Die hier angebrachten Anmerkungen sollten in jedem PDF-Leseprogramm sichtbar gemacht werden können. Sie beziehen sich insbesondere auf das Dokument: "Handreichung Arbeitsformen in der gymnasialen Oberstufe", das vom Bildungsserver des Landes Rheinland-Pfalz heruntergeladen werden kann. Zur Zeit unter dem URL:

http://gymnasium.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/gymnasium.bildung-rp.de/mss/HandreichungArbeitsformenMSS.pdf

Bitte dieses Dokument unbedingt lesen!

WARNHINWEIS:
Die hier gemachten Vorschläge sind nicht rechtsverbindlich. Andere Betreuer von Facharbeiten können andere Schwerpunkte oder Vorlieben haben. Bitte immer rechtzeitig den Kontakt zu den Betreuern suchen.

Quantitative Untersuchungen zur Lichtorientierung von Elwetritschen

Facharbeit im Fach Physik

von
Ludwig Wilhelm Tritsch

im
Schuljahr 2010/11

am
Gymnasium am Kaiserdom, Speyer

Betreuender Lehrer:
Dr. E. N. Pälzer

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

Kurzfassung

Bei der traditionellen Pfälzer Elwetritsche-Jagd werden Elwetritsche mit Hilfe von zwei Lichtquellen gefangen, die links und rechts von einem Behälter aufgestellt sind. Genauere Forschungen von [Studiosus u.a., 1972] haben gezeigt, dass man die Lichtorientierung der Elwetritsche auch quantitativ bestimmen kann.

Die vorliegende Facharbeit versucht, die in den 1970er Jahren gewonnenen Ergebnisse durch eigene Experimente zu überprüfen. Hierzu wurden Elwetritsche aus einer Zucht in einer selbst entworfenen Messapparatur definierten Lichtverhältnissen unterworfen und ihre Zugrichtung an einem Elwetritsche-Schlittengeschirr als Winkel gemessen.

Die Messwerte wurden mit der Theorie von Studiosus vergleichen. Dabei zeigt sich bei zwei von drei Versuchstieren eine große Übereinstimmungen; Abweichungen beim dritten Tier lassen sich aus dessen anatomischen Gegebenheiten heraus plausibel erklären.

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung....1
2. Lichtorientierung bei Elwetritsche....2
2.1. Elwetritsche in ihrer natürlichen Umgebung....2
2.2. Elwetritsche-Jagd mit Hilfe von Licht....2
3. Wissenschaftliche Untersuchungen und mathematische Beschreibung....3
3.1. Frühe Beschreibungen....3
3.2. Der Helligkeitsschwerpunkt und die Regel von Studiosus....3
4. Eigene Messungen....5
4.1. Die Messapparatur....5
4.2. Die Lichtquellen und ihre Steuerung....6
4.3. Durchführung der Messungen....7
5. Auswertung und Interpretation der Messwerte....8
5.1. Theoretische Überlegungen....8
5.2. Vergleich der gemessenen Werte mit der Theorie....9
6. Zusammenfassung und Ausblick....13
7. Quellen....14
7.1. Literatur....14
7.2. Internetquellen....14

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

1 Einleitung

Die Elwetritsche-Jagd ist eine pfälzische Besonderheit, die auch über die Grenzen der Pfalz hinaus Bekanntheit erlangt hat.

Seit dem 17. Jahrhundert wurde das Verhalten der Elwetritsche bei der Jagd, die typischerweise mit Hilfe zweier Lichtquellen betrieben wird, wissenschaftlich untersucht. Die bislang exakteste Theorie hierzu lieferte die Arbeit [Studiosus u.a., 1972], deren wichtigste Aussage, die „Regel von Studiosus“ besagt, dass sich Elwetritsche bei der Jagd immer in Richtung des so genannten Helligkeitsschwerpunkts bewegen.

In der vorliegenden Facharbeit soll versucht werden, die Ergebnisse von [Studiosus u.a., 1972] anhand eigener Experimente und deren Auswertung nachzuvollziehen. Hierfür wurden verschiedene Elwetritsche einer Zucht in Neustadt an der Weinstraße herangezogen, deren Verhalten in einer speziell für diese Facharbeit konstruierten Messapparatur untersucht wurde.

In Kapitel 2 soll zunächst die Lichtorientierung bei der nächtlichen Bewegung von Elwetritschen kurz beschrieben werden, außerdem die Methode, diese Bewegung für die Jagd auf Elwetritsche auszunutzen. Eine Beschreibung des heutigen Erkenntnisstandes, insbesondere der Ergebnisse von [Studiosus u.a., 1972] folgt dann in Kapitel 3. Die eigenen Messungen, die Planung der Messapparatur und die Durchführung der Messungen in Inhalt von Kapitel 4. In Kapitel 5 werden die Messergebnisse mit der in [Studiosus u.a., 1972] entwickelten Theorie verglichen und Übereinstimmungen und Abweichungen diskutiert. Schließlich liefert Kapitel 6 nochmals eine abschließende Zusammenfassung und einen Ausblick über mögliche Erweiterungen dieser Facharbeit.

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

2 Lichtorientierung bei Elwetritsche

2.1 Elwetritsche in ihrer natürlichen Umgebung

Zunächst soll hier eine kurze Einführung in die Thematik der Elwetritsche gegeben werden. Die Ausführungen dieses Abschnitts folgen – soweit nicht anders vermerkt – dem Standardwerk [Cittanova, 1980]. Elwetritsche gehören zur Familie der Großtrappen. Sie sind in der Pfalz endemisch, d.h. ausschließlich hier beheimatet.

Abbildung 1: Darstellung einer Elwetritsch des Künstlers Gernot Stumpf in der Gedächtniskirche in Speyer (Bild: [wiki:Stumpf_Elwetritsch])

Verwandtschaft besteht zu den bayerischen Wolpertingern, was mit den historischen Hintergründen der früher zu Bayern gehörenden Pfalz zu tun haben soll. Abbildung 1 zeigt ein ausgewachsenes Exemplar.

2.2 Elwetritsche-Jagd mit Hilfe von Licht

[Cittanova, 1980] beschreibt in seiner Abhandlung vor allem auch die Jagd nach Elwetritsche, wobei er besonders die Wichtigkeit der Verwendung von zwei Lampen hervorhebt, die links und rechts von einem Sack aufgestellt werden. Dies ist in der unten stehenden Abbildung 2 gut zu erkennen.

Abbildung 2: Typische Falle bei der Elwetritsche-Jagd (Bild:[wiki:Elwetritsche])

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

3 Wissenschaftliche Untersuchungen und mathematische Beschreibung

3.1 Frühe Beschreibungen

Im Jahr 1682 veröffentlichte der Neustädter Naturphilosoph Rhenanius Palatinus eine erste wissenschaftliche Untersuchung über die Elwetritsche-Jagd [Palatinus, 1682]. Bei der Jagd stellte er Beobachtungen für den Fall an, dass die beiden zur Jagd verwendeten Laternen nicht gleich hell waren. Er schreibt:

> *„[...] wurd ich gewahr, dass die Elbe=Trittsch mehr zu der helleren Latern hin sich gewandt und der erfahrene Jäger darum den Sack auch eben mehr da hin gehalten. Solches habe ich dann wiederholt beobachtet und auch absichtsvoll mal die linke mal die rechte Latern mit Papyr verdunkelt. Derart konnte ich den Lauf der Elbe=Trittsch nach meinem Willen lenken.“*

Auch spätere Abhandlungen, etwa [Neustätter & Dürkheimer, 1860] untersuchen das von Palatinus beschriebene Phänomen, allerdings noch genauer, indem Sie regelbare Gaslampen verwenden.

Eine wirklich genaue Untersuchung wurde aber vor allem durch die Verwendung elektrischer Lampen mit genau einstellbarer Leistung in [Studiosus u.a., 1972] möglich. In dieser Arbeit wurden verschiedene Elwetritsche untersucht und ihre Bewegungsrichtungen genau vermessen und mit der Leistung der beiden Lampen in Beziehung gesetzt.

Die aufwändigen Messungen führten dann schließlich auch zu einer mathematisch exakten Theorie, die im folgenden erläutert werden soll.

3.2 Der Helligkeitsschwerpunkt und die Regel von Studiosus

[Studiosus u.a., 1972] verwenden zwei elektrische Lampen mit getrennt einstellbarer Leistung. Die Leistungen der beiden Einzellampen sollen mit P_1 und P_2 beschrieben werden, ihre Orte mit den Vektoren $\vec{x}_1$ und $\vec{x}_2$.

Aus diesen Größen errechnen [Studiosus u.a., 1972] den so genannten Helligkeitsschwerpunkt:

$$\vec{x}_S = \frac{P_1}{P_1+P_2}\vec{x}_1 + \frac{P_2}{P_1+P_2}\vec{x}_2 \qquad (1)$$

Der Helligkeitsschwerpunkt liegt grundsätzlich auf der Verbindungslinie zwischen den beiden Lampen.

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

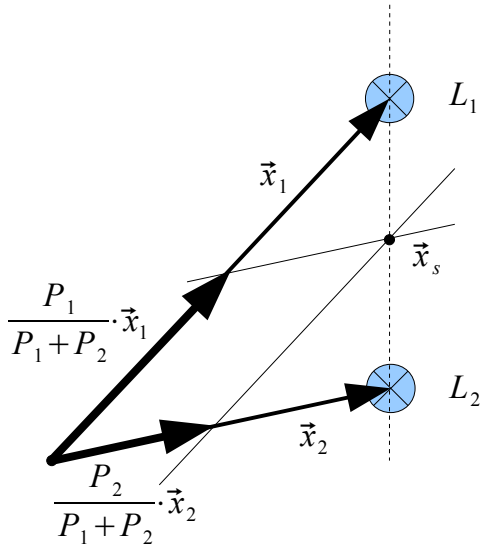


Abbildung 3: Konstruktion des Helligkeitsschwerpunkts (nach [Studiosus u.a., 1972], verändert)

Zwei Spezial- bzw. Grenzfälle sind hierbei besonders zu beachten:

- Für den Fall, dass die Leistung einer der beiden Lampen gerade verschwindet, liegt der Helligkeitsschwerpunkt genau auf der anderen Lampe.
- Sind die beiden Leistungen gerade gleich groß, liegt der Helligkeitsschwerpunkt in der Mitte der Verbindungslinie zwischen den beiden Lampen.

Mit dieser Definition des Helligkeitsschwerpunktes, so [Studiosus u.a., 1972], kann man die so genannte „Regel von Studiosus“ leicht beschreiben:

> *Eine Elewetritsch bewegt sich bei der Elwetritsche-Jagd mit zwei Lampen immer auf den Helligkeitsschwerpunkt der beiden Lichtquellen zu.*

In späteren Arbeiten(insbesondere [Studiosus, 1975]) konnte man zeigen, dass sich das Verhalten der Elwetritschen auf $n \leq 5$ Lampen verallgemeinern lässt. Es gilt dann für den Helligkeitsschwerpunkt die allgemeinere Beziehung:

$$\vec{x}_S = \frac{\sum_i P_i \vec{x}_i}{\sum_i P_i} \tag{2}$$

Für Werte $n > 5$ beobachtete [Studiosus, 1975] starke Abweichungen in den einzelnen Messreihen, so dass hier keine verlässlichen Ergebnisse erzielbar waren.

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

4 Eigene Messungen

Im Rahmen der Facharbeit wurde versucht, die Ergebnisse aus [Studiosus u.a., 1972] in einem eigenen Experiment nachzuvollziehen.

Die Messungen wurden in der Elwetritschen-Zucht Neustadt durchgeführt. Für die Messungen standen drei Exemplare zur Verfügung, ein Jungtier (½ Jahr alt), ein jugendliches Tier (3 Jahre alt) und ausgewachsenes Tier (5 Jahre alt).

Die Anwesenheit eines auf Elwetritsche spezialisierten Tierarztes während der Gesamtzeit der Messungen garantierte die Einhaltung des Tierschutzgesetzes.

4.1 Die Messapparatur

Da es in der hier beleuchteten Fragestellung nur um die Richtung geht, in der sich die Elwetritsche bevorzugt bewegen wollen, mussten sich die Elwetritsche nicht tatsächlich auf die Lichtquellen zu bewegen; es genügte, deren Richtungspräferenz zu bestimmen.

Hierfür wurden die Elwetrische in ein Geschirr eingespannt, das normalerweise für Elwetritsche-Schlittenrennen verwendet wird und das von der Zuchtanstalt zur Verfühung gestellt wurde. Dieses Geschirr wurde an einem beweglichen Ring in einer Wand verankert, so dass eine daran ziehende Elwetritsch sich nur innerhalb eines Kreisbogens um den Verankerungspunkt bewegen kann. Da sich Elwetritsche nachts vom Licht stark angezogen fühlen, bewegen sie sich bei Vorhandensein von entfernteren Lichtquellen genau auf dem Kreisbogen.

Ein auf dem Boden angebrachter Winkelmesser ermöglicht bei dieser Apparatur eine genaue Richtungsbestimmung.

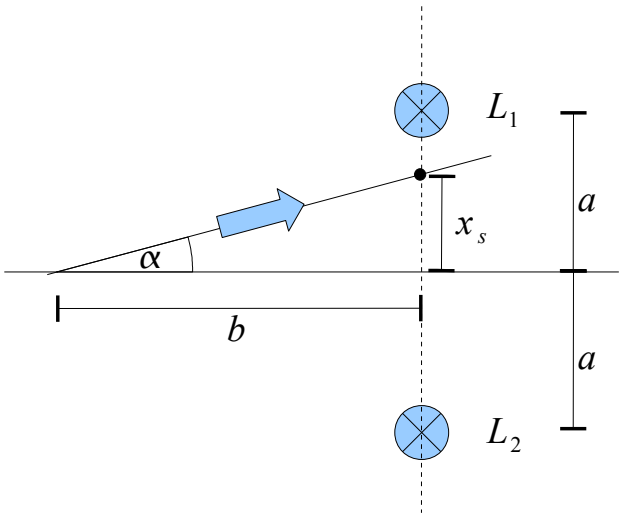


Abbildung 4: Schemazeichnung des Versuchs

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

4.2 Die Lichtquellen und ihre Steuerung

Als Lichtquellen wurden zwei Glühlampen verwendet, die bei 12V eine Maximalleistung von 20W aufweisen. Leider stand in der Physik-Sammlung kein geeichter Leistungsregler zur Verfügung, mit denen sich die Leistung dieser Lampen hätte steuern lassen.

Da jedoch die exakten Leistungswerte für die Ermittlung des Helligkeitsschwerpunkts zentral sind, musste eine Möglichkeit gefunden werden, diese Leistung zu messen bzw. gezielt zu steuern. Hierfür wurde zunächst eine Spannungs-Strom-Kennlinie gemessen, die in Abbildung 5 zu sehen ist.

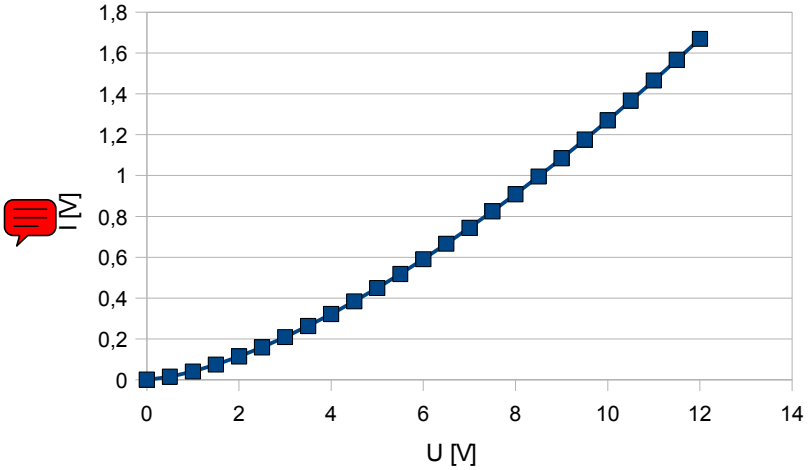


Abbildung 5: U-I-Kennlinie der verwendeten Lampen

Aus der Beziehung

$$P = U \cdot I \tag{3}$$

kann man auf diese Weise eine Spannungs-Leistungskennlinie (Abbildung 6) errechnen:

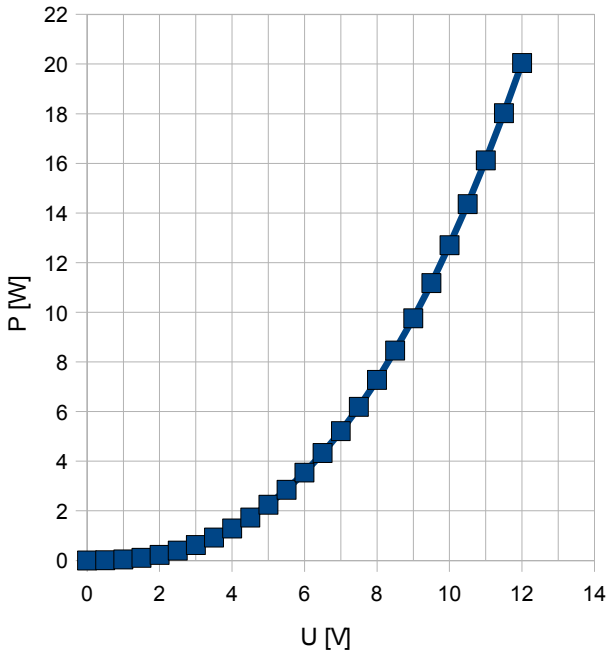


Abbildung 6: U-P-Kennlinie der verwendeten Lampen

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

An dieser kann man ablesen, welche Spannung (U-Achse) man einstellen muss, um eine bestimmte Leistung (P-Achse) zu erhalten. Die Datei mit den genauen Werten der beiden Kennlinien befindet sich auf der beiliegenden CD-ROM.

4.3 Durchführung der Messungen

Für jede der drei Elwetritsche wurden jeweils die gleichen Messungen durchgeführt. Dabei wurden variiert:

1. der Abstand a der Lampen von der Mittelachse (1m, 2m)
2. das Verhältnis der beiden Lampenleistungen (0:20; 2:18; 4:16; 6:14; 8:12; 10:10; 12:8; 14:6; 18:2; 20:0)
   Dabei wurde darauf geachtet, dass die Gesamtleistung der Lampen immer 20W betrug, dass also $P_1 + P_2 = 20\,\mathrm{W}$ immer gegeben war. Damit kann man auch in den Diagrammen in Abschnitt 5.2 die Leistung der Lampe L_2 mit $P_2 = 20\,\mathrm{W} - P_1$ berechnen.

Jede Messreihe wurde drei mal durchgeführt (immer an verschiedenen Tagen), um mögliche Messfehler klein zu halten und einen Eindruck von der Reproduzierbarkeit der Messwerte zu erhalten. Damit ergeben sich also insgesamt 180 Einzelmessungen.

Bei der Durchführung wurden die beiden Lampenleistungen eingestellt, der Elwetrisch etwa 10 Sekunden Zeit gegeben, um sich auf die Beleuchtungssituation einzustellen. Dann wurde der Winkel α gemessen.

Die Messdaten und die Auswertungen finden sich auf der beiliegenden CD-ROM, ebenso ein Film, der die Messungen dokumentiert (wobei hierfür in Abweichungen zu den verwendeten Experimenten ein leichtes diffuses Streulicht verwendet werden musste, damit die Kamera das Versuchstier aufnehmen konnte).

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

5 Auswertung und Interpretation der Messwerte

5.1 Theoretische Überlegungen

Es soll nun untersucht werden, inwiefern die Ergebnisse aus Kapitel 4 der Regel von Studiosus entsprechen.

Hierfür muss berechnet werden, welche Winkel α nach der Regel von Studiosus bei den eingestellten Leistungen beobachtet werden müssten.

Hierfür betrachten wir nochmals die Abbildung 4. Aus der Geometrie der Apparatur ergibt sich der Zusammenhang:

$$\frac{x_s}{b} = \tan\alpha \tag{4}$$

und damit

$$x_s = b \cdot \tan\alpha \tag{5}$$

Dabei ist α positiv, wenn die Elwetritsch eher in Richtung der Lampe L_1 zieht, negativ, wenn sie eher in Richtung der Lampe L_2 zieht.
Bei dem gegebenen Koordinatensystem in Abbildung 4 muss man nicht vektoriell rechnen, vielmehr vereinfacht sich die Gleichung (1) zu

$$x_s = \frac{P_1}{P_1 + P_2} \cdot a + \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot (-a) \tag{6}$$

Gleichsetzen ergibt

$$b \cdot \tan\alpha = \frac{P_1}{P_1 + P_2} \cdot a + \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot (-a) \tag{7}$$

und damit gilt

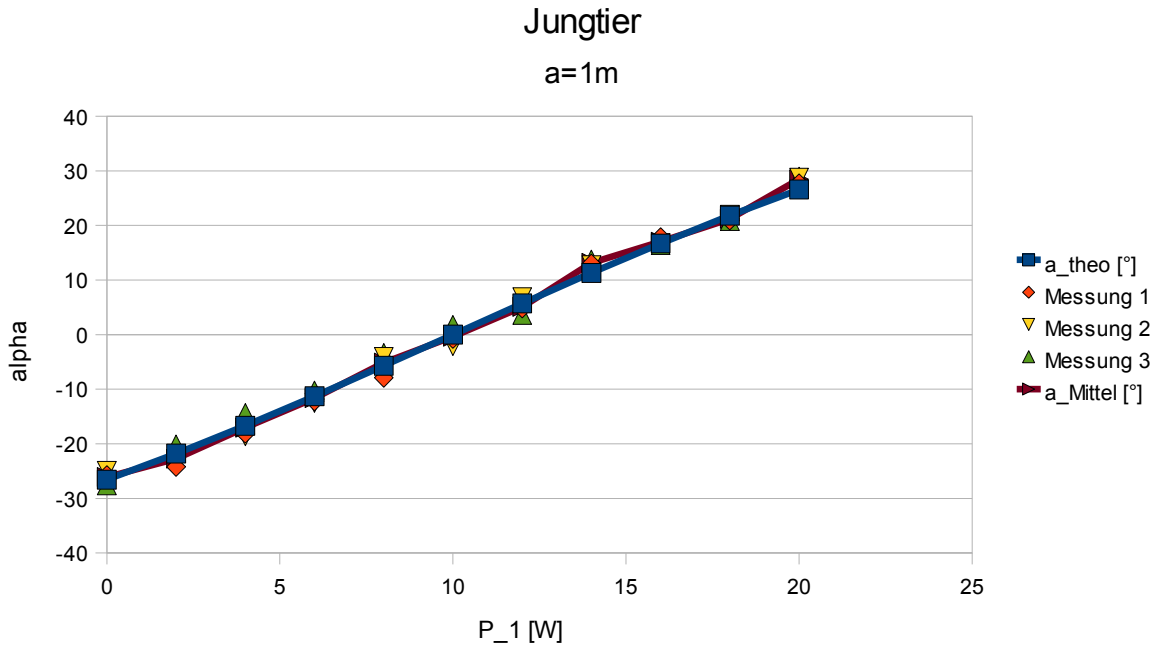
$$\alpha = \arctan\left(\frac{x_s}{b}\right) = \arctan\left(\frac{1}{b} \cdot \left(\frac{P_1}{P_1 + P_2} \cdot a + \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot (-a)\right)\right) \tag{8}$$

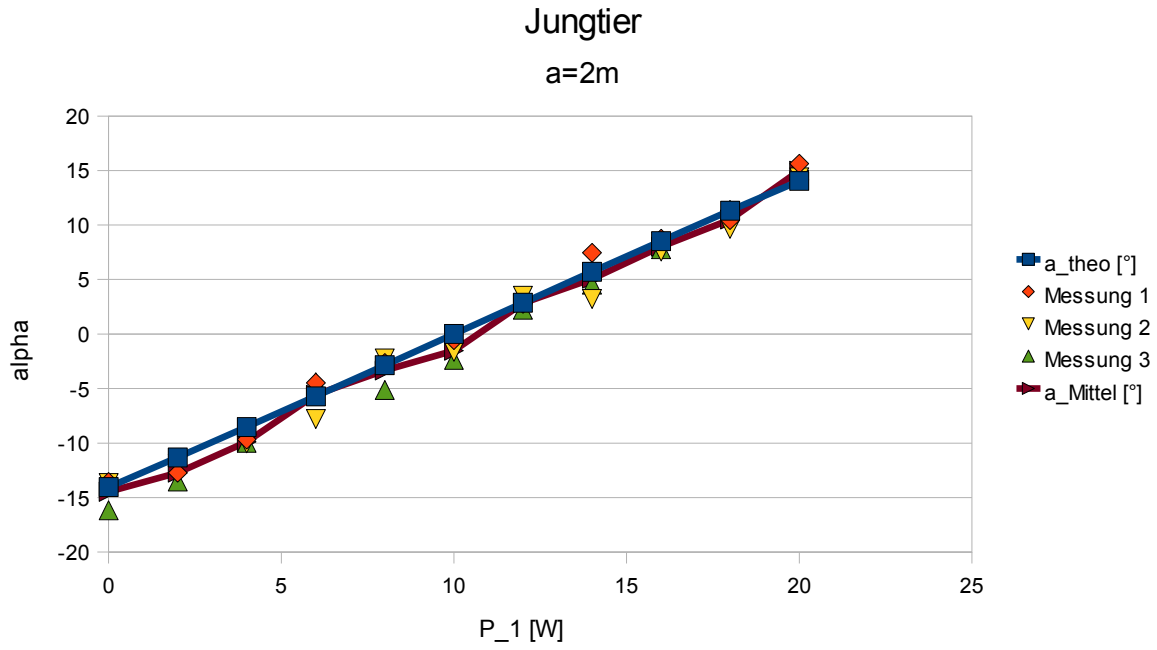
Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

5.2 Vergleich der gemessenen Werte mit der Theorie

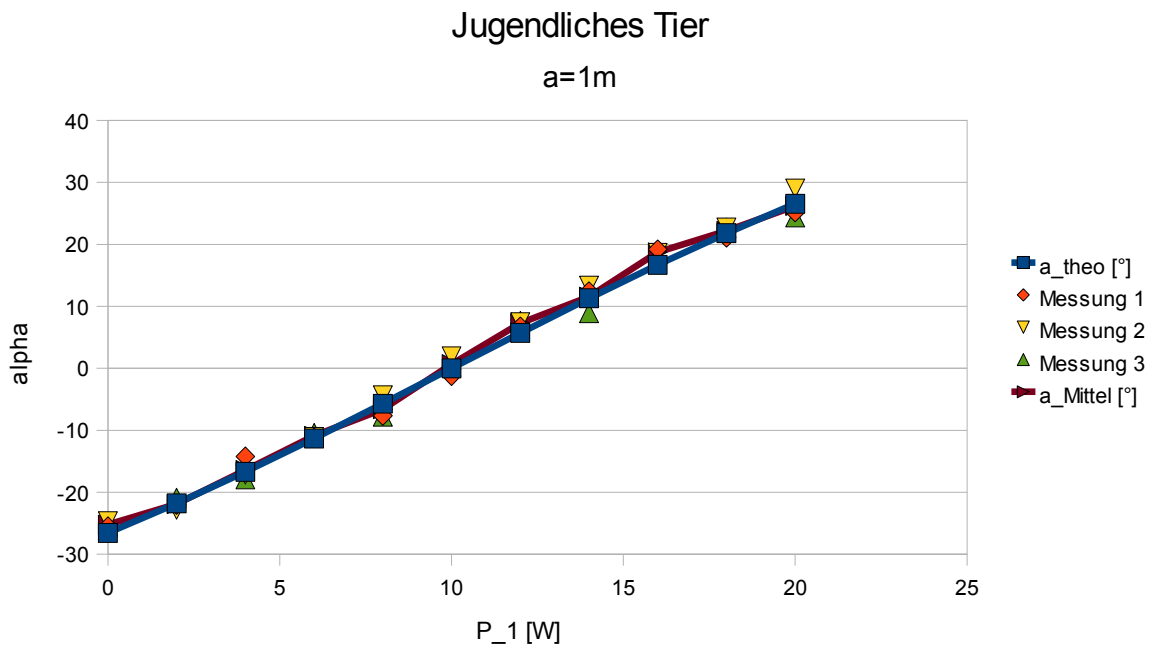
Mit Hilfe einer Tabellenkalkulation wurden die gemessenen Werte nun ausgewertet. Insbesondere wurde aus den eingestellten Leistungen der theoretische Wert für α (in den Graphiken a_theo[°] errechnet und mit dem Mittelwert aus den jeweiligen Messungen (a_Mittel [°]) verglichen.

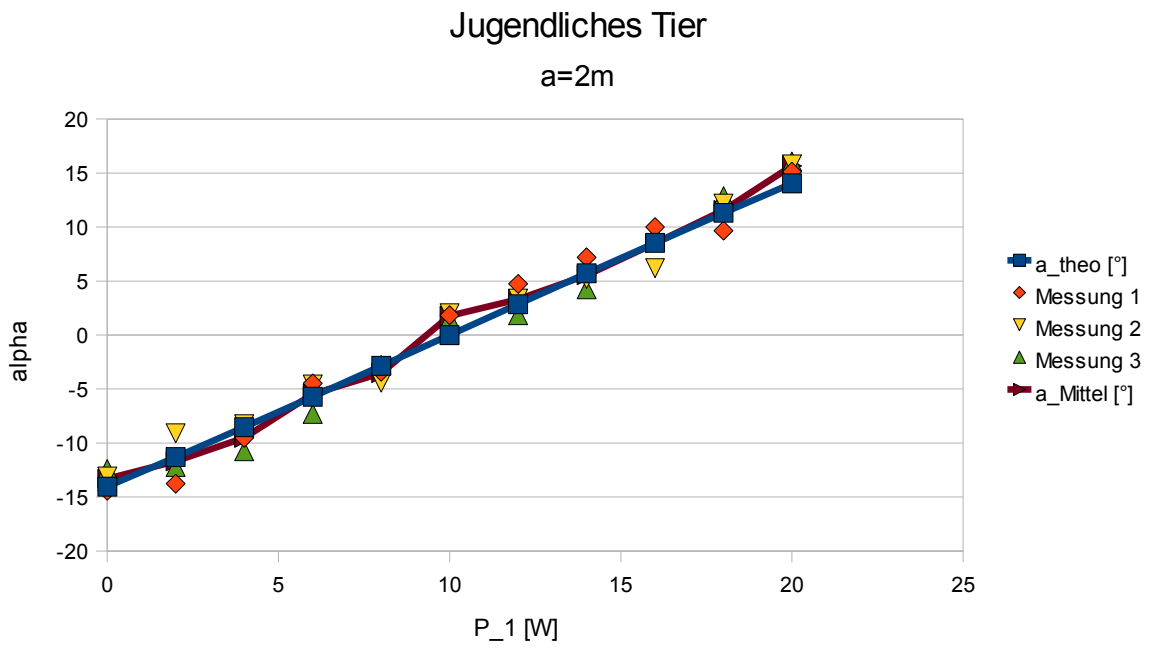




Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

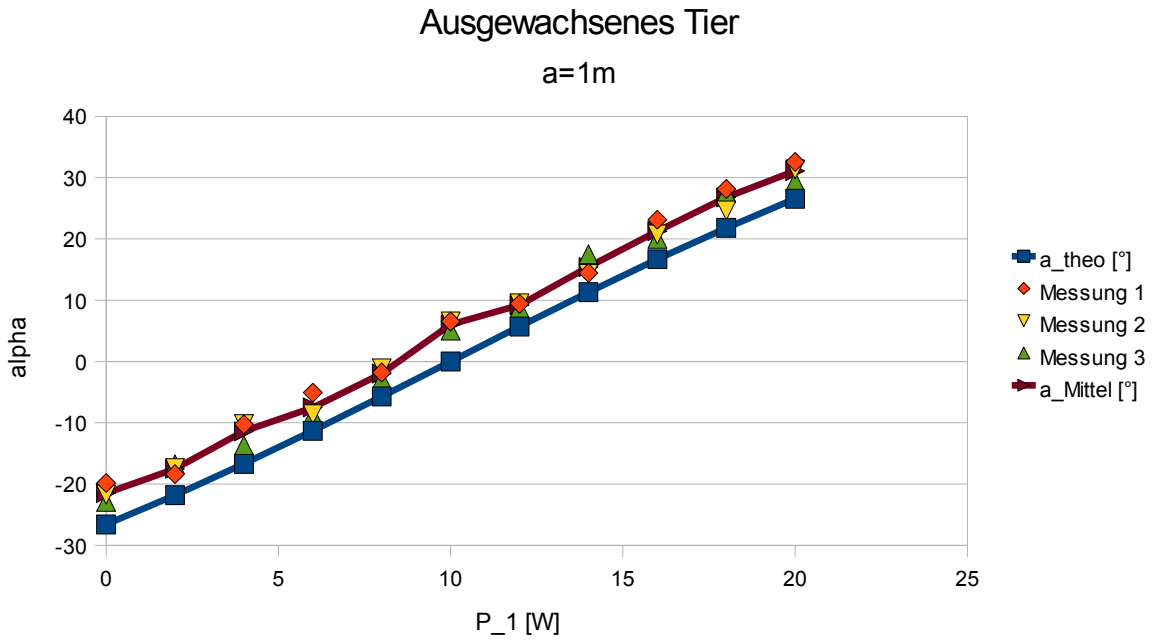
Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

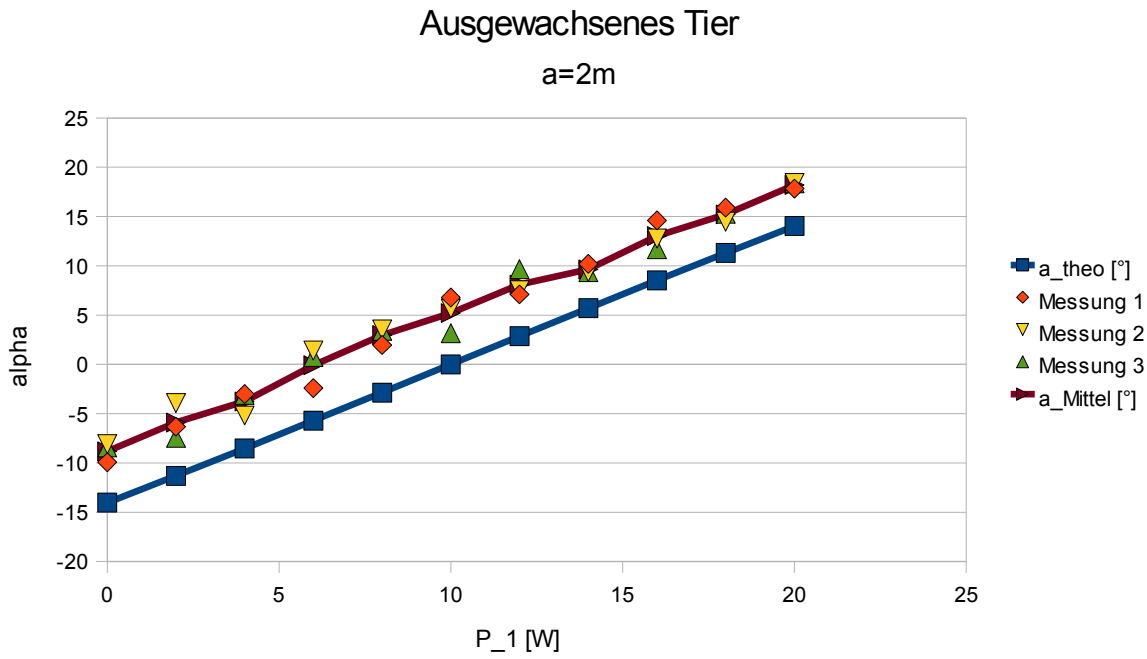




Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)





Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

Man erkennt, dass bei dem Jungtier und dem jugendlichen Tier die Messwerte sehr gut mit der Regel von Studiosus übereinstimmen. Das gilt sowohl für den kleinen Lampenabstand ($a = 1\text{m}$) als auch für den großen Lampenabstand ($a = 2\text{m}$)

Bei dem ausgewachsenen Tier erkennt man eine deutliche systematische Abweichung zu größeren Winkeln α , die erklärungsbedürftig ist.

Eine mögliche Erklärung könnte darin bestehen, dass – nach Aussagen des Tierarztes – das ausgewachsene Tier bei einem Kampf mit einem Artgenossen eine starke Augenverletzung erlitten hatte, die eine Augentrübung am rechten Auge zur Folge hatte. Dies könnte bewirken, dass dieses Tier die Lichtquelle L_2 nur mit einer reduzieren Intensität wahrnimmt, subjektiv also den Helligkeitsschwerpunkt zu größeren Werten x_s hin verschoben, was dann größeren Winkeln α entspricht.

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

6 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorgelegten Facharbeit wurden Messungen an drei Elwetritschen durchgeführt. Dabei wurde der Helligkeitsschwerpunkt durch gezielte Ansteuerung von zwei Lampen systematisch verschoben und der Winkel, unter dem die Versuchstiere an einem Geschirr zogen, gemessen.

Die Ergebnisse wurden mit der in [Studiosus u.a., 1972] aufgestellten Regel verglichen. Bei allen drei Elwetritschen ist die Abhängigkeit des Winkels vom Helligkeitsschwerpunkt gut reproduzierbar.

Bei zwei der drei betrachteten Elwetritschen stimmen die Ergebnisse gut mit der Regel von Studiosus überein.

Bei der dritten Elwetritsch wurde hingegen eine deutliche Abweichung festgestellt. Letztere lässt sich aus der Besonderheit einer Sehbehinderung dieses Tieres zumindest plausibel erklären.

Es lassen sich eine Reihe von Erweiterungen für diese Facharbeit denken. So könnte beispielsweise untersucht werden, inwiefern die erzielten Ergebnisse auch invariant gegenüber Variation der Gesamtlichtleistung sind (in der Arbeit wurden ja immer konstant 20W Gesamtleistung verwendet).

Weiterhin könnte man versuchen zu klären, inwiefern die Abweichungen bei der Elwetritsch mit der Augentrübung tatsächlich mit dieser Trübung in Verbindung stehen. So wäre hier eine Art „Brille“ denkbar, die eine vergleichbare Trübung auch bei dem anderen Auge simuliert. In diesem Fall sollte man erwarten, dass die Bewegung auch dieser Elwetritsch sich wieder durch die Regel von Studiosus beschreiben lässt.

Auf jeden Fall hat die vorgelegte Facharbeit gezeigt, dass Elwetritsche ein spannender Forschungsgegenstand sind und dass sich auch mit einfachen Mitteln und für Schüler nachvollziehbare mathematische Methoden interessante Untersuchungen an Elwetritschen durchführen lassen.

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

7 Quellen

7.1 Literatur

[Cittanova, 1980] Cittanova, A:
Die pfälzische Elwetritsch in ihrem Biotop.
Dürkheimer Druckwerkstätte, 1980.

[Neustätter & Dürkheimer, 1860] Neustätter, F; Dürkheimer, J..:
Der licht-abhängige Lauf der Elwetritsche.
Pfälzische Heimatblätter, Jg. 1860, S. 170.

[Palatinus, 1682] Palatinus, R.:
Traktatus zur Jagd auf die pälzische Elbe=Trittsch.
Annales Palatinienes, Jg. 1682

[Studiosus u.a., 1972] Studiosus, C.; Magister, M.; Baccalaureus, B.:
Mathematische Beschreibung der Elwetritsche-Bewegung.
Physikalisch-zoologische Blätter; **56**, 3; 1972.

[Studiosus, 1975] Studiosus, C.:
Allgemeine Theorie der Phototaxis bei Elwetritschen.
Dissertation am Fachbereich Biologie der Universität Kaiserslautern. 1975

7.2 Internetquellen

[wiki:Elwetritsche] http://de.wikipedia.org/wiki/Elwetritsch Stand: 4.6.2011

[wiki:Stumpf_Elwetritsch] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Gedaechtniskirche_Lesepult_Gernot_Stumpf.jpg
Stand: 4.6.2011

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.

Text von Peter Dauscher, Gymnasium am Kaiserdom (peter.dauscher@gak-speyer.de)

Erklärung

Hiermit versichere ich wahrheitsgemäß, dass ich die vorliegende Facharbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Speyer, 7.6.2010 _____

Unveränderte Weitergabe ausdrücklich erlaubt.