



Seminararbeit

Thema: A Summer Light's Dream: Tageslichtlampen

Verfasser/in: Käthe Derwanz
Leitfach: Mathe/Physik
Seminar­kürzel: 2MPH_W
Lehrkraft: Dr. T. Grillenbeck

Abgabe der schriftlichen Arbeit am:

[Datumsstempel Sekretariat]

Präsentation mit Prüfungsgespräch am:

____.____. 20 ____

Bewertung:	Note	in Worten	Punkte		Punkte
Schriftliche Arbeit:				x 3 =	
Präsentation:				x 1 =	
				Gesamtpunktzahl =	
				Gesamtpunktzahl : 2 =	
Gesamtleistung:				Gesamtpunktzahl : 4 =	

Unterschrift der Lehrkraft

1 Inhalt

1. EINFÜHRUNG	2
2. TAGESLICHTLAMPEN	3
2.1. DEFINITION UND GESCHICHTE	3
2.2. AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE	6
3. AUSWIRKUNGEN VON LICHT AUF DEN MENSCHEN	7
3.1. PHYSIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN	7
3.2. PSYCHOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN	8
4. VERWENDUNG VON TAGESLICHTLAMPEN	9
4.1. LICHTTHERAPIEN	9
4.2. TAGESLICHT IN DER SCHULE	11
5. TAGESLICHT IN DER SCHULE: EIN EXPERIMENT	11
5.1. AUFBAU UND ABLAUF DES EXPERIMENTS	12
5.2. ERGEBNISSE DES EXPERIMENTS	13
5.3. KRITISCHE AUSEINANDERSETZUNG MIT DEM EXPERIMENT	17
6. SCHLUSS.....	19
7. ANHANG.....	20
7.1. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:.....	20
7.2. LITERATURVERZEICHNIS	20

1. Einführung

Es wird oft moniert, dass Kinder immer seltener nach draußen in die Sonne gehen und damit auch nicht mehr genügend Sonnenlicht aufnehmen können. Für dieses Phänomen lassen sich zwei Hauptursachen finden.

Ein Problem ist die Freizeitgestaltung der Kinder. Viele verbringen ihre Freizeit lieber vor dem Computer, dem Fernseher oder ihrem Smartphone als an der frischen Luft.

Zum anderen haben Schüler, besonders in den Oberstufen, oft nicht mehr genug Zeit, sich z.B. durch Spaziergänge an sonnigen Tagen ausreichend Tageslicht auszusetzen. Laut einem Umfrageergebnis vom Deutschen Kinderhilfswerk und UNICEF (Tarneden R., 2012) verbringen Schüler der Oberstufe mehr als 45 Stunden pro Woche in der Schule in Klassenzimmern, die zum Teil abgedunkelt werden, damit man Folien auf dem Tageslichtprojektor oder an die Wand projiziertes Material besser sehen kann, und mit Hausaufgaben.

Mangel an Tageslicht kann allerdings zu körperlichen und psychischen Problemen führen, vor allem im Winter, wenn die Quantität an Sonnenlicht geringer ist als im Sommer.

Eine mögliche Lösung für dieses Problem ist es, Tageslichtlampen in den Klassenzimmern zu installieren, um die Schüler mit der nötigen Menge Tageslicht zu versorgen. Ein zweijähriges Experiment von Warren Hathaway und Mitarbeitern, das schon im Jahr 1992 veröffentlicht wurde, zeigte, dass sich Tageslichtlampen in Grundschulen positiv auf die Gesundheit und schulischen Leistungen der Kinder auswirken.

In einem eigenen Experiment habe ich untersucht, ob schon eine kurze Exposition gegenüber einer Tageslichtlampe in der Schule genügt, um eine bessere Konzentrationsleistung zu erreichen.

2. Tageslichtlampen

2.1. Definition und Geschichte



**Alexandre Edmond Becquerel
(1820-1891)**

Abb. 1: Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), Erfinder¹

Die Geschichte der Tageslichtlampe beginnt in der Mitte des 19. Jahrhunderts, als Edmond Becquerel (1820-1891) die Fluoreszenz². und Phosphoreszenz³ verschiedener Mineralien erforschte. Dabei fand er heraus, dass die UV-Strahlung viele phosphoreszierende Mineralien anregt. Später bewies er aufgrund seiner Erkenntnis, dass elektronische Entladungen im Vakuum blau scheinen, dass diese Entladungen UV-Strahlung erzeugen, die die Mineralien zur Fluoreszenz und Phosphoreszenz anregen.

¹ https://www.google.de/search?q=Edmond+Becquerel&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=oahUKEwiNwJmQz7PeAhVGFSwKHQLn-DoEQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=N5BbmxlpICNUQM

² „ein eigentümliches Selbstleuchten gewisser (meist fester und flüssiger) Körper, das durch Lichtstrahlen hervorgerufen wird und nur so lange dauert wie die Bestrahlung“; Meyers Großes Konversations-Lexikon

³ „die Eigenschaft vieler Körper, bei mittlerer Temperatur schwaches Licht zu entwickeln“; Meyers Großes Konversations-Lexikon



Abb. 2: Edmund Germer (1901-1987), „Vater“ der fluoreszierenden Lampe⁴

Dies war die Grundlage für den Bau von fluoreszierenden Lampen, die zunächst von Edmund Germer (1901-1987) und dessen deutschen Mitarbeitern in den 1920er Jahren produziert wurden. Dabei wurde das Innere einer Glühbirne mit von UV-Strahlung erregbaren fluoreszierenden Mineralien beschichtet. Die ersten gut funktionierenden fluoreszierenden Lampen wurden 1934 durch die General Electric Company (GEC) in England hergestellt. Aufgrund deren Konzepts gab es ein Entwicklungsprojekt der US-amerikanischen General Electric (GE) in Cleveland, aus dem 1938 die ersten fluoreszierenden Lampen mit Phosphor entstanden, die warmes weißes Licht und kaltes „Tageslicht“ ausstrahlen konnten.

Tageslichtlampen sind eine spezielle Art von fluoreszierenden Lampen, deren Spektrum und Farbtemperatur dem natürlichen Tageslicht stark ähneln. Sonnenlicht hat eine Farbtemperatur von 5.500 bis 12.000 Grad Kelvin kurz nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang, die von Tageslichtlampen reicht von 5.300 Grad Kelvin bis hin zu ca. 8.000 Grad Kelvin. Darüber hinaus haben

⁴ https://www.google.de/search?q=edmund+germer+lebensdaten&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=oahUKEwiFlcPE3LXeAhVIO-MAKHcZgBVMQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=ULjXnk_Oddf9M

Tageslichtlampen ein ähnliches Farbspektrum wie das Sonnenlicht, genauer gesagt einen ähnlichen Blauanteil.

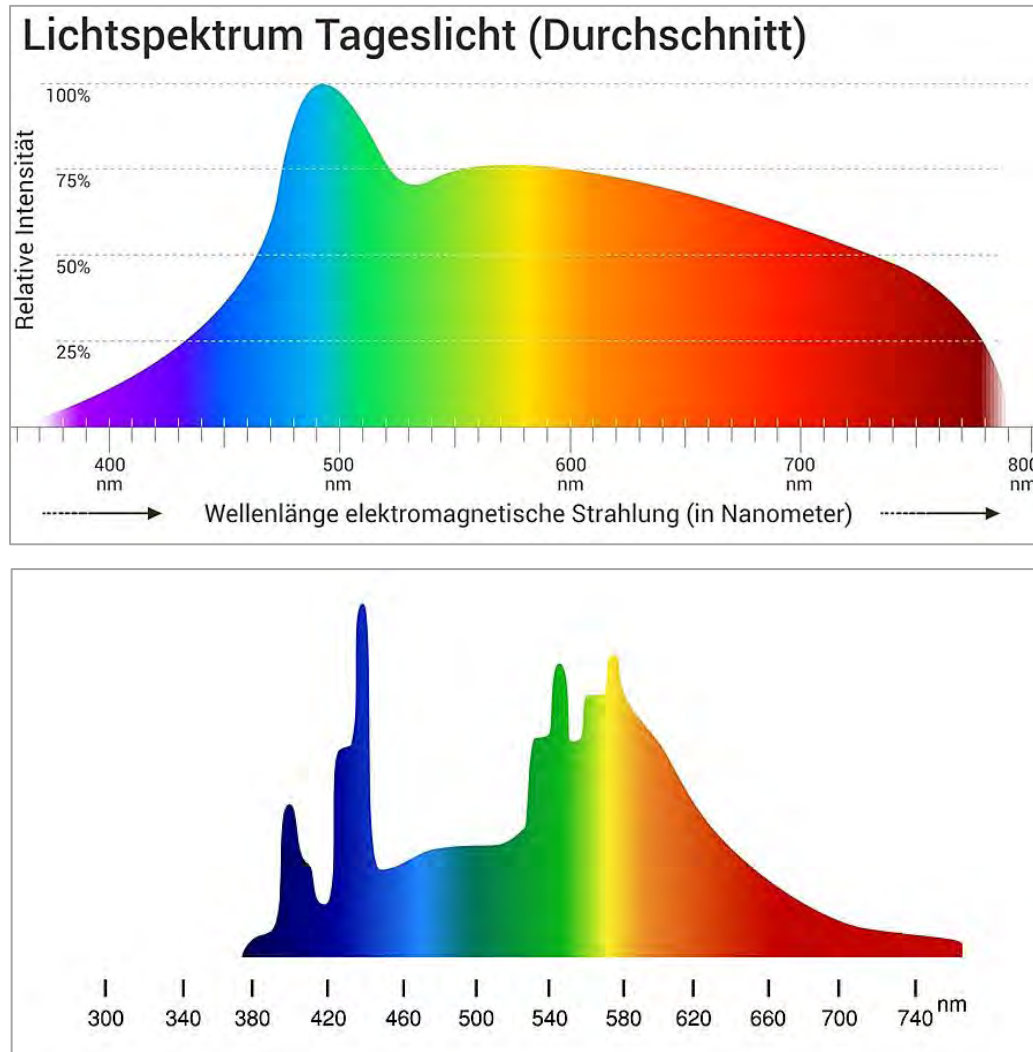


Abb. 3: Die Lichtspektren von Tageslicht (oben) und Tageslichtlampen (unten) im Vergleich⁵

⁵ https://www.google.de/search?biw=1366&bih=603&tbs=isch&sa=1&ei=mOcfW6OT-KMS3sQH15KQAw&q=sonnenlicht+spektrum&oq=sonnenlicht+spektrum&gs_l=img.3..oi7i3okjoi24k1.21919.24041.0.24445.11.11.0.0.0.231.1338.1j7j1.9.0....0...1c.1.64.img..4.7.1130...oi7i3okjoi7i1oi3okjoi8i7i3okjoi1oi24k1.o.ZyJG_Tzkxo#imgrc=Sh551tCFGgf4SM

https://www.google.de/search?biw=1366&bih=603&tbs=isz%3Al&tbs=isch&sa=1&ei=pO4fW9OsD4SUs-gGm5JToBA&q=tageslichtlampe+spektrum&oq=tageslichtlampe+spektrum&gs_l=img.3..0.55574.59035.0.59297.17.16.1.0.0.173.1805.5j10.15.0....0...1c.1.64.img..5.11.12.65...oi7i3okjoi7i5i3okjoi5i3ok1.o.V1pNsAkePrg#imgrc=7zeY-LLQ1PTw6M

Die meisten künstlichen Lichtquellen sind darauf ausgerichtet, möglichst warmes Licht zu produzieren, weshalb der Anteil an blauem Licht meist geringer ist als bei Tageslicht. Allerdings ist gerade der blaue Lichtanteil wichtig für den menschlichen Körper, da die Hemmung von Melatonin am besten mit Licht im Wellenlängenbereich von 460 nm, also dem Blauanteil des Lichts, erreicht wird, worauf ich später noch genauer eingehen werde. Da Tageslichtlampen alle „Farben“ des Spektrums aufweisen, nennt man diese auch Vollspektrumlampen.

2.2. Aufbau und Funktionsweise

Auch heute noch funktionieren fluoreszierende Lampen nach dem Prinzip, welches Edmond Becquerel erforscht hat.

„Das Innere der Röhre ist meist mit Quecksilberdampf und Argon unter geringem Druck gefüllt, und durch Stromfluss zwischen zwei Elektroden an den Enden wird der Quecksilberdampf zur Emission von ultraviolettem Licht (UV-Strahlung) angeregt. Dieses trifft auf eine weiße Schicht aus einem Leuchtstoff an der Innenseite der Glasröhre und regt damit den Leuchtstoff zur Abstrahlung von weißem Licht (durch Fluoreszenz) an.“ (RP-Energie-Lexikon; 27.05.2010)

Um die Lampe anschalten zu können, braucht es ein sogenanntes Vorschaltgerät, in dieser Abbildung besteht dieses aus einer Drossel und dem Starter.

„Zunächst fließt ein relativ geringer Strom über die Glimmlampe des Starters. Dies führt dazu, dass diese Glimmlampe und der angebaute Schalter warm werden, wonach dieser Schalter die Glimmlampe kurzschließt. Nun fließt ein wesentlich höherer Strom (mehr als im späteren Normalbetrieb), der die Glühfäden der Leuchtstoffröhre stark erwärmt. (...) Sobald der Starter wieder etwas abgekühlt ist, öffnet der darin befindliche Schalter wieder und unterbricht plötzlich den fließenden Strom. Die Drosselspule erzeugt dadurch eine hohe Rückschlagspannung, welche die Leuchtstoffröhre zündet. Fortan fließt der Strom durch diese.“ (RP-Energie-Lexikon, 27.05.2010)

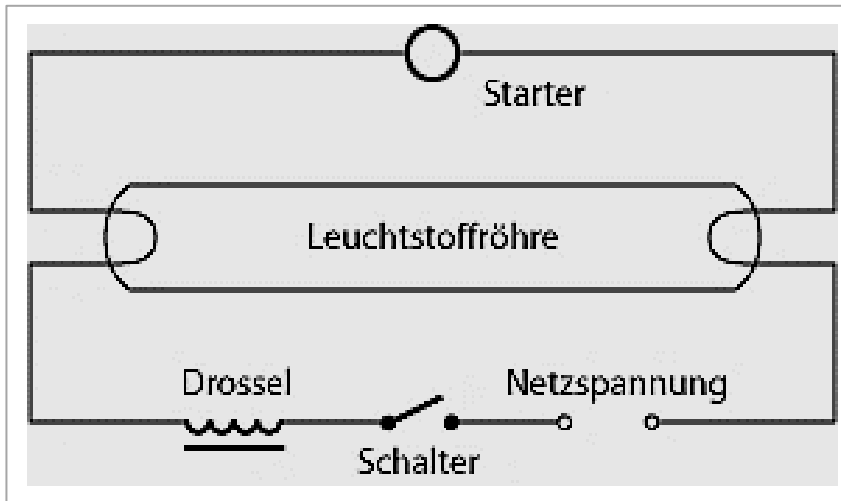


Abb. 4.: Schaltplan der üblichen konventionellen Schaltung für den Betrieb einer Leuchtstoffröhre; RP-Energie-Lexikon 27.05.2010⁶

3. Auswirkungen von Licht auf den Menschen

Der Mensch braucht Licht nicht nur, um zu sehen. Auch die Vorgänge im menschlichen Körper und z.T. die Psyche werden vom Tageslicht, bzw. auch dessen Fehlen beeinflusst. Um zu verstehen, wie und warum Tageslichtlampen funktionieren, muss man zunächst wissen, wie Tageslicht auf den Körper wirkt und was passiert, wenn man von diesem nicht ausreichend erhält.

3.1. Physiologische Auswirkungen

Alle Vorgänge im menschlichen Körper werden im Gehirn durch den suprachiasmatischen Nucleus (SCN), der „inneren Uhr“ des Hypothalamus, getaktet. Dieser braucht das Tageslicht, um sich jeden Tag wieder auf 24 Stunden einzustellen. Dabei wird das Licht von Fotorezeptoren auf der Retina in ein elektrisches Signal umgewandelt, welches allerdings in den SCN geleitet wird, statt in die Sehrinde unseres Gehirns.

⁶ <https://www.energie-lexikon.info/leuchtstofflampe.html>

„Light reaching the retina of the eye is converted into electrical signals that are transmitted by the optic nerve. Most of these signals end up in the visual cortex of the brain and produce our sense of vision. However, some of the nerve fibers split off from the optic nerve soon after leaving the eye and send signals to the suprachiasmatic nucleus, which is the area of the brain where the main clock for the human body resides.” (Boyce P., Light, Sight and Photobiology, 1998)

Dieser vom SCN vorgegebene circadiane Rhythmus taktet die Ausschüttung und Hemmung von Hormonen, besonders von Melatonin, Cortisol und Serotonin. Bei Dunkelheit schüttet der Körper Melatonin aus, welches bewirkt, dass Körperfunktionen verlangsamt werden und der Mensch müde wird. Das Hormon Cortisol dagegen ist ein Stresshormon, welches die Vorgänge im Körper wieder beschleunigt und besonders den Stoffwechsel anregt, wobei es bei der Spaltung von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten eine wichtige Rolle spielt. Es wird daher schon um 3 Uhr nachts ausgeschüttet. Sobald morgens ein vom Tageslicht ausgehendes Signal den SCN erreicht, wird die Produktion von Melatonin in der Epiphyse, der Zirbeldrüse, gehemmt und die Ausschüttung vom stimmungsaufhellenden Hormon Serotonin angeregt, welches länger im Körper wirkt als Cortisol. Die Hemmung wird am besten durch den Blauanteil im Tageslicht mit einer Wellenlänge von ca. 460 nm erreicht.

Auch die Konzentration von Leukozyten, den weißen Blutkörperchen, die Tätigkeiten des Nervensystems und die Regelung des Blutdrucks wird durch den circadianen Rhythmus beeinflusst.

Doch das Tageslicht ist nicht nur nützlich, um unsere vegetativen Funktionen, sondern auch unsere psychische Leistungsfähigkeit und unsere Emotionen an den äußeren Tag-Nacht-Rhythmus anzupassen.

3.2. Psychologische Auswirkungen

Melatonin hat die Aufgabe, alle Vorgänge im Körper zu verlangsamen, ihn also in einen „Stand-by-Modus“ zu versetzen. Wie gerade beschrieben, wird das Hormon gehemmt, sobald ein Signal, entstanden durch das Auftreffen von Tageslicht auf die Retina, den SCN erreicht. Serotonin wirkt dagegen als Antrieb der Vorgänge

im Körper und ist darüber hinaus stimmungsaufhellend. Das Zusammenspiel der drei Hormone Melatonin, Cortisol und Serotonin sorgt also dafür, dass wir nachts müde sind und besser schlafen können und tagsüber wach und aktiv sind. Besonders im Winter kann es zu Verschiebungen dieses Mechanismus kommen, da die Sonne später aufgeht und die Melatonin Hemmung und Serotoninausschüttung damit später geschieht. Infolgedessen kann es tagsüber zu stärkerer Müdigkeit und nachts zu Schlafstörungen kommen, da der circadiane Rhythmus aus dem Takt gerät. Melatonin wird später gehemmt und damit abends wieder später produziert. Diese Verschiebung kann zu einer sogenannten saisonal abhängigen Depression (engl.: seasonal affective disorder, SAD) führen.

4. Verwendung von Tageslichtlampen

4.1. Lichttherapien

Tageslichtlampen werden besonders bei der Behandlung von saisonal abhängigen Depressionen (SAD) verwendet. SAD wird als wiederkehrende Episoden von Depressionen, die durch den Wechsel der Jahreszeiten und den damit verbundenen Wechsel der Lichtquantität, welcher die innere Uhr aus dem Takt bringt, ausgelöst wird, definiert.

Es gibt zwei Arten von SAD: die „Fall-Winter-Onset SAD“ (auch Winterdepression genannt), die am häufigsten mit SAD in Verbindung gebracht wird, und die „Spring-Summer-Onset SAD“, die auch als Sommerdepression bezeichnet wird. Winterdepressionen setzen im Herbst oder Winter ein und bringen Symptome wie starke Müdigkeit, verstärkter Appetit, Heißhungerattacken und Gewichtszunahme mit sich, welche allerdings im darauffolgenden Frühling oder Sommer nachlassen. Dagegen treten Symptome wie Insomnie (Schlafstörungen: Durchschlafstörungen und Einschlafstörungen), verringerter Appetit und Gewichtsabnahme im Zuge einer Sommerdepression im Frühling oder Sommer auf und lassen im darauffolgenden Herbst oder Winter wieder nach. Weitere Probleme wie beispielsweise Medikamentenmissbrauch, psychische Störungen wie Angststörungen oder Essstörungen oder sogar Gedanken an den Tod oder Suizid können im Zuge der SAD

auftreten. Die Lichttherapie spielt nur bei der Behandlung der Winterdepression eine Rolle.

Es gibt zwei Möglichkeiten der Lichttherapien, die man zur Behandlung der „Fall-Winter-Onset SAD“ einsetzen kann.

Bei der sogenannten „Bright Light Therapy“ werden Tageslichtlampen mit fluoreszierenden Glühbirnen verwendet, die normalerweise eine Beleuchtungsstärke von 10.000 Lux haben. Zusätzlich müssen diese Lampen eine Lichtdispersion, also Streuung des Lichts, aufweisen und die für die Therapie irrelevanten, aber gefährlichen UV-Strahlen herausfiltern, um sowohl die Augen, als auch die Haut der Patienten zu schützen. Bei einer Beleuchtungsstärke von 10.000 Lux wird ein Abstand von ca. 40 – 80 cm zur Lampe und eine tägliche Behandlungsdauer von ca. 30 Minuten am frühen Morgen empfohlen, bei einer geringeren Stärke der Beleuchtung ist eine längere Expositionszeit notwendig, um das gleiche Ergebnis zu erhalten. Während der Behandlung kann der Patient verschiedene Aktivitäten, wie beispielsweise Lesen oder Fernsehen betreiben. Als Nebenwirkungen der „Bright Light Therapy“ können Augenbelastungen durch Blendung, Nausea (Übelkeit), innere Unruhe, Kopfschmerzen und bei zu frühen bzw. zu späten Behandlungen im Tagesverlauf auch Insomnie (Schlafstörungen) auftreten.

Eine weitere Form der Lichttherapie ist die „Dawn Simulation“, bei der die Lampe am frühen Morgen vor Erwachen des Patienten eine geringe Menge an Licht abgibt und über einen Zeitraum von ca. 30 – 90 Minuten eine Beleuchtungsstärke von 250 Lux erreicht. Dies wird zeitlich so abgestimmt, dass die Bestrahlung mit der gewöhnlichen Weckzeit übereinstimmt.

Oft werden die „Bright Light Therapy“ und die „Dawn Simulation“ kombiniert zur Therapie von „Fall-Winter-Onset SAD“ verwendet, da damit in den Wintermonaten eine Lichtumgebung geschaffen werden kann, die einem sonnigen Sommermorgen ähnelt, was die Symptome der Winterdepression vermindert.

Darüber hinaus werden Antidepressiva und Psychotherapie in Verbindung mit der Lichttherapie zur Behandlung verwendet, da bei einer besonders schweren SAD die Therapie mit Tageslichtlampen nicht genügt.

4.2. Tageslicht in der Schule

Aus einer Umfrage des Deutschen Kinderhilfswerks und UNICEF aus dem Jahr 2012 geht hervor, dass Schüler der Altersstufe 7 – 12 mehr als 37 Stunden pro Woche in der Schule und mit Hausaufgaben verbringen. Ab 13 Jahren sind es fast 44 Wochenstunden und in den 9. – 13. Klassen sind Schüler mehr als 45 Stunden pro Woche mit der Schule beschäftigt (Tarneden R., 2012). Dies hat zur Folge, dass Schülern oft nicht mehr genügend Tageslicht zur Verfügung steht, was zu einer Verschiebung des circadianen Rhythmus und damit einer Beeinträchtigung der Gesundheit führen kann, da die Vorgänge im Körper wie z.B. die Ausschüttung von Melatonin und Cortisol aus dem Gleichgewicht geraten. Folgen dieser Verschiebung sind starke Müdigkeit, eine verschobene Schlaf- und Wachphase und Antriebslosigkeit, besonders im Winter kann es sogar zu einer saisonal abhängigen Depression (SAD) kommen.

Tageslichtlampen in Klassenzimmern könnten diesen Beschwerden besonders in den Wintermonaten vorbeugen und somit etwas zur Gesundheit der Schüler beitragen. Vor allem in der Früh sorgt das Tageslicht dafür, dass die Produktion von Melatonin unterdrückt und die vom stimmungsaufhellenden Serotonin angeregt wird. Als Folge dessen sind die Schüler morgens wacher, konzentrierter und haben mehrere Leistungshochs, was sich positiv auf die Leistungen im Unterricht und bei Tests auswirken kann.

5. Tageslicht in der Schule: ein Experiment

Immer wieder wurde in Studien bewiesen, dass Tageslichtlampen einen positiven Einfluss auf die Gesundheit und Konzentration von Schülern haben. Im Jahr 1992 beispielsweise unternahmen Warren Hathaway und Mitarbeiter eine zweijährige Studie, in welcher an fünf verschiedenen Grundschulen unterschiedliche Lampen mit unterschiedlichen Lichtspektren (Natriumdampf-Hochdrucklampe, Vollspektrum- Leuchtstofflampen, Vollspektrum- Leuchtstofflampen mit UV-Ergänzung

und kühle weiße Leuchtstofflampen) installiert wurden. Sie fanden heraus, dass die Schüler, welche die Schule mit den Vollspektrum-Leuchtstofflampen mit UV-Modellage besuchten, weniger anfällig für Karies und öfter in der Schule anwesend waren, höhere Gewichtszunahmen und schnelleres Wachstum aufwiesen und in der Schule bessere Noten schrieben als die Schüler, die ihren Unterricht in Räumen hatten, die von Natriumdampf-Hochdrucklampen beleuchtet wurden.

Ziel meines Experiments war es dagegen, zu untersuchen, ob Tageslichtlampen auch über einen kürzeren Zeitraum die Konzentrationsleistung von Schülern verbessern können.

5.1. Aufbau und Ablauf des Experiments

Für dieses Experiment, welches in zwei Testrunden am 20.09.2018 und 27.09.2018 ablief, wurden zunächst acht freiwillige Schüler einer 7. Klasse des Ignaz-Guenther-Gymnasiums in zwei gleichgroße Gruppen aufgeteilt und mit Nummern versehen, unter welchen ich der Anonymität wegen deren Ergebnisse präsentieren werde. Die Versuche fanden in unterschiedlichen Klassenzimmern des Ignaz-Guenther-Gymnasiums statt, welche so gut wie möglich abgedunkelt wurden. Obwohl es unmöglich war, für beide Testrunden dieselben Räume zu benutzen, waren diese ungefähr gleich stark verdunkelt, außerdem gab es bei einigen Versuchsdurchläufen Störungen durch Geräusche und Gerüche, auf die ich bei der Präsentation der Ergebnisse genauer eingehen werde.

Um die Konzentrationsfähigkeit der Versuchspersonen festzustellen, wurde der d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test in der 7. Auflage von Prof. Dr. Rolf Brickenkamp verwendet. Die Schüler mussten innerhalb von insgesamt 4:40 Minuten in 14 Zeilen alle kleinen d's durchstreichen, welche mit genau zwei Strichen versehen waren. Für jede Zeile hatten sie 20 Sekunden Zeit, waren diese abgelaufen, wurde „Nächste Zeile!“ gerufen, woraufhin sie sofort die nächste Zeile bearbeiten mussten. Die Auswertung des d2-Tests erfolgt mithilfe zweier Auswertungsschablonen. Zunächst ermittelt man den GZ-Rohwert, indem man an einem Maßstab die Anzahl der bearbeiteten Zeichen pro Zeile abliest und miteinander addiert.

Des weiterem werden die Fehlertypen 1 (Auslassungsfehler) und 2 (Verwechslungsfehler) bestimmt und ebenfalls addiert. Die Konzentrationsleistung berechnet man, indem man von dem GZ-Rohwert die Gesamtzahl an Fehlern F subtrahiert. Um das Fehlerprozent zu ermitteln, nutzt man die Formel $F\% = (100 * F) / GZ$.

Die Schüler mit den Nummern 03-05 schrieben den d2 Test im Zuge des 1. Versuchsdurchlaufs am 20.09.18, wobei sie ca. 30 cm vor einer 9,5 x 35 x 48 cm großen Tageslichtlampe (TLL) mit 10.000 Lux und 72 Watt der Firma Klarstein saßen, während die Versuchspersonen mit den Nummern 07-10 denselben Test unter den normalen Neonröhren (NL) im Klassenzimmer schrieben. Eine Woche später, am 27.09.18, als der 2. Versuchsdurchlauf stattfand, wurden die Gruppen getauscht. Das Experiment fand jeweils von 8:35 Uhr bis 9:20 Uhr statt. Aufgrund von Zeitmangel musste die Versuchsperson mit der Nummer 06 beide Durchläufe am 27.09. unternehmen.

5.2. Ergebnisse des Experiments

In der folgenden Tabelle präsentiere ich die Konzentrationsleistungen (KL) aller Versuchspersonen bei beiden Versuchsdurchläufen.

Nummer	KL mit NL	KL mit TLL
03	502	470
04	461	429
05	325	247
06	337	239
07	432	510
08	118	338
09	400	533
10	274	359

Tabelle 1: Konzentrationsleistungen aller Versuchspersonen

Die Ergebnisse des Experiments nach Gruppen:

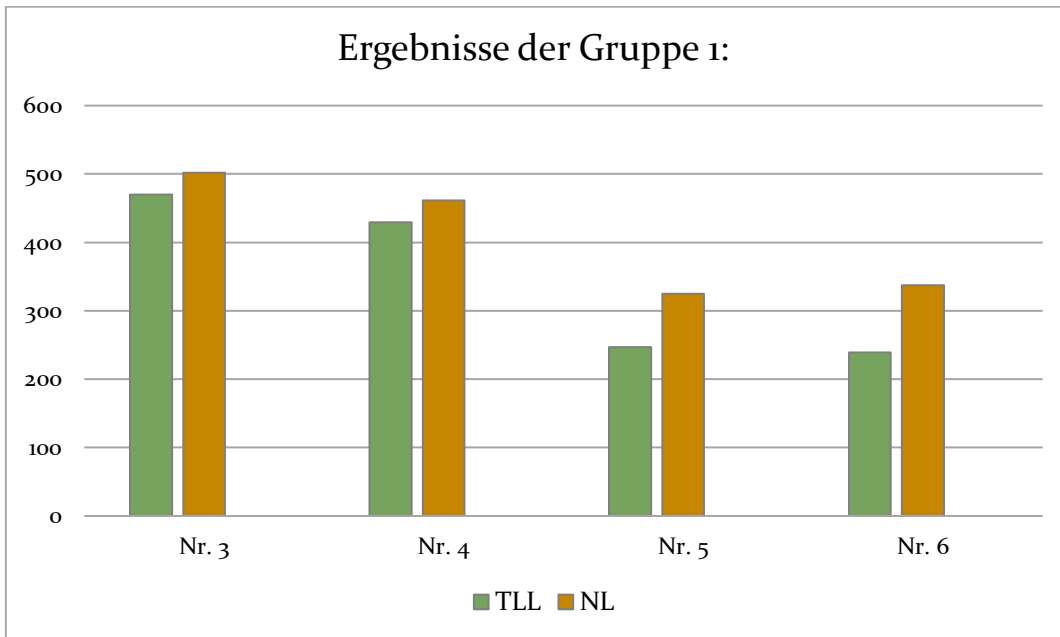


Abb. 5: Gruppe 1: Konzentrationsleistungen bei Exposition durch Tageslichtlampe (TLL) gefolgt von Normallichtlampe (NL) 1 Woche später,

Anm.: Nummer 06 musste aufgrund Zeitmangels beide Versuchsrunden am 27.09. unternehmen. Dabei wurde der Test zunächst mit einer TLL und unmittelbar danach mit einer NL durchgeführt.

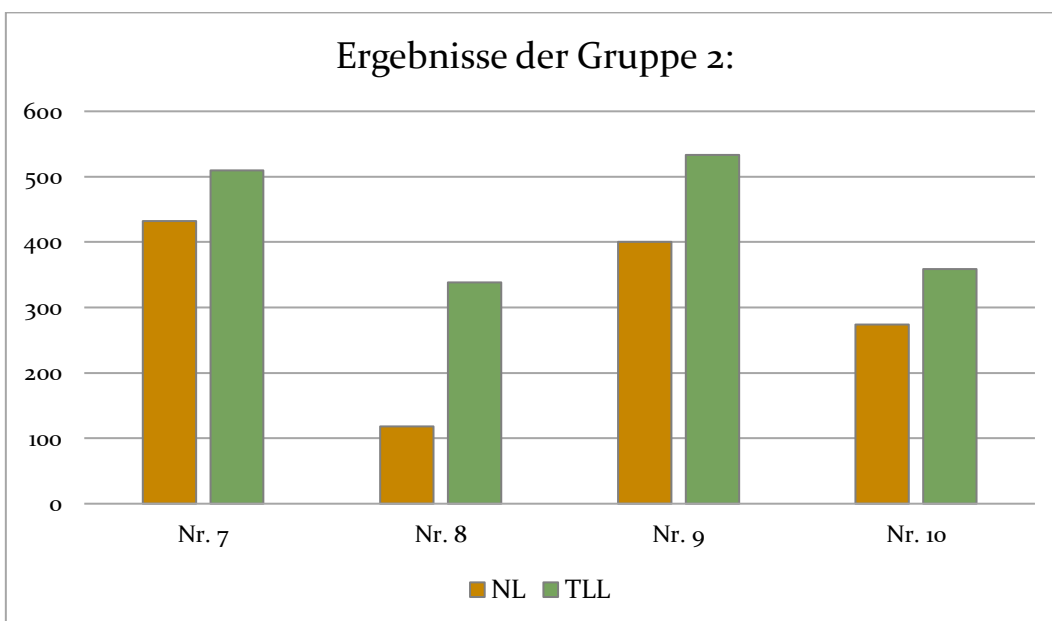


Abb. 6: Gruppe 2: Konzentrationsleistungen bei Exposition durch Normallichtlampe (NL) gefolgt von Tageslichtlampe (TLL) 1 Woche später

Die Ergebnisse des Experiments könnten durch verschiedene Störfaktoren während der Versuche beeinflusst worden sein, die in der folgenden Tabelle dargestellt werden.

1. Testrunde:

Nummer	Störfaktor
08	Störung durch Schüler, die das Zimmer betraten
09	Frage des Probanden nach der 1. Zeile des d2-Tests
10	Störung durch den Schulgong und Geräusche

2. Testrunde:

Nummer	Störfaktor
04	Leises Geigenspiel im Nebenzimmer
	Strenger Geruch durch Mülltüten, die zur Verdunklung des Zimmers dienten, Ticken der Uhr

Tabelle 2: Störfaktoren bei beiden Testrunden nach Nummer des Probanden, welcher durch diese beeinflusst worden sein könnte

Man kann bei Betrachtung der Konzentrationsleistungen deutlich sehen, dass beide Gruppen im zweiten Versuchsdurchlauf (Gruppe 1: Mit NL, Gruppe 2: Mit TLL) besser abschnitten als beim ersten Durchlauf. Dieser offensichtliche Lerneffekt beeinflusst die Ergebnisse erheblich.

Berechnet man die arithmetischen Mittelwerte \bar{X} beider Gruppen bei beiden Durchläufen des Versuchs, kommt man auf folgende Werte:

	1. Gruppe	2. Gruppe
TLL	346,25	435,00
NL	406,25	306,00

Tabelle 3: Arithmetische Mittelwerte der Konzentrationsleistungen beider Gruppen zur Darstellung der vermuteten Störgröße Lerneffekt.

(Anm.: hellgrün = 1. Versuchsdurchlauf, hellblau = 2. Versuchsdurchlauf)

Um den Prozentsatz des Anstiegs der Mittelwerte zwischen dem 1. und 2. Durchlauf zu berechnen, musste ich zunächst die Differenz D zwischen den Mittelwerten W in den Versuchsrunden der beiden Gruppen berechnen.

Gruppe 1:

$$W_{NL} - W_{TLL} = 406,25 - 346,25 = 60$$

$$\rightarrow D_1 = 60$$

Gruppe 2:

$$W_{TLL} - W_{NL} = 435,00 - 306,00 = 129$$

$$\rightarrow D_2 = 129$$

Schließlich kann man den Anstieg [m] (in %) zwischen den Durchläufen mit folgender Formel berechnen:

$$m = 100\% \times (D \div W)$$

Also:

Gruppe 1:

$$m_1 = 100\% \times (D_1 \div W_{TLL}) = 100\% \times (60 \div 346,25) \approx 17,3\%$$

Gruppe 2:

$$M_2 = 100\% \times (D_2 \div W_{NL}) = 100\% \times (129 \div 306) \approx 42,2\%$$

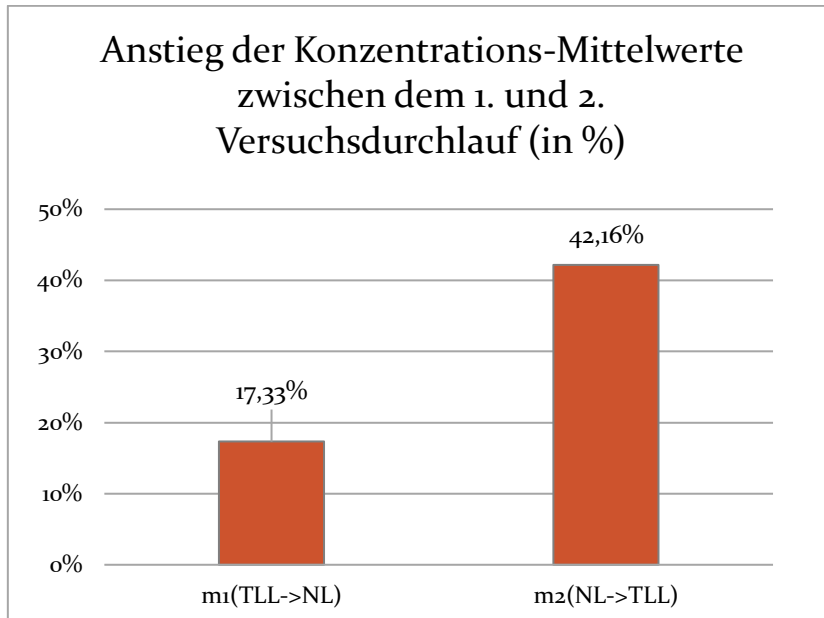


Abb. 7: Anstieg der Konzentrationsmittelwerte in beiden Gruppen zwischen dem ersten und dem zweiten Untersuchungsgang.

Man kann deutlich sehen, dass der Anstieg der Mittelwerte der 2. Gruppe, die im Zuge des 1. Versuchsdurchlaufs in einem Raum, der von einer normalen Lampe beleuchtet wurde, getestet wurde, sehr viel höher ist als bei Gruppe 1, die zunächst mit der Tageslichtlampe den d2-Test durchgeführt hatte.

Der Anstieg der Konzentrationsleistung in Gruppe 1 ($m_1(\text{TLL} \rightarrow \text{NL})$) entspricht dem vermuteten Lerneffekt (17%), der Anstieg in der Gruppe 2 ($m_2(\text{NL} \rightarrow \text{TLL})$) liegt mit 42% deutlich darüber, d.h. man kann unter Einfluss der Tageslichtlampe eine Verbesserung der KL von 25% annehmen.

5.3. Kritische Auseinandersetzung mit dem Experiment

Sieht man sich das Experiment als Ganzes noch einmal an, fallen einem mehrere Kritikpunkte ein, die während des Experiments geändert werden hätten können.

Das wohl größte Problem dieses Versuchs ist der Faktor des Lerneffekts. Jeder Proband erreichte im 2. Durchlauf unabhängig von der Beleuchtung eine bessere Konzentrationsleistung als im Vorherigen. Diesen Lerneffekt hätte man durch einen vor dem eigentlichen Experiment durchgeführten Blindtest vermindern können, da der Lerneffekt zwischen dem 2. und 3. Mal nicht so stark gewesen wäre wie zwischen dem 1. und 2. Mal.

Eine weitere Schwierigkeit ist die geringe Anzahl an Probanden, die aufgrund des relativ kleinen, von der Schule zur Verfügung gestellten Zeitfensters nur acht beträgt. Hätte ich mehr Schüler das Experiment machen lassen können, wäre das Ergebnis vermutlich eindeutiger und verlässlicher ausgefallen.

Die Zeit des Experiments stellt einen weiteren Kritikpunkt dar. An beiden Versuchsdurchläufen schrieben die Probanden die Tests zur selben Uhrzeit, nämlich von 8:35 Uhr bis 9:20 Uhr und in derselben Reihenfolge (mit Ausnahme der Versuchsperson Nr. 06). Da es zu dieser Zeit schon hell draußen ist, standen die Schüler schon unter Einfluss von Tageslicht, welches bereits dafür gesorgt hatte, dass Melatonin gehemmt sowie Serotonin und Cortisol ausgeschüttet wurden. Eindeutiger wäre das Experiment gewesen, wenn die Probanden den Test vor Sonnenaufgang geschrieben hätten, was allerdings organisatorisch und zeitlich für mich nicht möglich gewesen wäre.

Darüber hinaus stellten die Räume, in denen das Experiment stattfand, zwei große Probleme dar. Zum einen war es unmöglich, für beide Durchläufe des Versuchs dieselben Räume zu reservieren, allerdings hatten die Klassenzimmer, die ich benutzt habe, ähnliche Verdunklungsmechanismen oder konnten durch das Abkleben der Fenster mit Mülltüten ähnlich stark verdunkelt werden. Außerdem wurden, wie oben beschrieben, die Experimente durch gewisse Störfaktoren, besonders Geräusche, beeinflusst. Auch dies stellt ein Problem dar, welches aber bei einem Experiment in der Schule nicht immer verhindert werden kann.

6. Schluss

Wäre es also sinnvoll, Tageslichtlampen auch in Schulen zu installieren? Einerseits bringen sie viele Vorteile mit sich, z.B. den positiven Effekt auf die Konzentrationsfähigkeit und schulischen Leistungen von Schülern, sowie eine großflächiger verteilte Lichtabgabe, die eine gleichmäßige Beleuchtung der Klassenzimmer möglich macht, sowie die hohe Lebensdauer von fluoreszierenden Lampen. Andererseits sind diese auch teurer als normale Lampen, da sie größer und komplizierter aufgebaut sind, zudem weisen sie oft eine Verzögerung beim Start der Lampe auf und können die Farbwahrnehmung verändern. Darüber hinaus enthalten sowohl die Lampe an sich als auch die Vorschaltgeräte giftige oder wertvolle Materialien wie z.B. Quecksilber und müssen daher nach Ende ihrer Lebensdauer intakt gesammelt und ordnungsgemäß entsorgt werden. Eine Alternative dazu wären sehr teure, aber dafür langlebigere Tageslicht LED-Lampen.

Man kann also sagen, dass Tageslichtlampen viele Vorteile für den Menschen, besonders für Schüler, hat und es sich lohnen würde, diese auch im täglichen Leben in Schulen oder auch an Arbeitsplätzen einzusetzen, um die Gesundheit und (Konzentrations-) Leistung der Menschen zu fördern.

7. Anhang

7.1. Abkürzungsverzeichnis:

SCN	suprachiasmatischer Nucleus
SAD	seasonal affective disorder; saisonal abhängige Depression
TLL	Tageslichtlampe
NL	normale Lampe
KL	Konzentrationsleistung
\bar{X}	Mittelwert
D_n	Differenz
W_n	Wert
o.O.	ohne Ort
o.J.	ohne Jahr

7.2. Literaturverzeichnis

Avery, David; Roy-Byrne, Peter P./Solomon, David (Hrsg.) (2017): Seasonal affective disorder: Treatment. UpToDate (o.O.)

<https://www.uptodate.com/contents/seasonal-affective-disorder-treatment>

Bellis, Mary (2017): The History of Fluorescent Lights. ThoughtCo., 15.04.2017 (o.O.)

<https://www.thoughtco.com/history-of-fluorescent-lights-4072017>

Boyce, Peter (1998): Light, Sight, and Photobiology. Lighting Future Vol.2, No.3. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, New York

<https://www.lrc.rpi.edu/programs/Futures/LF-Photobiology/index.asp>

DiLaura, David (2008): A Brief History of Lighting. In: Optics & Photonics – OSA (Optical Society), Vol. 19, No. 9, 01.09.2008 (o.O.)

https://www.osa-opn.org/home/articles/volume_19/issue_9/features/a_brief_history_of_lighting/

Edwards, L./Torcellini, P. (2002): A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado

<https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf>

Hathaway, Warren E./ Hargreaves, John A. u.a. (1992): A Study Into the Effects of Light on Children of Elementary School Age – A Case of Daylight Robbery. Alberta Dept. of Education, Edmont.

<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED343686.pdf>

LED-Planer (o.J.): Kelvin & Farbtemperatur bei LED Lampen – Was bedeutet das?. LED-Planer, Gunzenhausen

<https://www.ledplaner.de/kelvin-farbtemperatur-bei-led-lampen/>

licht.de (Hrsg.) (März 2014): Wirkung des Lichts auf den Menschen. In: licht.wissen 19 (o.O.)

https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1403_lw19_Wirkung_auf_Mensch_web.pdf

Mayo Clinic (Hrsg.) (2017): Seasonal affective disorder (SAD). Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER), 25.10.2017 (o.O.)

<https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/seasonal-affective-disorder/symptoms-causes/syc-20364651>

Meyers Großes Konversations-Lexikon (o.J.): Fluoreszenz (Bd. 6, Sp. 727-728), Phosphoreszenz (Bd. 6, Sp. 815-818). Trier Center for Digital Humanities, Trier

http://woerterbuchnetz.de/cgi-bin/WBNetz/wbgui_py?sigle=Meyers&mode=Vernetzung&lemid=IF03762#XIF03762

http://woerterbuchnetz.de/cgi-bin/WBNetz/wbgui_py?sigle=Meyers&mode=Vernetzung&lemid=IP04729#XIP04729

Paschotta Rüdiger (Dr.) (2010/2018): Leuchtstofflampe. RP-Energie-Lexikon, 27.05.2010/21.10.2018 (o.O.)

<https://www.energie-lexikon.info/leuchtstofflampe.html>

Russ, Detlef/ Kessler, Martin (2016): Kosmetik, Wellness, Gesundheit – optische Strahlenquellen außerhalb der Medizin; Systematische Erfassung und Charakterisierung von Strahlenquellen und ihren Anwendungen im gewerblichen sowie im Heimbereich. Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Meßtechnik an der Universität Ulm, Ulm

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3614_s_80007_optische_strahlenquellen_bf.pdf

Tarneden, Rudi (2012): Pressemitteilung: Schule ist Vollzeitjob für Kinder – Deutsches Kinderhilfswerk und UNICEF veröffentlichen Umfrageergebnis. UNICEF-Presse, 19.09.2012, Berlin.

<https://www.unicef.de/informieren/aktuelles/presse/2012/schule-ist-vollzeitjob-fuer-kinder/14834>

Danksagung:

Bedanken möchte ich mich bei Elisabeth Unger und Thekla Zweckstätter für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Ausführung meines Experiments, sowie bei den acht Schülern der 7. Klasse, die sich als Probanden für dieses zur Verfügung gestellt haben.