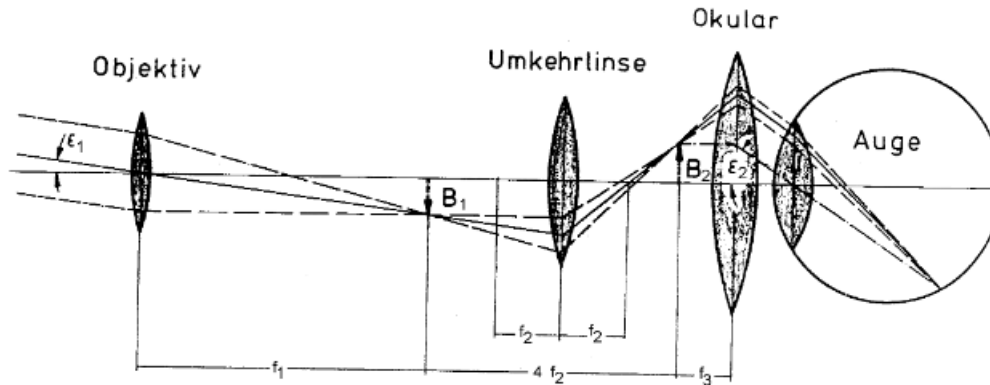


Abbildung 5: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

Für die Betrachtung von entfernten Objekten auf der Erde bietet sich im Vergleich zum astronomischen Fernrohr das terrestrische Fernrohr mehr an. Bei diesem wird das vom astronomischen Fernrohr nur auf dem Kopf angezeigte Bild durch eine zwischengestellte Umkehrlinse umgedreht. Der Strahlengang ist im vorgestellten Bild nachzuvollziehen. Das Bild des Objektivs ( $f_1 = 300\text{mm}$ ) wird durch die Umkehrlinse ( $f_2 = 30\text{mm}$ ) umgedreht. Der Abstand dieser beiden Linsen beträgt  $2f_2$ , daher wird im Abstand  $2f_2$  auf der Bildseite ein aufrechtes reelles Bild erzeugt, welches mit dem Okular ( $f_3 = 50\text{mm}$ ) betrachtet werden kann. Für die Vergrößerung gilt

$$VTF = \frac{f_1}{f_3} \quad (10)$$

### 2.3.2 Aufbau



Abbildung 6: Aufbau des terrestrischen Fernrohrs

### 2.3.3 Ergebnisse

Tabelle 3: Gemessene Vergrößerungen  $s = 1$

$S$	Vergrößerung $V_{AF}$
$4.0 \pm 1.5$	$4.0 \pm 1.5$
$4.0 \pm 1.5$	$4.0 \pm 1.5$
$3.0 \pm 1.5$	$3.0 \pm 1.5$

Mittelwert:  $\overline{V_{TF}} = 3.7 \pm 0.9$

$$f_1 = 300 \text{ mm} \quad \& \quad f_3 = 50 \text{ mm} \\ \Rightarrow V_{AF \text{ theo}} = 7.5$$

$$(f_2 = 30 \text{ mm})$$

## 2.4 Das galileische Fernrohr

### 2.4.1 Theorie

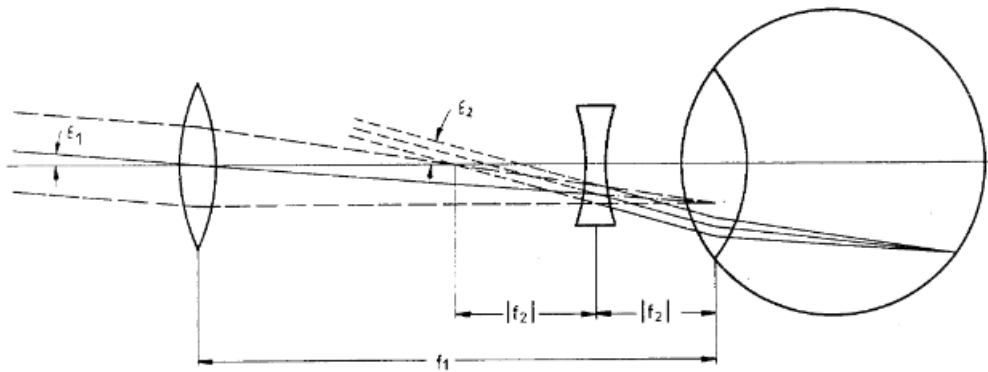


Abbildung 7: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

Beim Galileischen Fernrohr befindet sich ebenfalls ganz vorne eine Sammellinse. Jedoch wird danach eine Zerstreuungslinse eingebaut. Natürlicherweise sieht das Auge ein virtuelles im unendlichen liegendes Bild eines weit entfernten Gegenstandes, wie in der obigen Abbildung zu sehen. Für die Länge  $l$  des Gegenstandes gilt bei einem weit entfernten Gegenstand

$$l = f_1 - |f_2| \quad (11)$$

Durch den Strahlenverlauf gilt für das Galileische Fernrohr wie für die Fernrohre zuvor

$$f_{GF} = \frac{f_1}{|F_2|} \quad (12)$$



### 2.4.2 Aufbau



Abbildung 8: Aufbau des galileischen Fernrohr's

### 2.4.3 Ergebnisse

Tabelle 4: Gemessene Vergrößerungen  $s = 1$

$S$	Vergrößerung $V_{AF}$
$2 \pm 1$	$2 \pm 1$
$2 \pm 1$	$2 \pm 1$
$2 \pm 1$	$2 \pm 1$

Mittelwert:  $\overline{V_{GF}} = 2.0 \pm 0.6$

$$f_1 = 200 \text{ mm} \quad \& \quad f_2 = -100 \text{ mm} \\ \Rightarrow V_{GF \text{ theo}} = 2$$

## 2.5 Auswertung der Fernrohre

Alle gemittelten Vergrößerungen der Fernrohre besitzen einen großen relativen Fehler ( $> 10\%$ ) was ihre Aussagekraft verringert. Die größte Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert lieferte das Galileische Fernrohr. Es stimmt zwar Perfekt überein jedoch ist der Fehler ebenfalls der GröÖte, resultierend durch die geringe Vergrößerung welche jedoch nur in GroÖen schritten gemessen werden konnte. Die Vergrößerung des astronomische Fernrohr liegt zwar auÖerhalb des vermuteten Wert ist jedoch immer noch akzeptabel und spiegelt ungefäh'r den erwartet Wert wieder. Das terrestrische Fernrohr liegt am weitesten vom theoretischen Wert entfernt. Es sollte die selbe Vergrößerung aufweisen wie das astronomische Fernrohr jedoch ist die gemessene Vergrößerung signifikant unter dem Messwert von jenem. Eine mögliche Erklärung für diese Ungenauigkeit wäre der Fakt das diese Messung zuletzt unter den Teleskopen durchgeführt wurde und die Messgenauigkeit über Zeit abgenommen hat auf Grund der resultierenden Anstrengung durch das Überlagern der Bilder.

## 3 Mikroskop

### 3.1 Theorie

Das Mikroskop ähnelt im Aufbau sehr dem des astronomischen Fernrohrs. Der bedeutendste Unterschied ist allerdings das sich der zu betrachtende Gegenstand nicht im Unendlichen befindet, die Lichtbündel also nicht parallel auf die Erste Sammellinse treffen.

Für den Gegenstandsabstand  $g$  und die Bildweite  $b$  gilt.

$$g \approx f_1 \quad \text{aber} \quad b > f_1 \quad (13)$$

Der Gegenstand befindet sich im Brennpunkt des Objektivs, einer Sammellinse mit sehr geringer Brennweite  $f_1$ . Diese erzeugt ein vergrößertes Bild des Gegenstands, welches durch das Okular, eine Lupe der Brennweite  $f_2$ , Beobachtet wird.

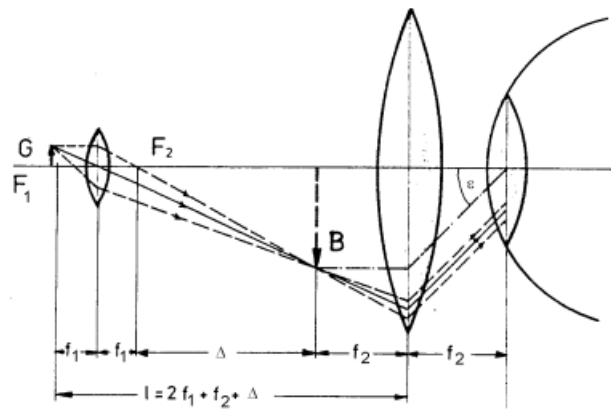


Abbildung 9: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

Ohne Mikroskop würde der Gegenstand unter dem Winkel  $\varepsilon_0$  erscheinen mit

$$\tan \varepsilon_0 = \frac{G}{S_0} \quad (14)$$

Mit Mikroskop erscheint er unter dem Winkel  $\varepsilon$  mit

$$\tan \varepsilon = \frac{B}{f_2} \quad (15)$$

Wegen

$$g \approx f_1 \quad \text{und} \quad b = f_1 + \Delta \quad (16)$$

und wegen

$$\frac{B}{G} = \frac{f_1 + \Delta}{f_1} \quad (17)$$

folgt weil  $f_1 \ll \Delta$ :

$$\frac{B}{G} = \frac{\Delta}{f_1} \quad (18)$$

Mit (18) folgt aus (14) und (15) für die Vergrößerung des Mikroskops

$$V_M = \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} = \frac{\Delta S_0}{f_1 f_2} \quad (19)$$

Da  $f_1$  und  $f_2$  im Verhältnisse zur Tubuslänge  $t = f_1 + f_2 + \Delta$  oft sehr klein sind gilt für die Vergrößerung näherungsweise:

$$V_M = \frac{t}{f_1 f_2} S \quad (20)$$

### 3.2 Durchführung

Durch das Mikroskop wird ein Glasmaßstab (20 Striche auf 5mm) auf einem Einsatz betrachtet. Mit dem anderen Auge betrachtet man durch einen Halbspiegel ein Lineal und bringt beide Maßstäbe auf der Netzhaut zur Deckung Und vergleicht diese. Dann gilt:

$$V_M = \frac{S}{s} \quad (21)$$

### 3.3 Aufbau

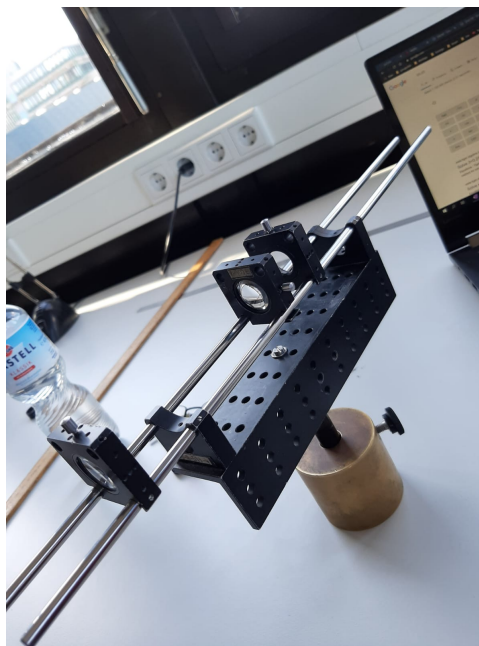


Abbildung 10: Aufbau des Mikroskops

### 3.4 Ergebnisse

Tabelle 5: Gemessene Vergrößerungen  $s = 0.25 \text{ mm}$  ,  $f_1$

$S$	Vergrößerung $V_{AF}$
2 mm	$8 \pm 1$
3 mm	$12 \pm 1$

Mittelwert:  $\overline{V_{GF}} = 2.0 \pm 0.6$

$$f_1 = 25 \text{ mm} \ \& \ f_2 = 50 \text{ mm} \ \& \ t = (165.0 \pm 0.5) \text{ mm} \ \& \ S = (215.0 \pm 0.5) \text{ mm} \\ \Rightarrow V_{GF \text{ theo}} = 28.40 \pm 0.02$$

### 3.5 Auswertung

Die Ergebnisse des Mikroskops sind bei weitem die ungenaueren. Dies resultierte vor allem durch die Schwierigkeit der Messung der Skala. Da die beide Skalen durch einen halbdurchlässigen Spiegel überlagert wurden erschwerten die unterschiedlichen Hintergründe und Helligkeiten das ablesen beider enorm. Zu dem ist dies ebenfalls ein Versuch welcher stark von externen Faktoren wie z.B. Ermüdung der kleinen Skala, Erschöpfung der Augenmuskeln und allgemeine Kopfschmerzen durch Überlagern der Bilder. Es konnte somit zwar eine starke Vergrößerung festgestellt werden jedoch nicht genau bestimmt werden.

## 4 Projektor

### 4.1 Theorie

Im Projektor entwirft eine Sammellinse (das Projektionsobjektiv) ein vergrößertes Bild eines Gegenstands auf eine Projektionsleinwand. Für das Vergrößerungsverhältnis  $V$  gilt:

$$V = \frac{B}{G} = \frac{b - f_3}{f_3} = \frac{b}{g} \quad (22)$$

Für ein vergrößertes Bild muss gelten:

$$2f_3 > g > f_3 \quad (23)$$

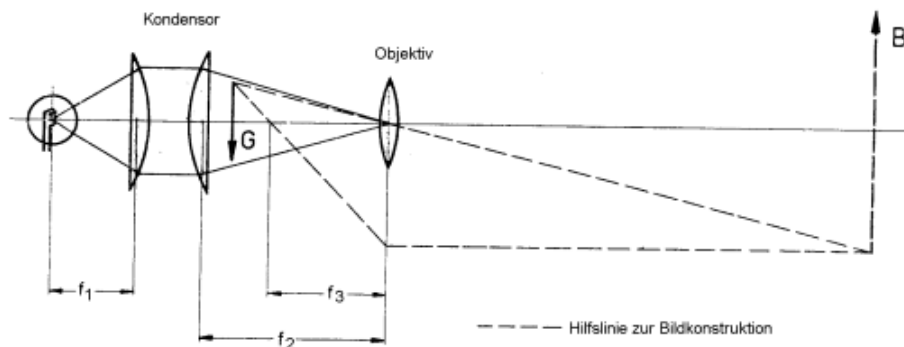


Abbildung 11: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/go2.pdf>

Zur optimalen Ausnutzung der Leuchtstärke der Projektionslampe besitzt der Projektor einen Kondensor Welcher aus zwei Plankonvexen Linsen besteht (siehe Abbildung 11). Dabei steht die Projektionslampe im Brennpunkt der ersten Kondensorlinse weshalb das Licht die erste Linse als Parallellichtbündel verlässt. Die Zweite Kondensorlinse fokussiert das Licht auf das Projektionsobjektiv weshalb dessen Durchmesser auch verhältnismäßig klein gewählt werden darf, ohne das größere Lichtverluste auftreten. Für den Richtigen Aufbau des Projektionapparates muss gelten:

$$2f_3 > f_2 > g > f_3 \quad (24)$$

Das bedeutet, dass die Zweite Kondensorlinse mit ihrer Brennweite auf die Brennweite  $f_3$  des Objektives abgestimmt sein muss. Eine weitere Verbesserung der Lichtverluste erhält man durch die Anbringung eines Hohlspiegels hinter der Projektionslampe, welcher in die falsche Richtung ausgesendetes Licht zurück auf die erste Kondensorlinse wirft.

## 4.2 Durchführung

Zunächst wird ein Projektor wie in der Theorie angegeben aus den Teilen der optischen Bank zusammengesetzt. Hierzu werden drei Sammellinsen und die Projektionslampe mit dem Diahalter wie oben abgebildet angeordnet. Dann wird ein Dia eingelegt und die Breite und und Höhe des darauf abgebildeten Buchstaben F gemessen. Anschließend wird die breite und Höhe der Projektion des Objektes auf dem Schirm gemessen und aus diesen Werten die Vergrößerung bestimmt.

## 4.3 Aufbau



Abbildung 12: Aufbau Projektor

## 4.4 Ergebnisse

Tabelle 6: Gemessene Vergrößerungen

	$s$	$S$	Vergrößerung $V$
Höhe	$(1.3 \pm 0.1) \text{ cm}$	$(11.4 \pm 0.1) \text{ cm}$	$(8.8 \pm 2.2) \text{ cm}$
Breite	$(1.0 \pm 0.1) \text{ cm}$	$(9.5 \pm 0.1) \text{ cm}$	$(9.5 \pm 3.1) \text{ cm}$

$$\text{Mittelwert: } \overline{V_{PR}} = 9.15 \pm 2.00$$

$$b = (99.6 \pm 0.1) \text{ cm} \quad \& \quad g = (10.6 \pm 0.1) \text{ cm} \\ \Rightarrow V_{GF \text{ theo}} = 9.40$$

## 4.5 Auswertung

Die Messung der Vergrößerung war die Subjektiv Einfachste als auch die am wenigsten von externen Fehler anfällige. Der erwartete Wert liegt komfortabel im Rahmen der Fehler von den Messwerte. Dies ist vermutlich ein Resultat durch die Messmethode welche, im Gegensatz zu all den vorherigen, nicht auf einer subjektiven Wahrnehmung beruht. Außerdem wurde die Konstruktion bereits vorher professionell aufgebaut was eine weitere Fehlerquelle vermindert.

## 5 Zusammenfassung

Es lässt sich sagen ,dass alle Versuche unabhängig von ihrer Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert, einen signifikanten Fehler besitzen. Es gab mehrere Fehlerquellen welche je nach versuch unterschiedlich Stark eingehen. Eine Hauptfehlerquelle besteht in der Überlagerung der Bilder im Gehirn, da dies eine sehr subjektive Messwertbestimmung ist welche ebenfalls schwer reproduzierbar ist. Für die Bestimmung der Teleskope kommt ebenfalls die Annäherung , dass die Etagen gleichgroß sind, hinzu. Zudem darf nicht der Bestätigungsfehler ignoriert werden, welcher nachfolgende Messung, welche subjektiv sind, unterbewusst Beeinflussen kann. Der Projektor wird von all diesen Fehlern am wenigsten beeinflusst was eine Erklärung für die bessere Messung ist. Somit ergibt sich dass diese Messreihe zwar realistische Ergebnisse liefert, diese aber u.a stark Fehlerbehaftet sind.

## 6 Anhang



Abbildung 13: Beobachteter Sparkassenturm zur Bestimmung der Vergrößerungen