

2024

Lichtverschmutzung – eine unterschätzte Gefahr für Pflanzen und Tiere!



ein Projekt von

REBECCA LINKE, MIRELA HINCU und HAJRA SCHARIFI

Karl-Theodor-von-Dalberg-Gymnasium Aschaffenburg
(10. Klasse)

Kurzfassung

Seit eineinhalb Jahren beschäftigen wir uns mit dem Thema Lichtverschmutzung. Zuerst untersuchten wir diese in unserer Heimatregion. Durch den Kontakt zu Sabine Frank, der Nachtschutzbeauftragten des Landkreises Fulda, lernten wir, dass künstliches Licht das Leben von Tieren, Pflanzen, aber auch Menschen negativ beeinflussen kann.

Deshalb haben wir in unserer Projektfortführung nun verstärkt Untersuchungen zum Einfluss von künstlichem Licht auf Pflanzen durchgeführt. Es zeigte sich, dass diese deutlich auf künstliches Licht reagieren. Sie wachsen stärker und bilden größere Blätter aus. Ihre Ruhephasen werden verkürzt oder fallen ganz weg. Dabei scheint rötliches Licht noch einen etwas stärkeren Einfluss zu haben.

Auch das Verhalten von Tieren wird durch Licht beeinflusst. Insekten sammeln sich zum Beispiel an Lampen oder beleuchteten Reklametafeln. Licht mit einem höheren Blauanteil wirkt für sie anziehender. Tiere im Wasser, wie die von uns gezüchteten und dann beobachteten Salzkrebse oder Triopse, schwimmen auf das Licht zu. Wir konnten also einen negativen Einfluss von künstlicher Beleuchtung auf Pflanzen und Tiere nachweisen.



Aufbauend zu unseren Messungen der Himmelsqualität des vergangenen Jahres haben wir in unserer Projektfortführung an weiteren Punkten im Raum Aschaffenburg sowie in anderen Städten bzw. Orten gemessen. Den besten Wert erhielten wir mit 21,27 mag/(arcsec)² auf einem Waldweg in der Nähe von Niedernberg bzw. mit 21,11 mag/(arcsec)² in der Nähe von Oberelsbach in der Rhön.

Bei der Untersuchung unseres Schulhofes mussten wir feststellen, dass fast alle Lampen eine Lichtfarbe von 4000 K, d.h. einen hohen Blauanteil, sowie eine Beleuchtungsstärke von überwiegend 90 bis 110 lx haben. Bisher haben wir bei einer Lampe mit Hilfe einer Folie testweise die Lichtfarbe auf 2700 K reduziert.

Da das Thema Lichtverschmutzung in der Bevölkerung wenig bekannt ist, betrieben wir neben unseren Untersuchungen auch Öffentlichkeitsarbeit. Wir organisierten zum Beispiel gemeinsam mit dem BUND Naturschutz Aschaffenburg einen Vortrag zu diesem Thema und arbeiteten mit dem Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz der Stadt Aschaffenburg zusammen. Außerdem haben wir eine Geocaching-Runde (Multicache) veröffentlicht.

Ziel unseres Projektes ist es, den negativen Einfluss von Lichtverschmutzung aufzuzeigen und Verbesserungen anzustoßen.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
Theoretische Grundlagen.....	4
Beschreibung der Projektdurchführung.....	6
Messung der Lichtverschmutzung.....	6
Einfluss von Licht auf das Wachstum von Pflanzen.....	8
Einfluss von Licht auf Tiere.....	9
Durchgeführte Maßnahmen.....	9
Ergebnisse.....	10
Bestimmung der Himmelsqualität.....	10
Beobachtung von Pflanzenwachstum.....	17
Beobachtung von Tieren.....	23
Ergebnisse der Öffentlichkeitsarbeit.....	24
Ergebnisdiskussion und Ausblick.....	30
Zusammenfassung.....	33
Quellen- und Literaturverzeichnis.....	34
Danksagung.....	35
Anhang.....	35

Einleitung

Begonnen haben wir mit unserem Projekt im September 2022, als wir den Artikel „Losgeforscht!“ entdeckt haben. In diesem fanden wir Informationen zum Forschungsprojekt „Verlust der Nacht“. Das war der Ursprung unserer Inspiration. Letztes Jahr nahmen wir mit unseren Untersuchungen zur Lichtverschmutzung im Raum Aschaffenburg bereits am BundesUmweltWettbewerb teil.

Seit unserer Führung im Januar 2023 zum Thema „Schutz der Nacht“ im Sternenpark Rhön mit Sabine Frank stehen wir in regelmäßigem Kontakt mit ihr. Sie erläuterte uns damals, welchen negativen Einfluss künstliches Licht auf Tiere, Pflanzen und uns Menschen haben kann. Da wir dieses Thema sehr wichtig finden, setzten wir den Schwerpunkt unserer Arbeit nun ebenfalls auf die biologischen Auswirkungen von Lichtverschmutzung.

Unsere Forschungsfrage war, welche konkreten Auswirkungen Lichtverschmutzung auf Pflanzen und Tiere hat. Dabei wollten wir auch die Rolle der Lichtfarbe (siehe Tabelle *Messung der Lichtverschmutzung*) untersuchen. Zu Beginn war unsere Hypothese, dass Lichtverschmutzung das Leben von Tieren und das Wachstumsverhalten von Pflanzen auch negativ beeinflusst.

Neben weiteren Messungen zur Himmelsqualität fanden wir es aber auch wichtig, Verbesserungen anzustoßen und dieses Thema mehr an die Öffentlichkeit zu bringen. Unser Ziel können wir so zusammenfassen:

Wir möchten den negativen Einfluss von Lichtverschmutzung auf Pflanzen und Tiere aufzeigen, die Öffentlichkeit darauf aufmerksam machen und Verbesserungen anstoßen.

Theoretische Grundlagen

Der Nobelpreis für Medizin 2017 wurde an drei US-Wissenschaftler vergeben, die die Funktionsweise der Inneren Uhr von Lebewesen erforschten. Sie wiesen bei Fruchtfliegen nach, dass es ein Gen gibt, welches den biologischen Tag-Nacht-Rhythmus steuert. [16]

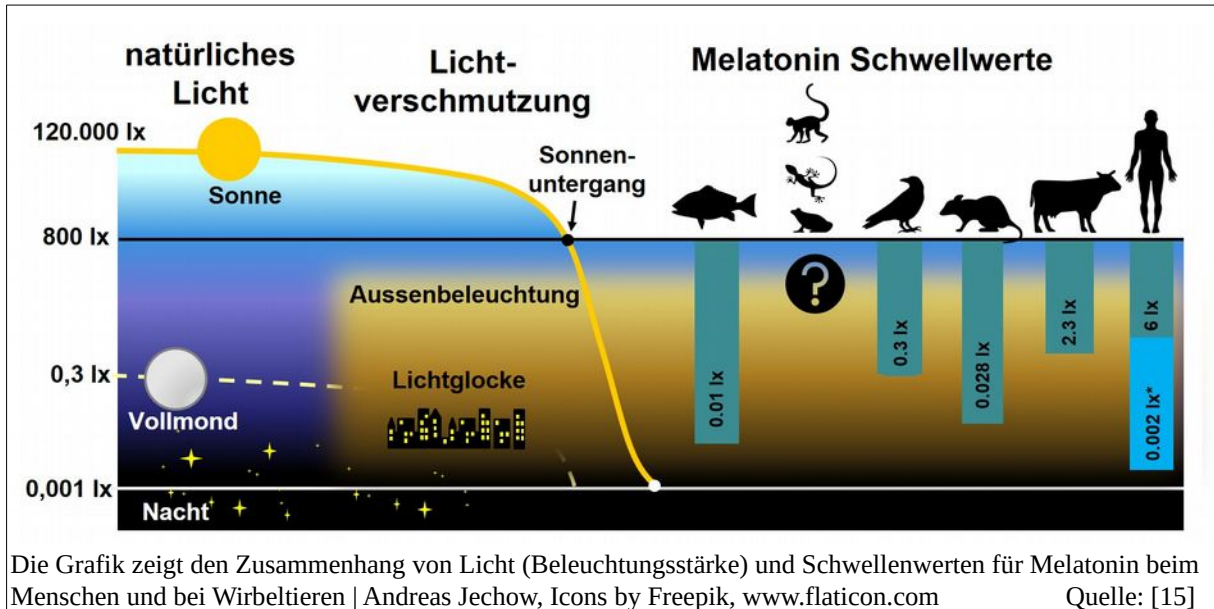
Immerhin sind auf der Erde ca. 30% aller Wirbeltiere nachtaktiv, bei den Wirbellosen liegt der Anteil sogar bei ca. 60%. [17]

Der Mensch greift durch künstliche Beleuchtung in diesen natürlichen Rhythmus ein und beeinflusst damit das Leben von Tieren, aber auch von Pflanzen. Darauf ging Sabine Frank in ihrem Vortrag zum Thema Lichtverschmutzung an unserer Schule ebenfalls ein [18]:

- **Insekten:** Staubsaugereffekt, Verharrungseffekt, Verbrennen, Reduktion Pheromonproduktion, Beeinträchtigung der Entwicklungsstadien
- **Fledermäuse:** Anziehung (Prädation, Unfälle); Meidung, Orientierungsverlust bei den vielen lichtempfindlichen Arten; Lichtempfindlichkeit an Quartier und Trinkstellen
- **Vögel:** Änderung des Aktivitätszyklus, Anlockung, Verharren/Kreisen, Vergrämung, Ablenkung und Desorientierung, Blendung/Kollisionen, unnatürliche Partnerwahl
- **Amphibien und Reptilien:** Blendung, Unterbindung der Paarung, bei Reptilien Steuerung elementarer Vorgänge durch lichtempfindliches Gehirnorgan
- **andere Säugetiere:** Meidung, verkleinerte Fortpflanzungsorgane, Änderung der Geburtenzeitpunkte
- **Pflanzen:** später Laubabwurf bei Bäumen, frühe Knospenbildung, oxydativer Stress, Vergrößerung der Blattoberflächen, länger geöffnete Poren

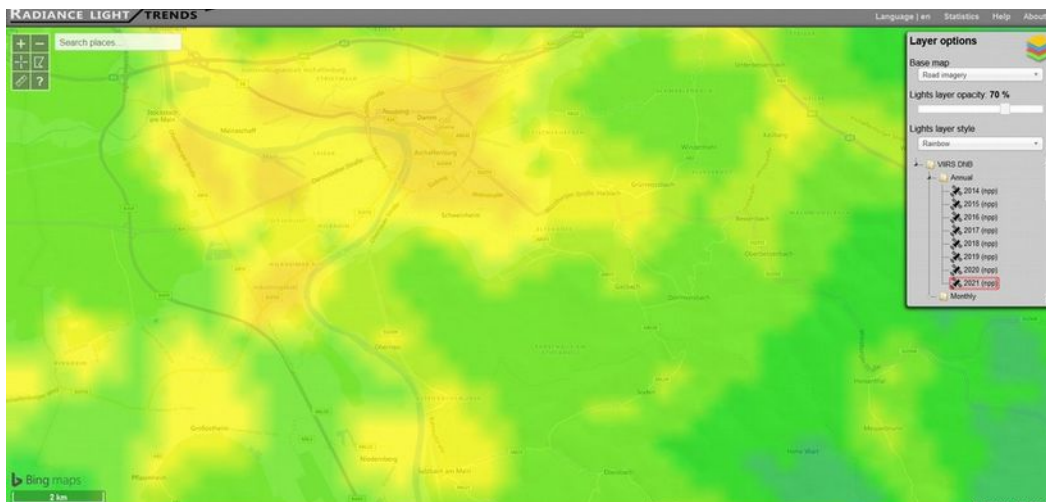
In dem Buch [4], in welchem auch auf die Arbeit von Sabine Frank hingewiesen wird, werden ebenfalls verschiedene Auswirkungen beschrieben, zum Beispiel auch auf das Hormon Melatonin, welches den Tag-Nacht-Rhythmus beim Menschen und bei Wirbeltieren steuert.

Die Bildung dieses Hormons ist von der Beleuchtungsstärke des Lichtes abhängig. Bei Dunkelheit wird viel Melatonin gebildet. Ist es zu hell, wird die Bildung unterdrückt:



Auf die Definition der Lichtverschmutzung sowie den Tyndall-Effekt möchten wir an dieser Stelle nicht mehr eingehen. Dies hatten wir in [1] schon ausführlich getan.

Die Qualität des Nachthimmels kann in einer „SKY QUALITY MAP“ [5] veranschaulicht werden. Folgende Karte findet man im Internet für die Region Aschaffenburg:



Quelle: <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/#zoom=11&lon=9.17924&lat=49.94929>

Dabei ist es umso dunkler, je mehr Blauanteil die Farbe auf der obigen Karte hat und umso heller, je mehr Rotanteil vorhanden ist.

Beschreibung der Projektdurchführung

Messung der Lichtverschmutzung

Nach [11] lässt sich anhand folgender Größen die Lichtverschmutzung beurteilen:

Messgröße	Lichtfarbe	Beleuchtungsstärke	Helligkeit des Himmels
Bedeutung	Je nachdem, wie hoch der Blauanteil im Spektrum des abgestrahlten Lichtes einer Lichtquelle enthalten ist, nehmen wir unterschiedliche Weißtöne wahr.	Die Beleuchtungsstärke gibt das Verhältnis des auffallenden Lichtstromes (in Lumen) zu einer beleuchteten Fläche an.	Es handelt sich um eine Flächenhelligkeit oder auch Leuchtdichte, welche in der Astronomie benutzt wird. Sie wird auch als „empfundene Helligkeit einer Fläche“ bezeichnet.
Einheit	1 Kelvin (K)	1 Lux (lx)	1 Magnituden pro Quadratbogensekunden (mag/(arsec) ²)
Messgerät	Opple Lightmaster G3	Opple Lightmaster G3	Sky-Quality-Meter Lens SQM-L
Besondere Werte	1700 K – 2700 K Lichtfarbe „amber“ (keine bis geringe Blauanteile)	Vollmond: max. 0,3 lx	dunkelste Flächenhelligkeit: 22,0 mag/(arsec) ²
	2700 K – 3300 K Lichtfarbe „warmweiß“ (geringe Blauanteile)	Straßenlaterne: bis 50 lx	Vororthimmel: 19,5 – 20,3 mag/(arsec) ²
	3300 K – 5300 K Lichtfarbe „neutralweiß“ (deutliche Blauanteile)	Innenräume: 100 lx – 500 lx	Dämmerung: < 13 bis > 19,5 mag/(arsec) ²
	5300 K – 6500 K Lichtfarbe „kaltweiß“ (sehr hohe Blauanteile)		Je höher der Wert, desto dunkler ist der Himmel!

Während sich die Lichtfarbe und die Beleuchtungsstärke auf die Lampen beziehen, kann die Qualität des Nachthimmels mit der Helligkeit beurteilt werden. Die Ergebnisse sind aber nicht nur von der Umgebungsbeleuchtung abhängig, sondern auch vom Wetter. Ideal ist eine Messung in einer klaren Neumondnacht. Außerdem sollte man an einer Stelle je einen Messwert in jeder Himmelsrichtung aufnehmen und anschließend den Durchschnitt berechnen.

In folgenden Gebieten haben wir gemessen:

- Messgebiet 1: Innenstadt Aschaffenburg (Gebiet zwischen City-Galerie und Schule)
- Messgebiet 2: Aschaffenburg-Damm (Gebiet in der Nähe des Bahnhofs)
- Messgebiet 3: Niedernberg (Nähe Main)
- Messgebiet 4: Sternenpark Rhön (Gebiet um Maulkuppe)
- Messgebiet 5: (Schulhof Dalberg-Gymnasium)
- Messgebiet 6: (Aschaffenburg zwischen Volksfestplatz und Ruderclub)
- Messgebiet 7: (einzelne Messungen in anderen Städten)

Die Messgebiete 5 bis 7 sind seit dem letzten Jahr neu hinzugekommen.

Die Ergebnisse haben wir in verschiedenen Karten zusammengefasst. Da die aus dem vergangenen Jahr nicht den wissenschaftlichen Anforderungen entsprachen, haben wir sie nun entsprechend angepasst. Unterstützung erhielten wir dabei vom Umweltamt der Stadt Aschaffenburg. Bei unserem zweiten Besuch dort lernten wir, was man bei der Erstellung von Karten, die etwas veranschaulichen sollen, beachten muss.

Bei den Messungen markierten wir auf der jeweiligen Karte die genauen Stellen der Messung, schrieben Datum, Wetter, Mondphase und die entsprechenden Werte auf. In den **Messgebieten 1 bis 3** haben wir mehrmals an verschiedenen Tagen und bei unterschiedlichem Wetter gemessen. Im **Messgebiet 4** gelang es uns, am 10. Januar bei klarem Himmel und einen Tag vor Neumond unsere Messung vom vergangenen Jahr zu wiederholen.

Auf unserem Schulhof (**Messgebiet 5**) haben wir zunächst die Lichtfarbe und die Beleuchtungsstärke aller Lampen gemessen, anschließend noch die Helligkeit des Himmels an fünf verschiedenen Punkten (siehe Karte nächste Seite).

Um mehr Menschen auf die Problematik der Lichtverschmutzung aufmerksam zu machen, erstellten wir in Aschaffenburg eine Geocaching-Runde (Multicache), in deren Verlauf man sehr unterschiedliche Beleuchtung findet (**Messgebiet 6**). Bei der etwa 4 km langen Strecke untersuchten wir ebenfalls die Lampen und deren Besonderheiten sowie die Himmelshelligkeit.

Auf diesem Weg befinden sich zum Beispiel die neue – unserer Meinung nach zu viel beleuchtete – Fußgängerbrücke über den Stadtring sowie das Vorzeigeprojekt der Stadt Aschaffenburg, ein Radweg am Main mit gedimmten Lampen und Bewegungsmelder.



Weißer Nummerierung: Standort Lampen; orange Nummerierung: Messpunkte Himmelschelligkeit

In **Messgebiet 7** sind die weiteren Messungen in Erlangen, Berlin und Oberelsbach (Rhön) zusammengefasst.

Einfluss von Licht auf das Wachstum von Pflanzen

Beobachtung des Ablaubens von Bäumen

Ab September haben wir Bäume gesucht, die von Lampen beleuchtet werden und beobachtet, ob es Besonderheiten beim Ablauben gibt. Dies dokumentierten wir dann durch Fotos.

Beobachtung von selbst beleuchteten Pflanzen in Innenräumen

Folgende Pflanzen haben wir gesät und mit verschiedenen Lichtfarben beleuchtet. Zuerst verwendeten wir dazu Pflanzenlampen, bei denen man die Lichtfarbe von 3000 K bis 4000 K einstellen konnte. Später nutzten wir LEDs, deren Lichtfarbe von 1800 K bis 5600 K reichte. Zum Vergleich ließen wir jeweils eine Probe im natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus wachsen:

- Kresse (3 Versuchsreihen)
- Petersilie
- Mimosen (aus KOSMOS-Experimentierkasten)

Genauso beleuchtet, aber vorher gekauft, haben wir

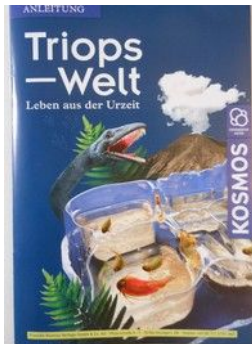
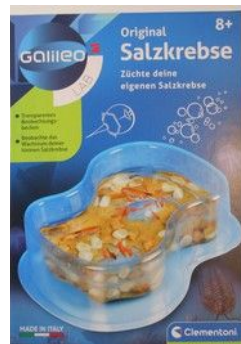
- Alpenveilchen

- Weihnachtsstern

Außerdem beleuchteten wir „Glückskelee“ mit Licht der Farbe 1800 K.

Einfluss von Licht auf Tiere

Beobachtungen von Tieren in der Natur wären für uns schwierig gewesen, deshalb entschieden wir uns, mit Experimentierkästen von KOSMOS bzw. Galileo zu arbeiten. Wir züchteten



nach Anleitung sowohl Salzkrebse als auch Triopse. Nach dem Schlüpfen führten wir Experimente mit Licht durch, die auch in der Experimentieranleitung der Kästen beschrieben waren.

Durchgeführte Maßnahmen

Bei unserer Projektarbeit stellten wir fest, dass viele Menschen nur wenig oder gar nichts über die Problematik der Lichtverschmutzung wissen. Deshalb haben wir nun auch verstärkt Öffentlichkeitsarbeit betrieben:

- Präsentation unserer Ergebnisse vom vergangenen Jahr beim Schulfest am 26. Juli
- Einladung der Tageszeitung (Main-Echo), damit sie über das Thema (und unseren Förderpreis) berichten
- Schreiben von Briefen an die Bundesumweltministerin Steffi Lemke und den Bundestagsabgeordneten Niklas Wagener, der aus unserer Heimatregion kommt, vom Bündnis 90/Die Grünen wegen der starken Lichtverschmutzung im Berliner Regierungsviertel
- Organisation eines öffentlichen Vortrages mit dem Titel „Vom Wert der Dunkelheit in Siedlungen“ gemeinsam mit dem BUND Naturschutz Aschaffenburg
- Veröffentlichung von Artikeln auf unserer Schulhomepage und in der Presse zu diesem Thema
- Zusammenarbeit mit dem Umweltamt Aschaffenburg und zweimaliger Besuch dort (6. November 2023 und 29. Januar 2024)
- Zusammenarbeit mit der Klimaanpassungsmanagerin der Stadt Aschaffenburg, Frau Antonia Pfeiffer (betreute selbst eine Bachelorarbeit zu diesem Thema)
- Präsentation von Teilen unserer Ergebnisse beim Regionalwettbewerb „Jugend

forscht“ im Februar 2024

- Veröffentlichung unserer Geocaching-Runde (Nachtcache) durch Aschaffenburg
- Umrüstung einer Lampe auf unserem Schulhof, sodass sie eine weniger umweltschädliche Lichtfarbe hat
- Zusammenarbeit mit Stadträtinnen und Stadträten, um einen kommunalen Lichtrat ins Leben zu rufen:

Diese Bürgerinnen und Bürger sollen dafür sorgen, dass die unterschiedlichen Interessen mit dem Schwerpunkt der Umsetzung einer nach ökologischen Kriterien orientierten öffentlichen Beleuchtung („so wenig wie möglich, so viel wie nötig“) berücksichtigt werden. Gemeinsam soll so erreicht werden, dass vermeidbare Beleuchtung vermieden und begründbar unvermeidbare Beleuchtung nur in einer die Umwelt minimal belastenden Form eingesetzt wird.

Ergebnisse

Bestimmung der Himmelsqualität

Für jedes Messgebiet haben wir die Messwerte in einer Tabelle zusammengefasst. Zur Veranschaulichung haben wir ähnlich wie bei [5] die Messwerte an den Messpunkten mit Farben hinterlegt, die die Qualität des Nachthimmels (Helligkeit) am jeweiligen Ort zeigen soll. Rot hat die schlechteste Qualität des Nachthimmels, Lila die beste. Zur genaueren Darstellung der Unterschiede haben wir verschiedene Zwischenstufen gewählt:

Farbe	ROT	ORANGE	GOLD	GELB	LIMETTE	GRÜN	BLAU	LILA
Helligkeit in mag/(arcsec) ²	≤ 15,0	> 15,0 bis ≤ 16,0	> 16,0 bis ≤ 17,0	> 17,0 bis ≤ 18,0	> 18,0 bis ≤ 19,5	> 19,5 bis ≤ 20,5	> 20,5 bis ≤ 21,5	> 21,5 bis ≤ 22

In der Tabelle ist jeweils nur die maximal gemessene bzw. die unserer Meinung nach am genauesten bestimmte Helligkeit angegeben. Außerdem wurde diese zwischen zwei Lampen – falls vorhanden – gemessen, nicht direkt darunter.

Messgebiet 1

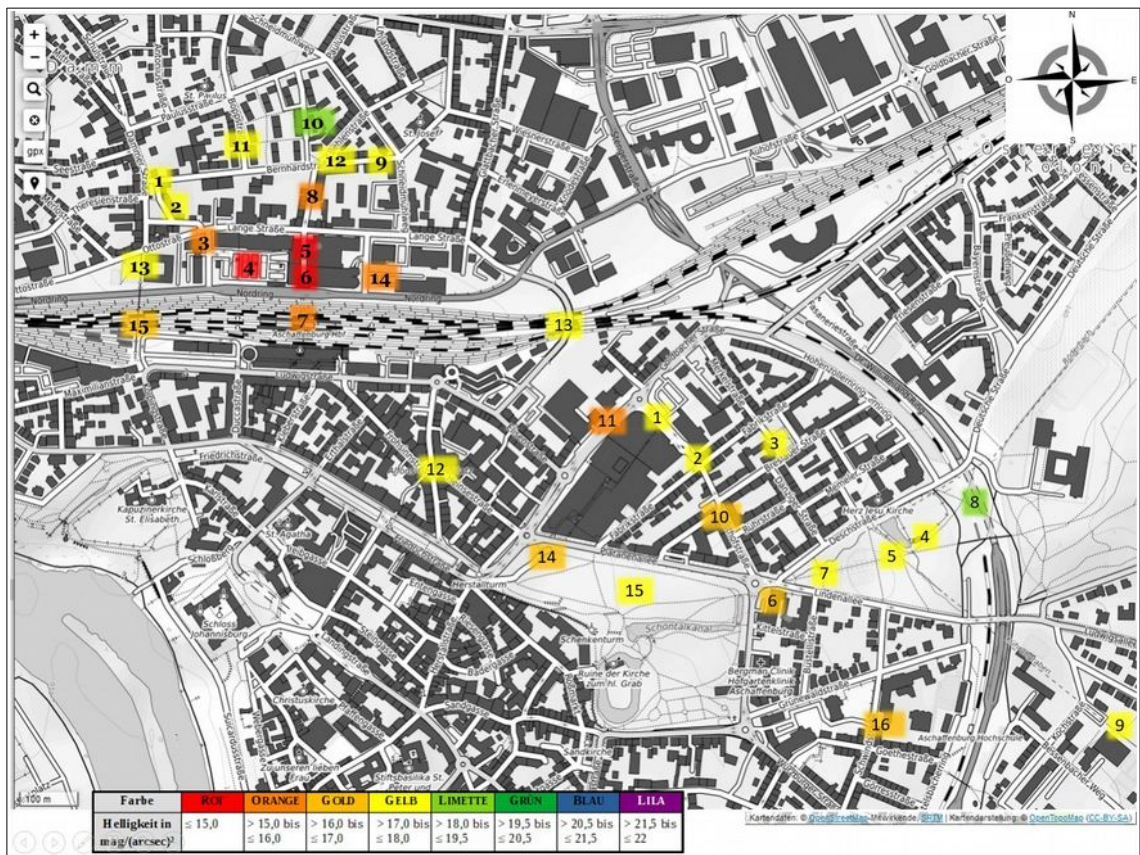
Nr.	Beleuchtungsstärke in lx (Messung unter Lampe am Boden)	Farbtemperatur in K	maximal gemessene Helligkeit in mag/(arcsec) ²	Bemerkung
1	25	1984	17,17	orange Lampe
2	22	2321	17,90	orange/ weiße Lampe
3	41	3900	17,71	weiße Lampe

	17	2105		orange Lampe
4	12	1988	17,73	orange Lampe
5	-	-	17,75	keine Lampe
6	4	2245	16,91	orange Lampe
7	-	-	17,62	keine Lampe
8	7	3589	18,27	weiße Lampe
9	4	3625	17,50	weiße Lampe
10	17	2232	16,05	orange Lampe
11	4	2854	15,17	orange Lampe Hauptstraße
12	6	3080	17,16	weiße Lampe
13	nicht unter Lampe gemessen	-	17,28	weiße Lampen
14	6	2200	16,83	orange Lampe
15	-	-	17,84	keine Lampe
16	17	4065	16,90	weiße Lampe

Messgebiet 2

Nr.	Beleuchtungsstärke in lx (Messung unter Lampe am Boden)	Farbtemperatur in K	maximal gemessene Helligkeit in mag/(arcsec) ²	Bemerkung
1	10	3920	17,25	weiße Lampe
2	17	1786	17,11	orange Lampe
3	4	2400	15,78	orange Lampe
4	7	3140	15,26	weiße Lampe
5	8	4290	13,75	weiße Lampe
6	31	3420	14,75	weiße Lampe
7	141	2200	15,51	orange Lampe Bahnsteig
8	18	4057	15,81	weiße Lampe
9	31	4119	17,33	weiße Lampe
10	6	3720	18,06	weiße Lampe
11	34	4065	17,25	weiße Lampe
12	-	-	17,89	im Dunkeln gemessen
13	12	2173	17,11	orange/ weiße Lampen
14	11	3241	15,48	weiße Lampe
15	4	4737	16,53	weiße Lampe Fußgängerbrücke

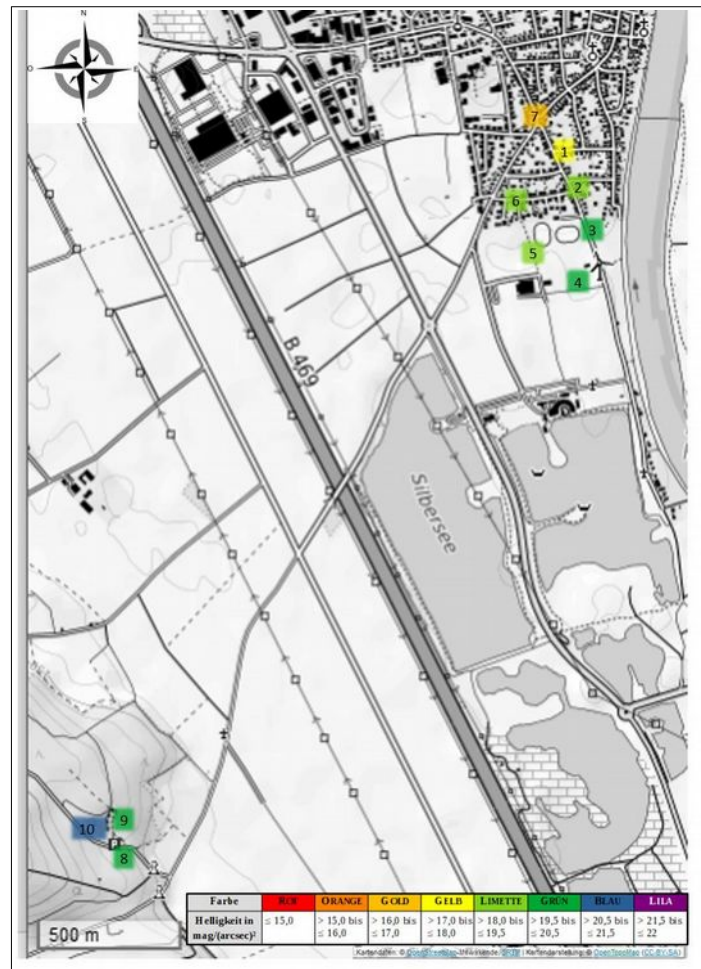
In den Messgebieten 1 (rechts auf Karte) und 2 (links auf Karte) konnten wir im Vergleich zum vergangenen Jahr keine besseren Helligkeitswerte messen.



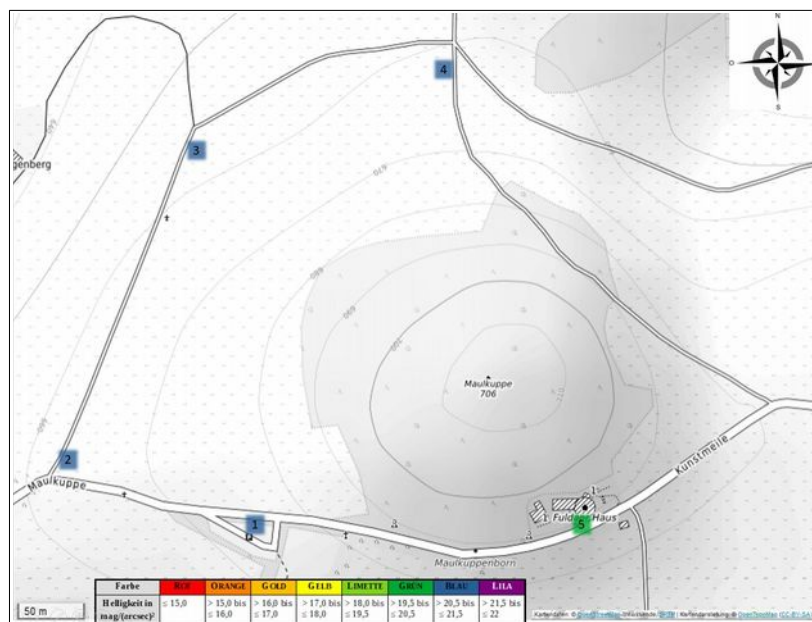
Messgebiet 3

Nr.	Beleuchtungsstärke in lx (Messung unter Lampe am Boden)	Farbtemperatur in K	maximal gemessene Helligkeit in mag/(arcsec)²	Bemerkung
1	12 5	1855 3753	17,67	orange Lampe weiße Lampe
1*	-	-	19,03	im Garten
2	keine Messung	keine Messung	18,30	zwischen weißer und oranger Lampe
3	-	-	19,82	keine Lampe
4	-	-	19,79	keine Lampe
5	18	1897	18,32	orange Lampe
6	18	3900	18,19	weiße Lampe
7	7	1869	16,71	orange Lampe
8	-	-	20,42	Parkplatz Wald
9	-	-	20,31	Grillplatz wald
10	-	-	21,27	Waldweg

Hier haben wir bei den Messpunkten 3 und 4 geringfügig bessere Werte erhalten. Bei den neuen Messpunkten im Wald (Nr. 8, 9 und 10) erhielten wir die besten Werte in unserer Region.



Messgebiet 4



Am 10.01.24 konnte man in der Rhön eine sternklare Nacht einen Tag vor Neumond erleben. Unsere Messwerte waren deshalb um etwa 2 mag/(arcsec)² höher als im vergangenen Jahr. Außerdem konnten wir einen schönen Sternenhimmel einschließlich Milchstraße sehen.

Nr.	Beleuchtungsstärke in lx (Messung unter Lampe am Boden)	Farbtemperatur in K	maximal gemessene Helligkeit in mag/(arcsec) ²	Bemerkung
1	-	-	20,91	keine Lampe
2	-	-	20,74	keine Lampe
3	-	-	20,74	keine Lampe
4	-	-	20,76	keine Lampe
5	41 26	1786 2959	20,45	zwischen weißer und oranger Lampe

Messgebiet 5

Die Helligkeit haben wir auf den für uns dunkelsten Stellen der einzelnen Schulhöfe gemessen. Die angegebenen Lampen sind die in der Nähe.

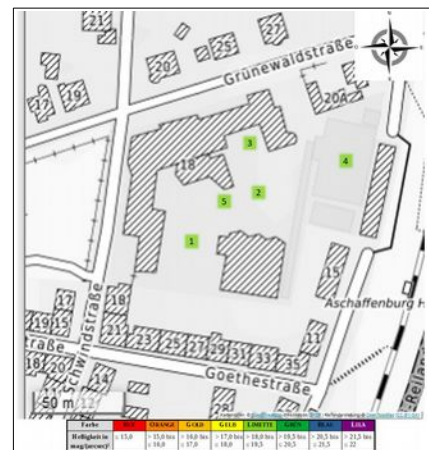
Nr.	Beleuchtungsstärke in lx (Messung unter Lampe am Boden)	Farbtemperatur in K	maximal gemessene Helligkeit in mag/(arcsec) ²	Bemerkung
1	95	4067	18,34	weiße Lampe (1)
2	28	4090	18,66	weiße Lampe (18)
3	37	3953	18,64	weiße Lampe (15)
4	6 38	2834 4261	18,88	orange Lampen (22) weiße Lampen (21)
5	25	3945	18,79	weiße Lampe (14)

Die folgende Tabelle enthält nur die Messwerte für die Lampen. Die Beleuchtungsstärke wurde gegen 20.00 Uhr am Boden unter der jeweiligen Lampe gemessen, die Nummern 15, 20, 21, 22 und 26 sind am Wochenende aus.

Nr.	Beleuchtungsstärke in lx	Farbtemperatur in K	Bemerkung
1	95	4067	unterer Pausenhof (Kräuterbeet, strahlt nach unten)
2	91	3977	unterer Pausenhof (Kräuterbeet, strahlt nach unten)
3	91	3960	unterer Pausenhof (Kunst, strahlt nach unten)
4	41	4024	unterer Pausenhof (Kunst, strahlt nach unten)
5	37	3948	Eingang Schulhof Schwindstraße (Parkplatz, strahlt nach unten)
6	85	3986	Eingang Schulhof Schwindstraße (hinter Tor, strahlt nach unten)
7	115	4029	bei Tümpel (Doppellampe, strahlt nach unten)
8	96	3961	hinterer Turnhalleneingang (strahlt nach unten)
9	105	3982	zwischen Turnhalleneingängen (strahlt nach unten)
10	111	3980	neben vorderen Turnhalleneingang (strahlt nach unten)
11	93	3815	vorderer Turnhalleneingang (strahlt nach unten)

12	85	4000	links unten an der Treppe zum oberen Pausenhof (strahlt nach unten)
13	114	3947	unterer Pausenhof bei Mensa (strahlt nach unten)
14	25	3945	rechts oben an der Treppe zum oberen Pausenhof (strahlt nach unten)
15	37	3953	4 Lampen an Mauer (strahlen horizontal)
16	nur selten kurzzeitig an		oberer Pausenhof (Doppellampe, Treppe zum Mensahof, strahlt nach unten)
17	nur selten kurzzeitig an		Mensahof (Doppellampe, Treppe zum oberen Pausenhof, strahlt nach unten)
18	28	4090	oberer Pausenhof (Richtung Mensahof, strahlt nach unten)
19	29	4000	oberer Pausenhof (Nähe Klangpavillion, strahlt nach unten)
20	29	4321	oberer Pausenhof (Treppe Neubau, strahlt horizontal, hüfthoch)
21	38	4261	Weg Neubau (5 Lampen, strahlen horizontal, hüfthoch)
22	6	2834	Wand Neubau (9 Lampen, strahlen horizontal, über kopfhoch)
23	28	4000	oberer Pausenhof (Richtung Sportplatz, strahlt nach unten)
24	247	7900	Weg zum Seiteneingang Grünewaldstraße (2 Lampen in verschiedene Richtungen, Bewegungsmelder, strahlt horizontal)
25	206	4000	Seiteneingang Grünewaldstraße (Bewegungsmelder, strahlt horizontal)
26	29	4011	Eingang Mensa, Mensahof, Lampen an Mauer (strahlen horizontal)

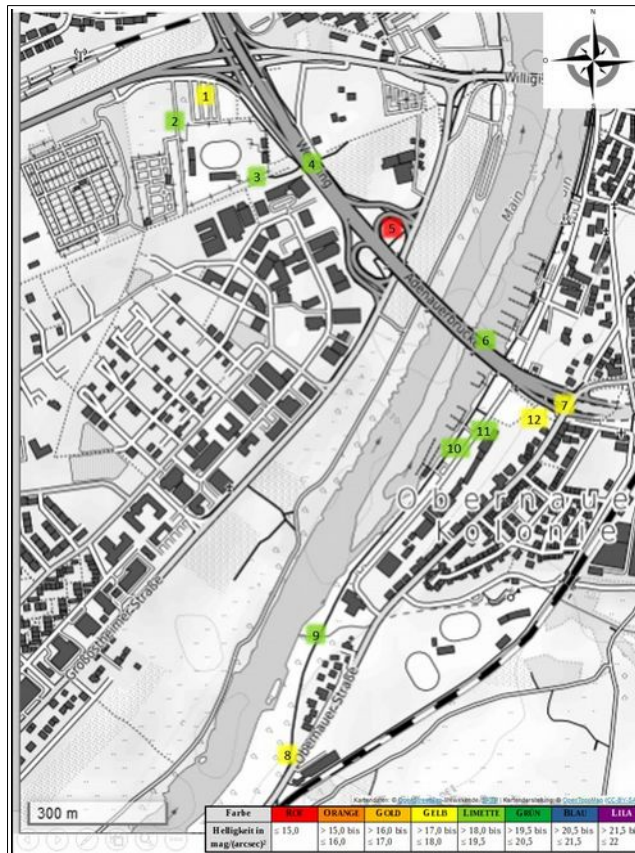
Auf unserem Schulhof gibt es also überwiegend Lampen mit einer Lichtfarbe von 4000 K, die auch eine große Beleuchtungsstärke haben.



Messgebiet 6

Nr.	Beleuchtungsstärke in lx (Messung unter Lampe am Boden)	Farbtemperatur in K	maximal gemessene Helligkeit in mag/(arcsec) ²	Bemerkung
1	-	-	17,81	Lampen aus
2	-	-	18,39	keine Lampe
3	-	-	18,65	keine Lampe
4	143	2889	18,53	weiße Lampen in Hüfthöhe
5	22	3130	14,62	weiße Lampe
6	3	1822	18,64	orange Lampe
7	4	1799	17,87	orange Lampe
8	4 (17)	2494	17,55	orange Lampe (dimmbar)
9	4	2494	19,22	orange Lampe (dimmbar)
10	-	-	19,20	keine Lampe

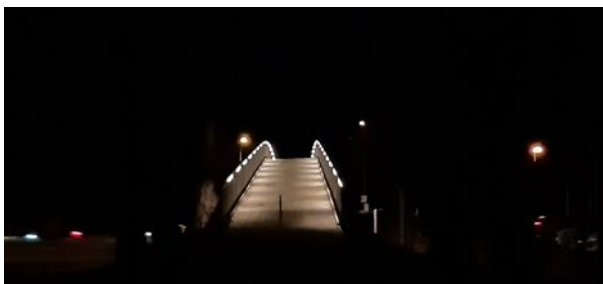
11	3	3851	18,94	weiße Lampe
12	7	2008	17,27	orange Lampe
13	8	3300	16,01	orange/weiße Lampen



Die besten gemessenen Werte liegen am Main, der schlechteste an der Auf- bzw. Abfahrt zum Stadtring. Wenig Sinn macht in unseren Augen die Beleuchtung der neuen Fußgängerbrücke über den Stadtring (Messpunkt 4). Es ist viel zu hell, als Autofahrer wird man fast geblendet, wenn man unter dieser Brücke hindurchfährt. Eine solche Konzeption ist unverständlich, vor allem, da die Brücke erst im November 2023 nach einem Neubau wieder eröffnet wurde. Allerdings wird die Himmelshelligkeit dadurch kaum beeinflusst.

Bei den Messpunkten 8 und 9 (Radweg) wurde die Beleuchtungsstärke der Lampen verringert. Sie erhöht sich durch einen Be-

wegungsmelder, wenn der Weg befahren wird oder Fußgänger unterwegs sind. Nach 45 s reduziert sich die Beleuchtungsstärke wieder.



Neue Fußgängerbrücke



Lampe mit Bewegungsmelder am Radweg



Lampen am Radweg bei Nacht

Messgebiet 7

Zum Vergleich haben wir noch an einigen anderen Orten die Himmelshelligkeit gemessen:

- Erlangen (A.B. Hotel): 19,57 mag/(arcsec)²
- Berlin (Mercedes-Benz-Arena): 14,40 mag/(arcsec)²
- Oberelsbach (Rhön, auf Feldweg): 21,11 mag/(arcsec)²

Man sieht, dass in einer Großstadt die Lichtverschmutzung erwartungsgemäß am stärksten ist.









Beobachtung von Pflanzenwachstum

Ablauben von Bäumen

An mehreren Stellen und bei verschiedenen Baumarten konnten wir beobachten, dass sie ihr Laub unter Einfluss von künstlichem Licht später abwerfen. Entweder blieb das Laub an einem Teil des Baumes länger hängen oder der Baum verlor im Vergleich zu benachbarten Bäumen das Laub sehr viel später. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Licht eher weiß oder rot ist. Mithilfe von Fotos haben wir alles dokumentiert:

Baum Schulhof



Man kann sehr gut erkennen, dass die Blätter dort, wo der Baum direkt von der Lampe beleuchtet wird, länger grün bleiben und auch erst viel später abfallen.

05.10.23	06.11.23	14.11.23	17.11.23
			
20.11.23	27.11.23	07.12.23	Beleuchtung
			 3977 K 91 lx

Obstbaum

Auf der Wiese stehen mehrere Apfelbäume, aber nur der, der sich neben der Lampe befindet, hat auch dann noch seine Blätter, wenn alle anderen sie schon verloren haben.

01.11.23	20.11.23	29.11.23
		


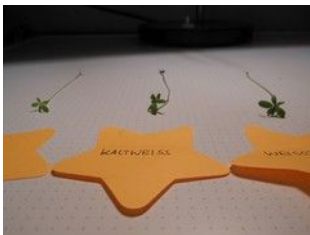

19.12.23	Beleuchtung	
		1978 K 10 lx

Auch bei vielen weiteren beleuchteten Bäumen konnten wir ähnlich Beobachtungen machen.




Wachstum von Garten-Kresse

Kresse ist ziemlich anspruchslos und keimt sehr schnell. Sie wird als Lichtkeimer bezeichnet [20]. Bei unseren drei Versuchsreihen bestimmten wir immer die durchschnittliche Höhe der Pflanzen.

Versuch 1 (Aussaat 12.06.23)


Anzahl Tage nach Aussaat	Durchschnittliche Höhe in cm		
	Natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus	Beleuchtung durchgängig mit 4000 K	Beleuchtung durchgängig mit 3000 K
1	Keimung erkennbar	--	Keimung erkennbar
2	Keimung erkennbar	Keimung erkennbar	Keimung erkennbar
4	6	5	6
5	7 - 8	6 - 7	7 - 8
6	8 – 9 kippen langsam um	8 gut gewachsen	8 – 9 gut gewachsen
9	9	9 Blätter vergrößert	9 – 10 Blätter vergrößert
10	9	10 - 11	11 - 12
11	9	11	12
12	9	12	12 – 13 einige kippen langsam um
13	9	12	12 – 13
16	9	12	12 – 13
Fotos (nach 6 Tagen)			

Versuch 2 (Aussaat 12.10.23)

Anzahl Tage nach Aussaat	Durchschnittliche Höhe in cm		
	Natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus	Beleuchtung mit 4000 K (von 19 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht	Beleuchtung mit 3000 K (von 19 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht
1	Keimung erkennbar	Keimung erkennbar	Keimung erkennbar
4	4 - 5	5 - 6	5 - 6
5	5 - 6	6 - 7	6 - 7
6	6 - 7 ungleichmäßig hoch	6 - 7 nur wenig höher, aber gleichmäßig	7 - 8 nur wenig höher, aber gleichmäßig
7	einzelne bis 9	7 - 8	8 - 9
8	6 - 9	8 - 9	8 - 10
9	8 - 9	9 - 10	9 - 10
10	bis 10	10 - 11	10 - 11
Fotos (nach 5 Tagen)			

Versuch 3 (Aussaat 27.11.23)

Anzahl Tage nach Aussaat	Durchschnittliche Höhe in cm		
	Natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus	Beleuchtung mit 5600 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht	Beleuchtung mit 1800 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht
2	Keimung erkennbar	--	--
3	5 Keimlinge	--	1 Keimling
5	2 - 5 viele Keimlinge	1 - 2 5 Keimlinge	1 - 4 mehr Keimlinge als bei natürlichem Rhythmus
7	5	2 - 2,5 9 Keimlinge	5
8	6	3 - 3,5	7
9	7 unterschiedlich hoch kleinere Blätter	4 - 4,5 deutlich weniger Keimlinge	8 wachsen gleichmäßiger
10	7	5	8
11	7	6	8,5
14	8	6,5	9

15	8	7	10
16	8	7	10
18	9 einige kippen um, Pri- märblatt beginnt zu wachsen	9 Primärblätter schon relativ groß	11 Primärblätter schon relativ groß
Fotos (nach 18 Tagen)			




Man erkennt, dass die Kresse, die auch nachts beleuchtet wurde, deutlich schneller wächst. Allerdings setzte die Keimung beim letzten Versuch unterschiedlich ein. Außerdem werden die Blätter bei durchgängiger Beleuchtung deutlich größer. Bei nächtlicher Beleuchtung mit Licht, dessen Blauanteil geringer ist (1800 K, 3000 K) werden die Blätter am größten. Die maximal erreichte Höhe ist ähnlich, beim dritten Versuch dauerte es aber länger. Wir vermuten, dass es an der Jahreszeit lag, die Intensität des Tageslichtes war schwächer geworden.

Wachstum von Petersilie

Petersilie ist nicht ganz so anspruchslos und ein Dunkelkeimer. [21]

Wir starteten den Versuch gleichzeitig mit Versuch 2 der Gartenkresse.

Anzahl Tage nach Aussaat	Durchschnittliche Höhe in cm		
	Natürlicher Tag-Nacht- Rhythmus	Beleuchtung mit 4000 K (von 19 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht	Beleuchtung mit 3000 K (von 19 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht
9	erste Keimlinge	erste Keimlinge	erste Keimlinge
10	ca. 20 Keimlinge	ca. 16 Keimlinge	ca. 15 Keimlinge
11	noch mehr Keimlinge	noch mehr Keimlinge	noch mehr Keimlinge
12	5 - 6	3 - 4	3 - 4
13	7	4,5 - 5,5	5 - 6
15	8 - 10	5 - 6	7 - 8
16	9 - 10 kleinste Blätter, am längsten	6	8 - 9
17	10 kippen um	6 - 7	10
18	10	7	10
19	10 - 11	7 - 8	10 - 11
21	11 - 13	7 - 8	10 - 12
24	kein weiteres Wachstum	8 - 9	12 einzelne Primärblätter

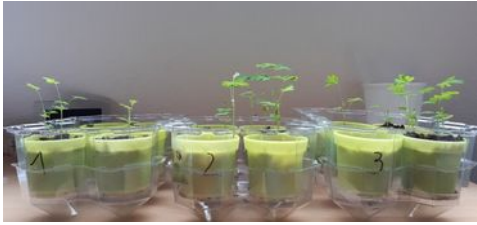

26	kein weiteres Wachstum	9 – 10 einzelne Primärblätter	11 – 13 kippen um
28	kein weiteres Wachstum	10	12 - 13
31	kein weiteres Wachstum	11 - 13	13 - 15
Fotos (nach 28 Tagen)			

Bei Petersilie erkennt man sehr deutlich, dass sie bei einem natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus zunächst besser keimt und am Anfang auch schneller wächst. Später ändert sich dies aber und bei den Pflanzen, die auch nachts beleuchtet werden, wachsen zuerst die Primärblätter. Diese und auch die Keimblätter werden auch deutlich größer.

Wachstum von Mimosen

Mimosen reagieren sehr empfindlich auf Licht und Berührung. Sie sind ebenfalls Dunkelkeimer. [22]

Allerdings haben wir bei diesem Versuch die Höhe nicht gemessen, da Mimosen nur sehr langsam wachsen. Wir begannen den Versuch gleichzeitig mit Versuch 3 der Gartenkresse.

Anzahl Tage nach Aussaat	Natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus	Beleuchtung mit 5600 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht	Beleuchtung mit 1800 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr) sonst natürliches Licht
5	kein Keimling	1 kleiner Keimling	1 größerer Keimling
9	kein Keimling	1 Keimling	2 Keimlinge
14	Nachsaat		
18	1 Keimling	4 Keimlinge	7 Keimlinge
29	4 Keimlinge	7 Keimlinge	9 Keimlinge
30	erste kleine Primärblätter	größere Primärblätter	größere Primärblätter
41	ein größeres Primärblatt	zweites Primärblatt wächst	zweites bzw. drittes Primärblatt wächst
51	  <p>1 = natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus 2 = Beleuchtung mit 1800 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr), sonst natürliches Licht 3 = Beleuchtung mit 5600 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr), sonst natürliches Licht</p>		

Auch hier konnten wir Unterschiede feststellen. Die auch nachts beleuchteten Pflanzen wuchsen besser, ihre Blätter wurden größer. Am ausgeprägtesten war dies bei der Beleuchtung mit Licht der Lichtfarbe 1800 K.

Bei Dunkelheit schließen die Mimosen ihre Blätter. Bei nächtlicher Beleuchtung geschieht dies aber erst viel später, am längsten bleiben die Blätter bei der Lichtfarbe 5600 K offen.

Am 27. Januar haben wir die Mimosen umgetopft, weil sie zu groß geworden waren. Die Beleuchtung haben wir fortgesetzt. Dabei konnten wir feststellen, dass die gefiederten Blätter bei der Lichtfarbe 5600 K deutlich mehr und auch größere Blättchen hatten. Die Wuchshöhe ließ sich nun allerdings nicht mehr gut vergleichen. Nach unserem Eindruck sehen mittlerweile die nachts mit Licht der Lichtfarbe 1800 K beleuchteten Pflanzen am schlechtesten aus.



Wachstum weiterer Pflanzen

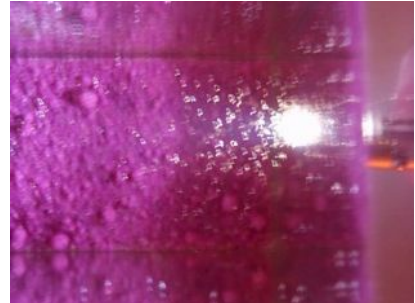
Name der Pflanze	Beobachtung
Alpenveilchen	 <p>Bei nächtlicher Beleuchtung mit Licht der Lichtfarbe 3000 K bzw. 4000 K wuchsen nach etwa 4 Wochen neue Blüten und Blätter seitlich heraus. Die Höhe der Blätter und Blüten wurde unterschiedlich hoch. Eine Änderung der Blattgröße konnten wir nicht nachweisen.</p>
Weihnachtsstern	<p>Hier konnten wir bei der nächtlichen Beleuchtung mit Licht der Lichtfarbe 1800 K nach etwa 4 Wochen eine deutliche Vergrößerung der Blätter feststellen.</p>   <p>1 = natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus 2 = Beleuchtung mit 1800 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr), sonst natürliches Licht 3 = Beleuchtung mit 5600 K (von 17 Uhr bis 7 Uhr), sonst natürliches Licht</p>

	<p>Nach mehr als zwei Monaten sahen die Weihnachtssterne dann so aus:</p>   <p>Noch immer ist die Nummer 2 am größten: Bei Nummer 2 und 3 wachsen in der Mitte grüne Blätter heraus, diese sind bei der Nummer 2 ziemlich unförmig und größer als bei Nummer 3, bei Nummer 1 sind sie noch sehr klein.</p>	
Vierblättriger Klee	 <p>Zu Silvester bekam eine von uns vierblättrigen Klee geschenkt. Wir stellten fest, dass er bei Dunkelheit wie die Mimose seine Blätter schließt. Deshalb haben wir ihn nachts mit der Lichtfarbe 1800 K beleuchtet. Hier zeigte sich schon nach zwei Wochen, dass einzelne neue Blätter extrem hoch wachsen (linkes Bild). Außerdem ließ er seine Blätter nun offen.</p>	 <p>Nach über zwei Monaten sah er überhaupt nicht mehr schön aus (rechtes Bild).</p>

Beobachtung von Tieren

Verhalten von Salzkrebsen

Die ersten Salzkrebse waren nach einem Tag geschlüpft. Man konnte sie gut mit einer Lupe beobachten. Bei den durchgängig beleuchteten Eiern waren aber deutlich mehr Nauplien zu sehen. Eventuell kann man daraus schließen, dass künstliche Beleuchtung zu einer „Übevölkerung“ führt.



Die kleinen und auch die erwachsenen Krebse reagieren sehr stark auf Licht. Hält man im Dunkeln eine Taschenlampe an das Becken bzw. das Gefäß, so bewegen sich die Tierchen dorthin. Die Lichtfarbe haben wir nicht geändert. (Videos siehe Anhang)

Verhalten von Triopsen

Leider sind bei uns trotz mehrfacher Versuche immer nur wenige Triopse geschlüpft. Diese haben auch nicht sehr lange überlebt, obwohl wir nach Anleitung vorgegangen sind. Deshalb konnten wir nur wenige Versuche mit Licht durchführen. In einem Video kann man aber sehen, dass auch kleine Triopse zum Licht schwimmen (siehe Anhang).

Beobachtung von Insekten

Wie schon anfangs erwähnt, sieht man in der wärmeren Jahreszeit immer wieder, dass sich verschiedene Insekten in der Nähe von Lampen, deren Licht einen hohen Blauanteil hat, aufhalten und auch sterben.



Ergebnisse der Öffentlichkeitsarbeit

Zeitungsbericht

Nach der Mitteilung über die erreichten Preise beim BUW 2023 luden wir das Main-Echo ein, etwas mehr über unser Projekt und das von Anna und Anastasia zu berichten. Veröffentlicht wurde dann der folgende Artikel (siehe auch Anhang):

<https://www.main-echo.de/region/stadt-kreis-aschaffenburg/junge-klimaforscherinnen-wollen-aschaffenburg-zur-sternenstadt-machen-art-8068066>

Briefe an die Bundesumweltministerin sowie einen Bundestagsabgeordneten

Wir entdeckten im Sommer 2023 in Berlin, dass die Bäume am Reichstagsufer von unten mit kaltweißem Licht beleuchtet wurden. Dies stellte in unseren Augen eine starke Belastung für die Bäume sowie den darin



lebenden Tieren dar und war ein Beispiel für extreme Lichtverschmutzung. Deshalb haben wir Ende Oktober 2023 Briefe mit folgendem Inhalt geschrieben und einige Fotos beigelegt:

Lichtverschmutzung am Reichstagsufer

Sehr geehrte Frau Bundesministerin Lemke,

wir, Mirela Hincu, Hajra Scharifi und Rebecca Linke, sind Schülerinnen der 10. Klasse des Karl-Theodor-von-Dalberg-Gymnasiums Aschaffenburg.

Seit einem Jahr beschäftigen wir uns mit dem Thema Lichtverschmutzung, da wir uns sehr für Astronomie und Umweltschutz interessieren.

Mit unserem **Projekt „Untersuchungen zur Lichtverschmutzung im Raum Aschaffenburg“** erhielten wir in diesem Jahr beim BundesUmweltWettbewerb einen Förderpreis.

Bei der Arbeit an unserem Projekt haben wir nicht nur die Helligkeit des Himmels gemessen, sondern uns auch mit den Auswirkungen der Lichtverschmutzung auf Tiere, Pflanzen und uns Menschen beschäftigt. Da zu viel künstliches Licht dazu führt, dass wir immer weniger Sterne am Himmel beobachten können, aber auch negative Auswirkungen auf Lebewesen hat, kann die Lichtverschmutzung als eine Art Umweltverschmutzung angesehen werden.

Bei einem Besuch in Berlin haben wir am Reichstagsufer viele von unten mit kaltweißem Licht beleuchtete Bäume entdeckt (siehe Fotos). Wir waren ehrlich schockiert, da eine derartige Beleuchtung von Bäumen äußerst schädlich ist. Außerdem widerspricht die Ausrichtung der Lampen nach oben und die Lichtfarbe den Handlungsempfehlungen gegen Lichtverschmutzung.

Wir sind der Meinung, dass die Bundesregierung eine Vorbildfunktion hat und sich deshalb auch der Problematik der Lichtverschmutzung annehmen sollte. Welchen Sinn hat es, Bäume, die ja auch Lebewesen sind, von unten zu beleuchten? Im schlimmsten Fall kommen andere Menschen auch auf die Idee, derartige Beleuchtungen zu installieren.

Wir bitten Sie deshalb sehr, etwas gegen diese Art der Beleuchtung von Bäumen zu tun.

Gern stellen wir Ihnen auch einmal unser Projekt persönlich vor.

Über eine Antwort von Ihnen würden wir uns sehr freuen.

Mit freundlichen Grüßen

Mirela Hincu

Hajra Scharifi

Rebecca Linke

Eine Antwort haben wir bis heute leider nicht erhalten.

Vortrag zum Thema „Vom Wert der Dunkelheit in Siedlungen“

Seit unserer Führung im Sternenpark Rhön im Januar 2023 stehen wir mit Sabine Frank in Kontakt. Sie ist deutschlandweit sehr bekannt. Hier ist sie in einem kurzen Bericht zu sehen:

<https://www.ardmediathek.de/video/frankenschau/unterwegs-mit-der-schuetzerin-der-nacht/br-fernsehen/>

[Y3JpZDovL2JyLmRIL3ZpZGVvLzlmMDExYmQwLTNjNjMtNGVjOS1iZTkYLWM4M2IyMTFhOWI1NA](https://www.ardmediathek.de/video/frankenschau/unterwegs-mit-der-schuetzerin-der-nacht/br-fernsehen/Y3JpZDovL2JyLmRIL3ZpZGVvLzlmMDExYmQwLTNjNjMtNGVjOS1iZTkYLWM4M2IyMTFhOWI1NA)

Um die Öffentlichkeit über die Problematik der Lichtverschmutzung zu informieren, haben wir in Zusammenarbeit mit dem BUND Naturschutz Aschaffenburg einen öffentlichen Vortrag zu diesem Thema organisiert. Dieser fand am 6. Dezember 2023 an unserer Schule statt. Sehr gefreut haben wir uns über den regen Zuspruch. Etwa 40 Interessierte waren unserer Einladung gefolgt, darunter Bürgermeisterin Jessica Euler, die Stadträtin Dr. Maria Bausback sowie einige Mitarbeiterinnen des Amtes für Umwelt- und Verbraucherschutz der Stadt Aschaffenburg.



Wir begrüßen die Gäste



Gruppenbild mit Sabine Frank und
Dagmar Förster vom BUND



Sabine Frank erläutert
das Umrüsten von
Lampen mit Folie

Nach dem Vortrag begutachteten wir noch gemeinsam die Lampen auf unserem Schulhof. Sabine Frank erläuterte dabei, wie man mit Hilfe von Folie die Lichtfarbe von Lampen kostengünstig weniger umweltschädlich machen kann.

Wir und der BUND haben über den Vortrag Artikel veröffentlicht:

<https://aschaffenburg.bund-naturschutz.de/aktuelles/artikel/vom-wert-der-dunkelheit-in-siedlungen>

<https://www.dalberg-gymnasium.de/artikel/42088>

<https://www.main-echo.de/unser-echo/gruppen/Karl-Theodor-v-Dalberg-Gymnasium;verein0,201,B::vortrag-vom-wert-der-dunkelheit-in-siedlungen-art-8120964>

Umgestaltung unseres Schulhofes

Während unserer Projektarbeit haben wir gemerkt, dass es viele Menschen gibt, die die Gefahren der Lichtverschmutzung für unser Ökosystem nicht wahrnehmen. Viele denken überhaupt nicht darüber nach, welche Auswirkungen künstliches Licht auf Pflanzen, Tiere und uns Menschen hat. Auch die für die öffentliche Beleuchtung verantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Tief- bzw. Hochbauamtes der Stadt Aschaffenburg sind unserer Einladung zum Vortrag leider nicht gefolgt. Deshalb hielten wir es für besser, nicht gleich zu fragen, ob wir die Lichtfarbe aller Lampen unseres Schulhofes durch Anbringen von Folie verringern dürfen, sondern begannen mit der Umrüstung einer Lampe. Zunächst überprüften wir, wie sich durch verschiedene Folien die Lichtfarbe und die Beleuchtungsstärke ändern würde:

	Beleuchtungsstärke in lx	Lichtfarbe in K
ohne Folie	146	3985
Folie 1 (links)	126	3032
Folie 2 (Mitte)	108	2728
Folie 3 (rechts)	5	2771



Wir entschieden uns, Folie 2 an Lampe 2 auszuprobieren:



Am 7. März haben wir die Folie mithilfe von witterungsbeständigem doppelseitigem Klebeband angebracht. Nun sind wir gespannt auf das Feedback:

<https://www.dalberg-gymnasium.de/artikel/44208>

Veröffentlichung eines Multicaches in Messgebiet 6

Seit dem 1. März ist unser Cache bei *opencaching* unter dem Namen „Finde die Sterne“ zu finden:

<https://www.opencaching.de/viewcache.php?cacheid=200876>

Benutzer: Passwort: Anmelden Sprache: Land:

Opencaching.de (Photo by: Schrottl)

STARTSEITE MEIN PROFIL CACHES KARTE WIKI BLOG COMMUNITY GEOKRETY API

Caches > Suchen > Geocache anzeigen Wegpunkt-Suche: Go

Log eintragen Beobachten Merken Cache melden

Finde die Sterne
Nächtlicher Rundgang durch Aschaffenburg
von Remira Deutschland > Bayern > Aschaffenburg, Kreisfreie Stadt

N 49° 58.297' E 009° 07.773' (WGS84)

andere Koordinatensysteme
Größe: mikro
Status: kann gesucht werden
Zeitaufwand: 2:00 h Strecke: 4,0 km
Versteckt am: 01. März 2024
Veröffentlicht am: 01. März 2024
Letzte Änderung: 11. März 2024
Listing: <https://opencaching.de/OC17DFC>

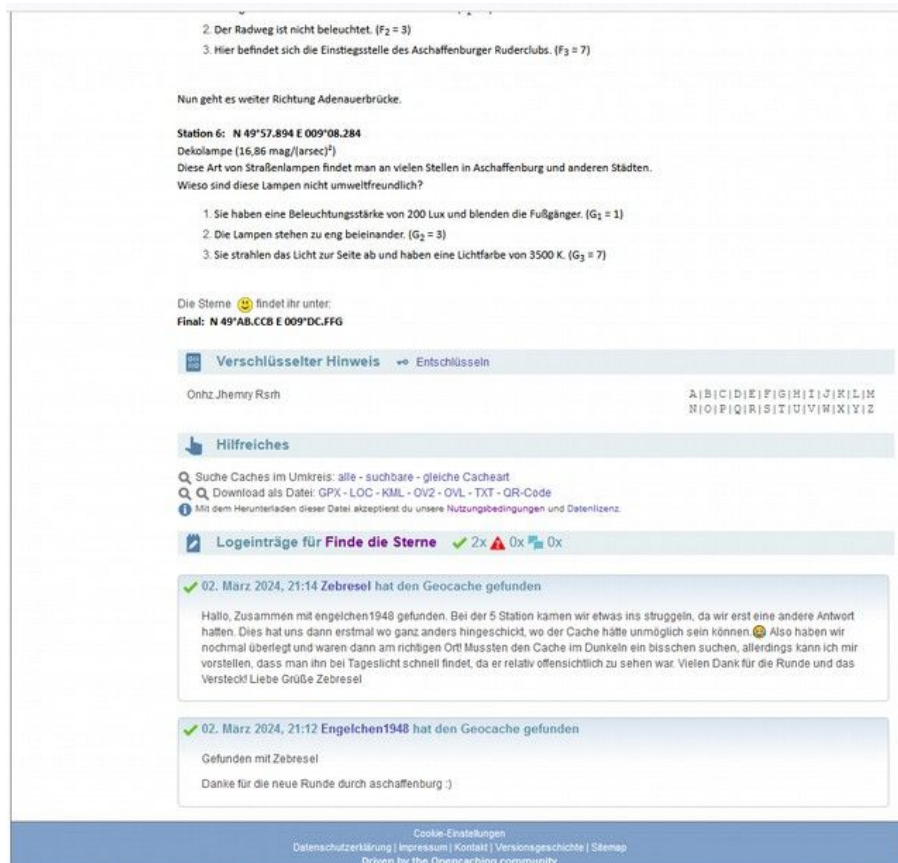
2 gefunden
0 nicht gefunden
0 Bemerkungen
2 Beobachter
0 Ignorierer
39 Aufrufe
0 Logbilder
Geokrety-Verlauf

Druckansicht Download als ...

Infrastruktur Zeitplan 365 Listing Benötigt Vorarbeit

Beschreibung

Bei dieser kleinen Runde möchten wir die Aufmerksamkeit auf die nächtliche Beleuchtung richten und zum Nachdenken darüber anregen, was sinnvoll und weniger sinnvoll ist. Zunächst ein paar Hintergrundinformationen dazu:
Der Nobelpreis für Medizin 2017 wurde an drei US-Wissenschaftler vergeben, die die Funktionsweise der inneren Uhr von Lebewesen erforschten. Sie wiesen bei Fruchtfliegen nach, dass es ein Gen gibt, welches den biologischen Tag-Nacht-Rhythmus steuert. Immerhin sind auf der Erde ca. 30% aller Wirbeltiere nachtaktiv, bei den Wirbellosen liegt der Anteil sogar bei ca. 60%.
Der Mensch greift durch künstliches Licht in diesen natürlichen Rhythmus ein und beeinflusst so das Leben von Tieren, aber auch von Pflanzen. Dabei spielt die sogenannte „Lichtfarbe“ eine Rolle. Diese wird in Kelvin (K) angegeben. Kaltweißes und neutralweißes Licht (6500 K bis 3300 K) hat hohe Blauanteile und eine negative Auswirkung auf viele Tiere. Gerade Insekten werden von diesem Licht angezogen. Warmweißes oder oranges (amber) Licht (3300 K bis 1700 K) ist weniger umweltschädlich. Außerdem sollten die Lampen nur nach unten strahlen und eine angemessene Beleuchtungsstärke (wird in Lux gemessen) besitzen, der Vollmond hat z.B. 0,3 Lux.
Für Sternengucker interessant ist die Helligkeit des Himmels, welche in $\text{Magituden pro Quadratbogensekunden (mag/arcsec}^2\text{)}$ angegeben wird. Je größer der Wert, desto dunkler ist es. Die dunkelste Flächenhelligkeit beträgt 22 mag/arcsec^2 . Werte zwischen 21 und 22 mag/arcsec^2 kann man teilweise im Sternpark Rhön messen und dann natürlich auch den Sternenhimmel bewundern.



Folgendes Listing haben wir eingegeben:

Finde die Sterne

Nächtlicher Rundgang durch Aschaffenburg

Dieser Multi führt euch auf einer Länge von ca. 4 km durch einen Teil von Aschaffenburg und sollte in ca. 2 Stunden zu schaffen sein.

Bei dieser kleinen Runde möchten wir die Aufmerksamkeit auf die nächtliche Beleuchtung richten und zum Nachdenken darüber anregen, was sinnvoll und weniger sinnvoll ist. Zunächst ein paar Hintergrundinformationen dazu:

Der Nobelpreis für Medizin 2017 wurde an drei US-Wissenschaftler vergeben, die die Funktionsweise der Inneren Uhr von Lebewesen erforschten. Sie wiesen bei Fruchtfliegen nach, dass es ein Gen gibt, welches den biologischen Tag-Nacht-Rhythmus steuert. Immerhin sind auf der Erde ca. 30% aller Wirbeltiere nachtaktiv, bei den Wirbellosen liegt der Anteil sogar bei ca. 60%.

Der Mensch greift durch künstliches Licht in diesen natürlichen Rhythmus ein und beeinflusst so das Leben von Tieren, aber auch von Pflanzen. Dabei spielt die sogenannte „Lichtfarbe“ eine Rolle. Diese wird in Kelvin (K) angegeben. Kaltweißes und neutralweißes Licht (6500 K bis 3300 K) hat hohe Blauanteile und eine negative Auswirkung auf viele Tiere. Gerade Insekten werden von diesem Licht angezogen. Warmweißes oder oranges (amber) Licht (3300 K bis 1700 K) ist weniger umweltschädlich. Außerdem sollten die Lampen nur nach unten strahlen und eine angemessene Beleuchtungsstärke (wird in Lux gemessen) besitzen, der Vollmond hat z.B. 0,3 Lux.

Für Sternengucker interessant ist die Helligkeit des Himmels, welche in Magnituden pro Quadratbogensekunden (mag/(arsec)²) angegeben wird. Je größer der Wert, desto dunkler ist es. Die dunkelste Flächenhelligkeit beträgt 22 mag/(arsec)². Werte zwischen 21 und 22 mag/(arsec)² kann man teilweise im Sternenpark Rhön messen und dann natürlich auch den Sternenhimmel bewundern.

Parken könnt ihr bei N 49°58.297 E 009°07.773

Hier sind nachts die Lampen meist aus, der beste von uns gemessene Wert lag an dieser Stelle bei 17,81 mag/(arsec)².

Station 1: N 49°58.243 E 009°07.717

Jugendverkehrsschule (18,39 mag/(arsec)²)

Welche Besonderheit hat die einzelne Lampe, die hier in der Nähe steht?

- 1) Sie leuchtet nach unten und ihr Licht ist orange. ($A_1 = 7$)
- 2) Sie ist aus und wird über einen Bewegungsmelder angeschaltet. ($A_2 = 3$)
- 3) Sie wird über eine Solarzelle betrieben und wird durch einen Bewegungsmelder heller. ($A_3 = 5$)

Nun geht es am Stadion vorbei auf die Schönbuschallee und dann nach links Richtung Innenstadt.

Station 2: N 49°58.213 E 009°07.948

Fußgängerbrücke (18,65 mag/(arsec)²)

Wir haben uns gefragt, wie sinnvoll die Art der Beleuchtung (3000 K, 140 Lux am Boden) auf der Fußgängerbrücke ist.

Wann wurde diese Brücke neu gebaut?

- 1) November 2023 $B_1 = 7$
- 2) September 2015 $B_2 = 3$
- 3) Mai 2019 $B_3 = 5$

Nach der Fußgängerbrücke geht es weiter nach rechts in Richtung Adenauerbrücke.

Station 3: N 49°58.152 E 009°08.106

Abfahrt/Auffahrt Nilkheim (14,62 mag/(arsec)²)

An dieser Stelle haben wir die schlechteste Himmelsqualität gemessen.

Welche Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke hat die Lampe (Messung am Boden)?

- 1) 6000 K und 100 Lux $C_1 = 0$
- 2) 1700 K und 50 Lux $C_2 = 4$
- 3) 3100 K und 22 Lux $C_3 = 8$

Nun lauft ihr über die Adenauerbrücke bis zur Ampelkreuzung. Von dort geht es Richtung Obernau. Zwischendurch könnt ihr das Aschaffenburg Schloss aus der Ferne bewundern. Die Lampen auf dieser Teilstrecke haben eine Lichtfarbe von 1700 K bis 2500 K.

Station 4: N 49°57.490 E 009°07.928

Abzweig Radweg (17,55 mag/(arsec)²)

Die Beleuchtung dieses Teils des Radweges ist das Vorzeigeprojekt der Stadt Aschaffenburg. Bildet euch selbst eine Meinung dazu und lauft den Radweg entlang in Richtung Main.

Welche Besonderheit haben die Lampen auf diesem Radweg?

- 1) Die Beleuchtungsstärke erhöht sich kurzzeitig durch einen Bewegungsmelder von 4 auf 17 Lux. ($D_1 = 0$)
- 2) Die Lampen sind aus und beginnen durch einen Bewegungsmelder zu leuchten. ($D_2 = 4$)
- 3) Die Lampen leuchten mit einer Lichtfarbe von 1700 K. ($D_3 = 8$)

Nun geht es immer weiter am Main entlang.

Station 5: N 49°57.877 E 009°08.235

Radweg direkt am Main (19,20 mag/(arsec)²)

An dieser Stelle haben wir die beste Himmelsqualität gemessen.

Was ist das Besondere an diesem Teil des Radweges?

- 1) Es liegen sehr viele beleuchtete Schiffe vor Anker. ($F_1 = 1$)
- 2) Der Radweg ist nicht beleuchtet. ($F_2 = 3$)
- 3) Hier befindet sich die Einstiegsstelle des Aschaffenburg Ruderclubs. ($F_3 = 7$)

Nun geht es weiter Richtung Adenauerbrücke.

Station 6: N 49°57.894 E 009°08.284

Dekolampe (16,86 mag/(arsec)²)

Diese Art von Straßenlampen findet man an vielen Stellen in Aschaffenburg und anderen Städten.

Wieso sind diese Lampen nicht umweltfreundlich?

- 1) Sie haben eine Beleuchtungsstärke von 200 Lux und blenden die Fußgänger. ($G_1 = 1$)
- 2) Die Lampen stehen zu eng beieinander. ($G_2 = 3$)

3) Sie strahlen das Licht zur Seite ab und haben eine Lichtfarbe von 3500 K. ($G_3 = 7$)

Die Sterne findet ihr unter:

Final: N 49°AB.CCB E 009°DC.FFG

Bis heute wurde der Cache offiziell zweimal geloggt, also gefunden. Wir sind gespannt, wie es weitergeht.

Ergebnisdiskussion und Ausblick

Bei unserer Projektfortführung haben wir weitere Messungen zur Himmelsqualität durchgeführt, die Helligkeit und Lichtfarbe von Straßenlampen bestimmt und das Wachstum von Pflanzen bzw. das Verhalten von Tieren beobachtet.

Unsere Vorhaben sind gut verlaufen, nur mit den Beobachtungen der Salzkrebse und Triopse sind wir nicht zufrieden. Aus Studien wissen wir aber, dass Licht an Gewässern die Tiere anzieht und es dabei aber nicht auf die Lichtfarbe ankommt. Grundsätzlich ist also jedes Licht in der Nähe eines Baches, Flusses, Sees usw. schädlich für die dort lebenden Tiere, sowohl am als auch im Wasser.

Die Himmelshelligkeit ist wetterabhängig. Trotz des vielen Regens in den letzten Monaten konnten wir bei unseren Messungen im Vergleich zum letzten Jahr einige Verbesserungen feststellen. Wir haben uns gefreut, dass wir auch Himmelshelligkeiten über $21 \text{ mag}/(\text{arcsec})^2$ messen konnten.

Die Untersuchung unseres Schulhofes in Bezug auf die Lichtverschmutzung ergab, dass fast alle Lampen eine Lichtfarbe von 4000 K besitzen und hell sind. Gern möchten wir die Situation weiter verbessern. Die allgemeine Empfehlung ist:



Quelle: Präsentation von Frau Frank

Da eine Umrüstung der Lampen kostspielig ist, haben wir auf Anraten von Frau Frank damit begonnen, zunächst Farbfolien zu testen. Wir fänden es außerdem gut, wenn an einzelnen Orten wie in Frankreich nachts auch einmal das Licht ganz ausgeschaltet wird.

Wenn man sich intensiv mit dem Thema Lichtverschmutzung auseinandersetzt, fallen einem überall schlechte Beispiele auf:



Geschäft in Aschaffenburg-Damm



Von unten beleuchteter Baum

Obwohl es schon verschiedene Initiativen gegen Lichtverschmutzung, zum Beispiel „Paten der Nacht“, „Dark Sky“ oder das „Hessische Netzwerk gegen Lichtverschmutzung“ gibt, ist das Thema in der Bevölkerung noch zu wenig bekannt. Deshalb versuchen wir, es in die Öffentlichkeit zu bringen.

Durch den Vortrag von Sabine Frank, die Zusammenarbeit mit dem BUND Naturschutz und dem Umweltamt Aschaffenburg, die Veröffentlichung von Artikeln sowie die Präsentation beim Regionalwettbewerb „Jugend forscht“ haben wir unserer Meinung nach einen guten Anfang gemacht. Bei unserem zweiten Besuch im Umweltamt erfuhren wir, dass Sabine Frank zu einem weiteren Vortrag nur für die Mitarbeitenden der Stadt Aschaffenburg eingeladen werden soll. Darüber haben wir uns sehr gefreut.

Außerdem sind wir schon sehr gespannt, welche Rückmeldungen wir zu unserer Geocaching-Runde bzw. zum Umrüsten der Lampe auf unserem Schulhof erhalten.

Wir haben Sabine Frank darüber informiert. Sie hat angeregt, Informationen zu diesen Aktionen an das „Hessische Netzwerk gegen Lichtverschmutzung“ zu schicken. Schon unsere Zusammenarbeit mit ihr wurde in den Jahresbericht des Sternenpark Rhön aufgenommen:

<https://darksky.org/places/rhon-dark-sky-reserve/>

(unter *Annual Reports – 2023 – Dateien* „Rhoen_DSR_Jugend_forscht23.pdf“ und „Rhoen_DSR_LPProjekt_Mädels.pdf“)

In den nächsten Wochen werden wir weiter den Kontakt zum Stadtrat suchen und hoffen, dass ein kommunaler Lichtrat gebildet werden kann. Außerdem hat sich noch Frau Schrieder vom

Naturwissenschaftlichen Verein Aschaffenburg bei uns gemeldet. Sie ist auch sehr an diesem Thema interessiert. Deshalb wollen wir uns demnächst einmal mit ihr treffen.

Wichtig war uns auch, die Auswirkungen der Lichtverschmutzung auf Bäume und andere Pflanzen zu zeigen. Uns ist bewusst, dass die Auffälligkeiten bei den Bäumen keine eindeutigen Beweise darstellen, da wir nicht wissen, wie der Baum ohne zusätzliche Beleuchtung sein Laub verloren hätte. Trotzdem sind wir der Meinung, dass wir Anhaltspunkte für Veränderungen durch Lampen dokumentieren konnten.

Bei den anderen Pflanzen konnten wir erkennen, dass das Wachstum sich durch künstliches Licht verstärkt, was sicher bei der Anzucht positiv zu bewerten ist. In der Natur allerdings führt es dazu, dass die Pflanzen keine nächtliche Erholungsphase haben. Sie geraten unter Stress, was ihre Lebensdauer verkürzt. Dabei spielt die Lichtfarbe nur eine untergeordnete Rolle.

Die Beobachtung der Tiere ist für uns noch nicht abgeschlossen. Gerade jetzt, wenn es wieder wärmer wird, können wir zum Beispiel das Verhalten von Insekten genauer untersuchen.

Auch die Arbeit an diesem Thema selbst möchten wir fortsetzen. Wir werden weiter an die Öffentlichkeit gehen und uns gegen Lichtverschmutzung engagieren.



Präsentation beim Regionalwettbewerb "Jugend forscht" im Februar 2024

Zusammenfassung

„Der Tag-Nacht-Rhythmus ist der grundlegendste Rhythmus des Lebens.“

Prof. Dr. Beate Jessel, bis August 2021 Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz (BfN)

Dieses Zitat zeigt, wie wichtig es ist, allen Lebewesen einen möglichst natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus zu ermöglichen. Doch leider hat vor allem durch den Einsatz der LED die Lichtverschmutzung in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Hier muss ein Umdenken einsetzen. Deshalb beschäftigen wir uns seit über einem Jahr mit diesem Thema und haben unserer Meinung nach schon viel erreicht.

Zu Beginn unserer Projektarbeit untersuchten wir die Qualität des Nachthimmels in vier verschiedenen Messgebieten. Drei davon befanden sich im Raum Aschaffenburg, das vierte in der Hessischen Rhön. Dabei begannen wir unsere Zusammenarbeit mit Sabine Frank, der Nachtschutzbeauftragten des Landkreises Fulda und Koordinatorin des Sternenpark Rhön.

Bei unserer Projektfortführung setzten wir einerseits unsere Messungen fort, wobei wir diese um drei Messgebiete ergänzten. Andererseits untersuchten wir die Auswirkungen von nächtlicher Beleuchtung auf verschiedene Pflanzen, auch in Abhängigkeit von der Lichtfarbe. Weiterhin beobachteten wir das Verhalten einiger Tiere unter dem Einfluss von künstlichem Licht. Durch unsere Beobachtungen und Versuche konnten wir zeigen, dass Pflanzen durch zusätzliches Licht stärker wachsen und größere Blätter bekommen. Wir haben beobachtet, dass Tiere sich am Licht orientieren, weshalb durch künstliches Licht ihr Lebensrhythmus gestört wird.

Ein weiterer Schwerpunkt unserer diesjährigen Arbeit war die Information der Öffentlichkeit. Das haben wir zum Beispiel durch die Veröffentlichung von Artikeln und einer Geocaching-Runde sowie der Organisation eines Vortrages getan. Außerdem reduzierten wir testweise die Lichtfarbe einer Lampe auf unserem Schulhof.

Aber auch der ungetrübte Blick in den Sternenhimmel ist für uns wichtig. Die Menschen sind schon Jahrtausende fasziniert davon und es wäre wirklich schade, wenn diese Möglichkeit immer mehr verloren geht.

Deshalb werden wir auch weiterhin mit der Stadt Aschaffenburg, dem BUND Naturschutz, Sabine Frank und weiteren interessierten Personen zusammenarbeiten, um die Lichtverschmutzung zu reduzieren und Menschen darüber aufzuklären.

Vielleicht wird Aschaffenburg ja doch irgendwann einmal „Sternenstadt“ wie Fulda es schon ist.

Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Rebecca Linke, Mirela Hincu, Hajra Scharifi: Untersuchungen zur Lichtverschmutzung im Raum Aschaffenburg, Schriftliche Arbeit BundesUmweltWettbewerb 2023.
- [2] Ulf Schönert: „Losgeforscht! 12 Projekte zum Einstieg“ in P.M. Heft 1/2020, S. 74.
- [3] :“Erhellte Meere“ in GEO Heft 06/ 2022, S. 116).
- [4] Anette Krop-Benesch: „Licht aus!? Lichtverschmutzung – Die unterschätzte Gefahr“, Rowohlt-Verlag, Hamburg 2019.
- [5] Ronald Stoyan, Fabio Falchi, Riccardo Furgoni: „SKY QUALITY MAP Karte der Lichtverschmutzung für Planung, Umweltschutz und Astronomie Deutschland“, Oculum-Verlag, Erlangen 2020.
- [6] Dr. Mark Bachhofer u.a.: Anleitung „Triops-Welt *Leben aus der Urzeit*“, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart, 2022.
- [7] Laura-Kim Do Dinh u.a.: Anleitung „Salz-Krebse *Überlebenskünstler in der Wüste*“, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart, 2019.
- [8] Anleitung Experimentierkasten „Original Salzkrebse“, Clementoni S.p.A., Frechen, 2022.
- [9] <http://www.verlustdernacht.de/> , zuletzt besucht am 14.01.24.
- [10] <https://www.paten-der-nacht.de/> , zuletzt besucht am 14.01.24.
- [11] <https://www.paten-der-nacht.de/lichtverschmutzung-messen/>, zuletzt besucht am 14.01.24.
- [12] <https://www.paten-der-nacht.de/reduzierung-lichtverschmutzung/>, zuletzt besucht am 14.01.24.
- [13] <https://verein-sternenpark-rhoen.de/>, zuletzt besucht am 14.01.24.
- [14] <https://www.biosphaerenreservat-rhoen.de/natur/sternenpark-rhoen>, zuletzt besucht am 14.01.24.
- [15] <https://www.fv-berlin.de/infos-fuer/medien-und-oeffentlichkeit/news/lichtverschmutzung-unterdrueckt-dunkelhormon-melatonin>, zuletzt besucht am 14.01.24.
- [16] <https://www.ardalpha.de/wissen/nobelpreis/nobelpreis-2017-medizinnobelpreis-medizin-100.html>, zuletzt besucht am 14.01.24.
- [17] <https://www.spektrum.de/news/lichtverschmutzung-bedroht-insekten/1423701>, zuletzt besucht am 14.01.2024.
- [18] Sabine Frank: Präsentation zum Vortrag „Vom Wert der Dunkelheit in Siedlungen“ am 06.12.23 am Karl-Theodor-von-Dalberg-Gymnasium Aschaffenburg.

- [19] <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/#zoom=11&lon=9.17924&lat=49.94929> , zuletzt besucht am 14.01.2024.
- [20] <https://www.meine-ernte.de/pflanzen-a-z/kraeuter/kresse/>, zuletzt besucht am 17.01.24.
- [21] <https://www.plantopedia.de/petersilie-lichtkeimer-oder-dunkelkeimer/> , zuletzt besucht am 17.01.24.
- [22] <https://www.pflanzenblog-in.de/2008/02/17/mimose-keimlinge-aussaat-vermehrung-mit-samen-mimosa-pudica/> , zuletzt besucht am 17.01.24.

Danksagung

Wir danken Sabine Frank, Nachtschutzbeauftragte des Landkreises Fulda und Koordinatorin des Sternenpark Rhön, für die enge Zusammenarbeit und die Bereitschaft, einen Fachvortrag an unserer Schule zu halten.

Weiterhin möchten wir uns bei den Mitarbeiterinnen des Amtes für Umwelt- und Verbraucherschutz Aschaffenburg, Helena Bachmann und Bettina Bruhm, für die fachliche Beratung und die Unterstützung mit Informationsmaterial bedanken.

Außerdem gilt unser Dank Dagmar Förster, Vorsitzende des BUND Naturschutz Aschaffenburg, für die Unterstützung bei der Organisation des Vortrages mit Sabine Frank und bei der Öffentlichkeitsarbeit.

Bei dem Hausmeister unserer Schule, Werner Kischel, möchten wir uns für die Hilfe bei der Umsetzung unserer Ideen zur Verbesserung der Situation auf unserem Schulhof bedanken.

Natürlich möchten wir uns auch bei unserer Betreuerin Heike Elschner bedanken, die uns stets bei der Projektdurchführung unterstützte und wichtige Kontakte knüpfte.

Anhang

- (1) Video „Salzkrebse_klein“ (MP4-Format)
- (2) Video „Salzkrebse_groß“ (MP4-Format)
- (3) Video „Triopse“ (MP4-Format)
- (4) Zeitungsartikel Main-Echo Bundesumweltwettbewerb (pdf-Datei)
- (5) Zeitungsartikel Main-Echo Vortrag Sabine Frank (pdf-Datei)