

# Lichtverschmutzung

## Hat Licht auch seine Schattenseiten?

Vertiefungsarbeit von  
Martina Sterki  
Fabienne Gräppi  
Nathalie Gräppi

Drogistinnen DRO 4a

Zuständige Lehrperson:  
Rahel Eckert – Stauber

Abgabetermin: 23.11.2015



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Vorwort</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Kann Licht tatsächlich schmutzig sein?</b> .....	<b>3</b>
2.1 Wie kommt das ganze Licht in die Dunkelheit? .....	4
2.2 Wie wir Licht richtig konsumieren .....	4
<b>3 Messmethoden</b> .....	<b>5</b>
3.1 Unsere Messungen .....	7
<b>4 Interview mit Herrn Lukas Schuler</b> .....	<b>9</b>
<b>5 Auswirkungen des Lichts auf Tiere und Pflanzen</b> .....	<b>16</b>
5.1 Vögel .....	16
5.2 Fledermäuse .....	17
5.3 Insekten.....	17
5.4 Pflanzen .....	18
<b>6 Interview mit Herrn Christian Hebeisen</b> .....	<b>19</b>
<b>7 Umfrage</b> .....	<b>22</b>
7.1 Fazit .....	26
<b>8 Auswirkungen des Lichts auf den Menschen</b> .....	<b>27</b>
8.1 Der Sehvorgang .....	27
8.2 Nicht-visuelle Funktionen des Auges .....	28
8.3 Der circadiane Rhythmus .....	28
<b>9 Schlusswort</b> .....	<b>30</b>
9.1 Reflexion unseres Arbeitsprozesses .....	30
<b>10 Erklärung</b> .....	<b>32</b>
<b>11 Quellenverzeichnis</b> .....	<b>33</b>

## Anhang:

- Mindmap
- Leistungsvereinbarung
- Planungsformular
- Arbeitsjournale
- Umfrageformular

# 1 Vorwort

Ich blicke in das verwirrte Gesicht meines Gegenübers. Wie die meisten Mitmenschen kann es sich unter dem Begriff "Lichtverschmutzung" nicht sehr viel vorstellen. Um ehrlich zu sein, das konnten wir zu Beginn unserer Arbeit auch noch nicht. Per Zufall habe ich vor einiger Zeit im Schweizer Fernsehen einen Beitrag von Einstein über Lichtverschmutzung verfolgt. Und als es einige Monate später an die Themenwahl der Vertiefungsarbeit ging, erinnerte ich mich daran und warf das Thema in die Runde. Genau weil dieses Thema noch nicht so viel Anklang findet und es bisher nur wenige Berichte in den Medien dazu gibt, hat uns das den Ansporn gegeben, uns und unserem Umfeld die Erhellung des Nachthimmels näher zu bringen. Denn die Lichtverschmutzung betrifft nicht nur Grossstädte wie Paris, London und Tokyo, sondern stellt auch hier in der Schweiz ein ernstzunehmendes Problem dar.

Wir wollen die Lichtverschmutzung unter den Gesichtspunkten der Technologie, der Ökologie und der Identität/Sozialisation beleuchten. Dazu wollen wir jeweils ein Interview mit einem Biologen von der Höheren Fachschule für Drogisten und einem Mitglied von Dark-Sky Switzerland führen. Ausserdem planen wir eine Umfrage in der Stadt Solothurn durchzuführen, später dazu eine Grafik zu erstellen und möchten anhand einer App selber Lichtmessungen in der Dunkelheit vornehmen.

Unter dem Aspekt, dass Licht uns Menschen nicht nur Sicherheit, Vertrautheit und die wichtigsten Grundbedürfnisse schenkt, haben wir folgende Fragestellung zum Thema Lichtverschmutzung erarbeitet: Hat Licht auch seine Schattenseiten? Es ist unser Ziel, am Ende unserer Vertiefungsarbeit positive wie auch negative Seiten von künstlichem Licht zu kennen. Wir wollen wissen, was eine erhöhte Lichtemission für Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen hat, wie wichtig die Weihnachtsbeleuchtung für die Menschen ist und was man als Gemeinschaft und als einzelne Person gegen die Lichtverschmutzung machen kann.

In diesem Sinne:

Licht an oder soll ich besser sagen Licht aus, für unsere Vertiefungsarbeit über die Lichtverschmutzung.

Martina Sterki, Fabienne Gräppi, Nathalie Gräppi (Autorin)

## 2 Kann Licht tatsächlich schmutzig sein?<sup>1</sup>

Der Begriff Lichtverschmutzung wird vom englischen Ausdruck "Light pollution" abgeleitet und kann für den Laien schon recht irreführend sein. Denn es handelt sich dabei nicht etwa um Licht, das wortwörtlich durch uns Menschen verschmutzt wurde, sondern um die erhöhte Lichtemission, die unseren Nachthimmel erhellt. Als weitere Bezeichnungen für die Lichtverschmutzung zählt man den Lichtsmog oder auch die Lichtglocke. Letztere ist dadurch charakterisiert, dass sich ein heller Dunst wie eine gigantische Käseglocke über eine Stadt legt und den Himmel erstrahlen lässt. Spannend ist auch, dass sich die Lichtverschmutzung proportional zum Wirtschaftswachstum verhält. Je entwickelter und industrialisierter eine Stadt oder ein Land ist, desto mehr trägt sie zur Verschmutzung des Nachthimmels bei. Da verwundert es einem auch kaum noch, dass die Nächte auf unserer Erde jedes Jahr um sechs Prozent heller werden. In Europa sprechen Wissenschaftler und Astronomen bereits schon von zehn Prozent pro Jahr. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Lichtverschmutzung in den letzten 50 Jahren massiv zugenommen hat. Astronomen waren dabei die ersten, die auf diesen Missstand hindeuteten. Denn schliesslich wurden auch ihre Beobachtungen und Messungen durch den zu hellen Sternenhimmel beeinträchtigt. Früher konnte man von blossem Auge bis zu 6500 Sterne bestaunen. Vorausgesetzt es herrschen gute Wetterverhältnisse und man befindet sich ausserhalb der Stadt, so sieht man heute mit viel Glück um die 200 bis 500 Sterne. Somit sehen wir, die Lichtverschmutzung hat nicht nur ökologische Folgen auf Mensch und Umwelt, sondern birgt auch den Verlust von jahrtausend alten Kulturgütern.



Abbildung 1: Lichtglocke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> <http://www.darksky.ch/index.php?id=52> , <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Lichtverschmutzung>  
[http://www.sz.ch/documents/Merkblatt\\_Lichtverschmutzung.pdf](http://www.sz.ch/documents/Merkblatt_Lichtverschmutzung.pdf)  
[https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt\\_natur\\_landschaft/umweltinformationen/lichtverschmutzung/lichtverschmutzung\\_1.jsp](https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/umweltinformationen/lichtverschmutzung/lichtverschmutzung_1.jsp)  
[http://www.welt.de/channels-extern/ipad/kultur\\_ipad/article13249187/Warum-die-Welt-wird-immer-heller-wird.html](http://www.welt.de/channels-extern/ipad/kultur_ipad/article13249187/Warum-die-Welt-wird-immer-heller-wird.html)  
[http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00847/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,Inp6i0NTU042i2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoB\\_f2ym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19Xi2IdvoaCVZ,s-.pdf](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00847/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,Inp6i0NTU042i2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoB_f2ym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19Xi2IdvoaCVZ,s-.pdf)

<sup>2</sup> Abb.1: [http://www.lichtverschmutzung.de/foto/bozen\\_gr.jpg](http://www.lichtverschmutzung.de/foto/bozen_gr.jpg)

## 2.1 Wie kommt das ganze Licht in die Dunkelheit?

Gehen wir davon aus, dass wir den Eingang zu einer Haustüre beleuchten wollen. Dazu kaufen wir uns eine klassische, kugelförmige Lampe in einem Baumarkt und installieren diese möglichst nahe der Haustüre. Da die Lampe kugelförmig ist, ist sie in keinerlei Richtung abgeschirmt. Somit erhellt sie nicht nur den Eingang, sondern zündet auch ungewollt auf die weisse Fassade, in die nahe Umgebung und natürlich auch in den Himmel. Die Lichtstrahlen der Lampe werden an den feinen Wassertröpfchen, den Staubpartikeln und den Stickstoffmolekülen der Luft gestreut und tragen so zur Erhellung des Nachthimmels bei. Stark reflektierende Oberflächen wie Marmor, Signalfarben der Strassen und helle Fassaden verstärken diesen Effekt. Natürlich muss man dazu sagen, dass die Lichtverschmutzung nicht Resultat einer einzigen Lampe ist, die nicht richtig installiert wurde. Sondern handelt es sich dabei um die Summe von vielen Lichtquellen, die allesamt ihr Licht ungehindert in den Nachthimmel streuen. Der grösste Teil der Lichtverschmutzung wird durch Skybeamer, Scheinwerfer, beleuchtete Treibhäuser, Skipisten und Bergflanken, Laser- und Lichtshows, sowie Leuchtreklame verursacht.

## 2.2 Wie wir Licht richtig konsumieren



Abbildung 2: Zielgerichteter Einsatz von Licht<sup>3</sup>

Schon oft wurde diskutiert, ob man Grenzwerte für die Beleuchtung einführen will. Bis anhin wurden diese Ideen aber immer wieder verworfen. Zur Eindämmung der übermässigen Lichtemission hat das BAFU (Bundesamt für Umwelt) eine Norm aufgestellt, an die sich Gemeinden wie auch Privatpersonen richten können.

<sup>3</sup>Abb.3: <http://image.slidesharecdn.com/sternwartelichtsmoguellensicher-150906230408-lva1-app6892/95/lichtverschmutzung-was-ist-das-14-638.jpg?cb=1441605634>

Dabei werden folgende Punkte beleuchtet:

1. Notwendigkeit Braucht es die bereits vorhandene oder die neue Beleuchtung tatsächlich?
2. Ausrichtung Beleuchtungen sollte man grundsätzlich von oben nach unten ausrichten. Dabei soll auch darauf geachtet werden, dass Wälder und Gewässer nicht mitbeleuchtet werden.
3. Lichtlenkung Eine Abschirmung an der Lampe verhindert unnötige Lichtemissionen in die Umgebung.
4. Helligkeit Die Beleuchtungsstärke sollte dem Beleuchtungszweck angepasst sein.
5. Lichtsteuerung Licht, welches nicht explizit der Sicherheit oder einem anderen wichtigen Zweck dient, ist zwischen 22.00 Uhr und 6.00 Uhr auszuschalten.

Ausserdem bieten sich uns auch Alternativen zu Quecksilberdampf lampen und Co. an. Normale Glühbirnen emittieren nicht nur im sichtbaren Lichtbereich, sondern auch im Infrarotbereich, weshalb sie auch Wärme erzeugen und mehr Energie benötigen. Lichtdioden verwenden dagegen ihre gesamte Energie im sichtbaren Bereich des Lichtes, deshalb sind sie schlussendlich auch energiesparender.

Nathalie Gräppi (Autorin)

### 3 Messmethoden<sup>4</sup>

Um die Lichtverschmutzung überhaupt messen zu können, kommen verschiedene Techniken zum Einsatz. Dabei spielt es eine wichtige Rolle, wo man die Lichtverschmutzung messen will. Denn nicht jede Messmethode eignet sich für alle Messungen gleich gut.

Beginnen wir mit dem Leuchtdichtemessgerät. Dieses Gerät eignet sich besonders gut, wenn man die Helligkeit eines einzelnen Objektes, zum Beispiel eines Schaufensters, ermitteln will. Dabei wird das Leuchtdichtemessgerät auf die hellste Stelle der Leuchtquelle gerichtet. Sobald die Messung beendet ist, erscheint auf dem Display das Ergebnis in der Einheit Candela.

---

<sup>4</sup> <http://www.extrasolar.ch/skyqualitymeter.html>  
<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Leuchtdichte>  
<http://www.lichtverschmutzung.de/seiten/sternenparks.php> , DSM Pro App  
Interview mit Herrn Lukas Schuler

Candela stammt aus dem Lateinischen und bedeutet soviel wie Kerze. Die Einheit gibt uns an, wie viele Kerzen pro Quadratmeter diese Helligkeit erzeugen. Zudem kann man diese Messungen auch aus einer grösseren Distanz vornehmen und man erhält trotzdem ein präzises Ergebnis.

Des Weiteren stellt sich der sogenannte Sky Quality Meter als Messmethode zur Verfügung. Es handelt sich um ein kleines Gerät, das in definierten Winkeln die Helligkeit des Himmels misst. Das Ergebnis wird in Magnituden pro Quadratbogensekunde angegeben. Hohe Werte zeigen uns dabei an, dass es dunkel ist. Je tiefer das Ergebnis also ist, desto heller der Nachthimmel. Als hohe Werte gelten hier  $21.0 \text{ mag/arcsec}^2$  und mehr. Es sind klare und vor allem sehr dunkle Nächte, an denen die Milchstraße von blossem Auge gut erkennbar ist. Werte die tiefer als  $17 \text{ mag/arcsec}^2$  liegen, kommen entweder bei Vollmond oder sehr starker Lichtverschmutzung zustande. Da der Sky Quality Meter das kostspieligste Messgerät darstellt (bis zu 6000.- Franken), arbeiten vor allem Astronomen mit dieser Methode.

Eine weitere Messtechnik ist das Luxmeter, welches auch in der Fotografie eingesetzt wird. Die Daten werden in der Einheit Lux angegeben. Lux ist die Beleuchtungsstärke und gibt uns somit an, wie viel Licht auf eine bestimmte Fläche auftrifft. Von allen Messtechniken ist das Luxmeter, mit Preisen ab 70.- Franken, übrigens die günstigste Variante.

Ausserdem arbeiten Wissenschaftler und Astronomen zusätzlich mit NASA-Satelliten, die die Lichtverschmutzung von oben messen und die ermittelten Daten in bestimmte Einheiten umrechnen. Dabei ist wichtig, dass man in wolkenfreien Nächten misst, denn der Satellit kann die effektive Strahlung nur bei klarem Himmel genau bemessen. Durch diese Methode sind ausserdem die berühmten Bilder von der Welt bei Nacht entstanden, wo man sehen kann, welche Städte unsere Erde am stärksten erhellen.



Abbildung 3: Europa bei Nacht<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Abb.3: [http://4.bp.blogspot.com/-PA9HUvNLz0/UOBmQk0lfzl/AAAAAAAAAWmI/T1e2r6GfqZs/s1600/europa\\_nacht.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-PA9HUvNLz0/UOBmQk0lfzl/AAAAAAAAAWmI/T1e2r6GfqZs/s1600/europa_nacht.jpg)

### 3.1 Unsere Messungen

Unsere Messungen haben wir mit dem Dark Sky Meter gemacht. Der Dark Sky Meter ist eine App, die durch die Kamera des Smartphones die Helligkeit des Nachthimmels misst. Dabei wird ein Sektor von 80° aus dem Himmel "herausgepickt" und daraus die mittlere Leuchtdichte berechnet. Das Ergebnis wird wie beim Sky Quality Meter in der astronomischen Einheit mag/arcsec<sup>2</sup> (Magnituden pro Quadratbogensekunde) angegeben. Die Messungen sollen gleichwertig sein wie die eines professionellen Gerätes. Leider besitzt nicht jedes Smartphone eine genug empfindliche Kamera um genaue Messungen machen zu können. Am genauesten werden die Messungen mit einem iPhone 4s oder einem neueren iPhone. Unsere Messungen haben wir mit dem iPhone 5 gemacht.

Wir haben Messungen in Bern und Schnottwil, einem Dorf im Bucheggberg, gemacht. Die Post in Schnottwil war dabei unser erster Messpunkt. Der zweite Punkt liegt im Wohnquartier von Nathalie und mir. Danach gingen wir in den Wald für unsere Messungen. Wir wollten somit eine schöne Abstufung der Dunkelheit aufzeigen. Jedoch war zwischen den ersten beiden Punkten kaum ein Unterschied festzustellen. Wahrscheinlich ist auch die Distanz zu gering. Es ist erstaunlich, wie das Licht des Mondes die Messergebnisse beeinflusst. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass in der Stadt als auch auf dem Land, eine eher hohe Lichtverschmutzung herrscht. Die nächtliche Beleuchtung des Bundeshauses erzeugt natürlich eine starke Erhellung des Himmels, aber mit solch hohen Werten hätten wir dennoch nicht gerechnet.

Fabienne Gräppi (Autorin), Nathalie Gräppi (Autorin)

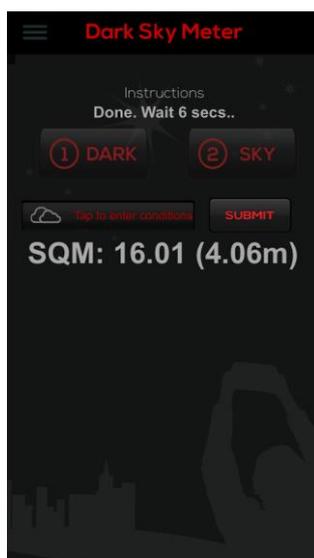


Abbildung 4: Screenshot von der Dark Sky Meter App<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Abb.4: Eigene Messung mit dem Dark Sky Meter auf dem iPhone5

Die folgende Tabelle zeigt den Ort, die Mondverhältnisse und unsere Ergebnisse in mag/arcsec<sup>2</sup> (Magnituden pro Quadratbogensekunde) an. Zur Veranschaulichung haben wir auf der Karte die Messpunkte mit den entsprechenden Farben eingetragen.

Ort	Mondverhältnis	Messung in mag/arcsec <sup>2</sup>
Schnottwil, SO Post	Vollmond	16.40
Schnottwil, SO Post	Neumond	17.48
Schnottwil, SO Weiheracher	Vollmond	16.32
Schnottwil, SO Weiheracher	Neumond	18.32
Schnottwil, SO Wald	Vollmond	17.84
Schnottwil, SO Wald	Neumond	18.67
Bern, Bundeshaus	Vollmond	14.23
Bern, Bundeshaus	Neumond	16.70
Bern, Hauptbahnhof	Vollmond	15.21
Bern, Hauptbahnhof	Neumond	16.01

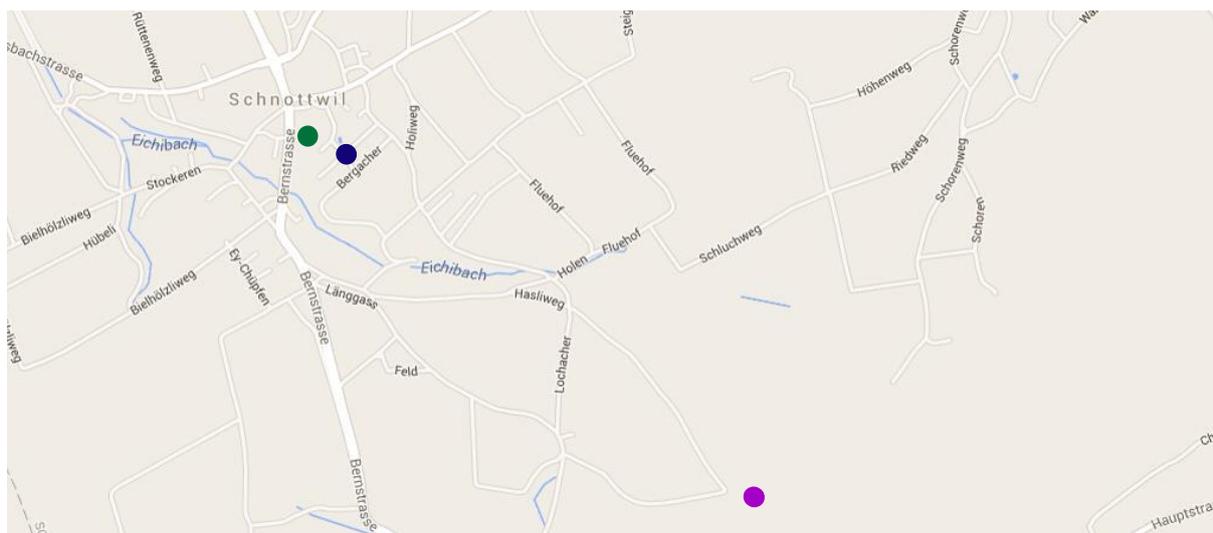


Abbildung 5: Landkarte von Schnottwil<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Abb.5: <https://www.google.ch/maps/place/Schnottwil/@47.1089137,7.3735054,14z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x478e23959c607081:0xadbb34a926f2f664>

## 4 Interview mit Herrn Lukas Schuler<sup>8</sup>

Abbildung 6: Interviewpartner Lukas Schuler<sup>9</sup>

Am 31. August 2015 haben wir uns mit Herrn Lukas Schuler, dem Präsidenten von Dark-Sky Switzerland, in Zürich getroffen. An diesem Nachmittag durften wir ein ausführliches Interview mit ihm durchführen.



### Wodurch sind Sie auf die Lichtverschmutzung aufmerksam geworden? Wie kamen Sie zu Dark-Sky Switzerland?

Schon als Jugendlicher habe ich mich für Astronomie interessiert und als Hobby die Sterne angeschaut. Ich hatte sogar mein eigenes Teleskop und mir wurde schnell bewusst, dass Strassenlaternen zu viel Licht an die Umwelt abgeben und der Himmel dadurch stark erhellt wird. Später traf ich mich oft mit ein paar Leuten von einem Verein, der auch eine Astronomiezeitung schrieb. Wir diskutierten oft über die Lichtverschmutzung und auch in ihrer Zeitung wurde dieses Thema immer wieder aufgegriffen. Unsere Vision von einem Verein, der sich gegen die Lichtverschmutzung engagiert, wurde durch Dark-Sky Switzerland im Jahre 1996 verwirklicht. Heute zählt Dark-Sky über 400 Mitglieder, von denen sich die meisten ehrenamtlich engagieren.

### Wie erklären Sie sich das Phänomen der Lichtverschmutzung?

Grundsätzlich strahlt eine Lichtquelle, wenn sie nicht speziell gelenkt wird, in jede Himmelsrichtung aus. Dabei kann die Leuchte eine 8 bis 40 prozentige Erhellung des Nachthimmels zur Folge haben. Ist die Lichtquelle gegen den Boden gerichtet und nach oben abgeschirmt, so erfolgt praktisch keine schädliche Lichtemission.

---

<sup>8</sup> SRF Einsteinbeitrag vom 18. Dezember 2014 – Lichtverschmutzung, Fablabs und Tiefsee-Kalmars

<sup>9</sup> Abb.6: [http://www.xirrus.ch/img/presse/Lukas\\_Schuler-2.jpg](http://www.xirrus.ch/img/presse/Lukas_Schuler-2.jpg)

Kann sie jedoch ungehindert in den Nachthimmel zünden, so wird das Licht durch Stickstoffteilchen oder durch feine Wassertröpfchen in der Luft reflektiert und es kommt zu einem erhellten Himmel. Das ist das gleiche Prinzip wie am Tag mit der Sonne. Die Sonne strahlt auf unsere Erde, die Strahlen werden an den Stickstoffmolekülen in der Atmosphäre reflektiert und es bietet sich uns der Anblick eines strahlend, hellblauen Himmels. Die Streuung des Lichts in der Atmosphäre ist also für die Helligkeit auf der Erde verantwortlich, sei dies über den natürlichen Weg durch die Sonne, oder eben nachts durch das künstliche Licht.

Dabei ist noch anzumerken, dass auch der Mond zu einer erhöhten Helligkeit in der Nacht beiträgt. Jedoch entspringt dieses Licht einer natürlichen Quelle und die Lebewesen sind daran gewöhnt. Erst die Summe von Mondlicht und dem Licht der Städte, kann den Lebewesen auf die Dauer schaden.

### **Wie ist das Bewusstsein der Bevölkerung/Staat/Kantone/Lichtindustrie zur Lichtverschmutzung?**

Es ist sehr verschieden. Das Bundesamt für Umwelt zum Beispiel, hat sich dieser Sache schon recht gut angenommen und kategorisiert die Lichtverschmutzung in zwei Bereiche. Dazu zählen die klassische Aufhellung des Nachthimmels und die Störung von Mensch und Tier durch künstliche Lichtquellen. Letzteres gilt dann auch am Tag, als Beispiel dient hier die Reflexion von Licht an Solaranlagen, durch die sich ein Nachbar gestört fühlen könnte. Auch die Gesellschaft interessiert sich immer mehr für dieses Thema, was nicht zuletzt den Medien zuzuschreiben ist.

Spannend ist es in der Lichtindustrie, denn dort scheiden sich die Geister. Während sich die einen Leuchtehersteller für eine umweltfreundliche und gezielte Beleuchtung einsetzen, gibt es leider immer noch viele Hersteller, denen es egal ist, was auf den Markt kommt. Auch wenn sich dieser dessen oft gar nicht bewusst ist, ist es schlussendlich der Konsument, der mit seinem Kaufverhalten massgeblich dazu beiträgt, ob die Lichtemission in Schach gehalten werden kann oder ob sie künftig zunehmen wird.

### **Welche Faktoren tragen in der Schweiz zur Lichtverschmutzung bei?**

Ganz klar sind hier die Flughäfen von Zürich, Genf und Basel, sowie das ausgedehnte Verkehrsnetz der Schweiz zu nennen. Obwohl sie wesentlich an der Lichtverschmutzung beteiligt sind, obliegen sie gewissen Sicherheitsstandards, die wir natürlich respektieren. Ein Beitrag zur Lichtverschmutzung stellen auch die Sportanlagen dar. Der Fairness halber müssen in allen Stadien dieselben Lichtverhältnisse herrschen und meistens wird das Stadion dann sehr stark beleuchtet. Doch der grösste Teil der übermässigen Lichtemissionen stammt von Schaufenstern, Reklametafeln und anderen Leuchten, die Werbezwecken dienen.

### **Wie haben sich die Lichtemissionen in den letzten Jahren verändert?**

Laut dem Bundesamt für Umwelt hat die Lichtemission in den letzten Jahren stark zugenommen. Dabei fällt auf, dass sich die Lichtverschmutzung proportional zum Wirtschaftswachstum verhält. In Kantonen wie Zürich, Zug und im Tessin, wo die Wirtschaft gerade einen Aufschwung erfährt, ist auch die Lichtverschmutzung zurzeit grösser als in anderen Regionen der Schweiz.

### **Wo findet man die grösste Lichtverschmutzung in der Schweiz? (Wissenschaftler behaupten, es gäbe keinen Quadratkilometer mehr, indem noch natürliche dunkle Nachtverhältnisse herrschen.)**

Diese Aussage stammt von einem italienischen Wissenschaftler aus dem Jahre 1998. Er hat alle Lichtquellen durch Satellitenbilder aufgenommen und anhand seiner Daten die statistische Lichtstreuung in der Atmosphäre gemessen. Und tatsächlich finden wir in der Schweiz keinen einzigen Ort mehr, an dem man noch alle Sterne, die sonst von blossen Auge erkennbar wären, sieht. Sogar in den Alpen wird ein Teil der Sterne durch das Licht gewissermassen verschluckt. Grund dafür sind Grossstädte wie Zürich, die ihr Licht bis zu 100 Kilometer streuen können. Es ist auch die Stadt Zürich, die in der Schweiz am hellsten strahlt. Zusammen mit anderen Städten wie Madrid, Paris und London, erhellt sie Europa bei Nacht und trägt so zu einem Grossteil der Lichtverschmutzung bei.

### **Was wird unter einer Lichtglocke verstanden? Wie kann so eine entstehen?**

Unter einer Lichtglocke versteht man den halbkugelförmigen Lichtschleier, der sich über eine Stadt legt. Je nach Wetterbedingungen ist sie mehr oder weniger vorhanden. Bei ganz trockener Luft kann fast keine Lichtglocke entstehen, weil es zu wenig Wassertröpfchen hat, die das eintreffende Licht streuen könnten.

### **Was versteht man unter Lichtabfall?**

Jedes Licht, das nicht dem eigentlichen Nutzen entspricht, ist Lichtabfall. Konkret bedeutet dies, dass es sich um Lichtquellen handelt, die nicht abgeschirmt werden und somit überflüssige Flächen beleuchten. Nehmen wir hier beispielsweise eine Strassenlaterne. Sie sollte mit ihrem Lichtkegel theoretisch gesehen die Strasse soweit beleuchten, bis die nächste Lampe folgt. Beleuchtet sie dabei aber auch noch die Wiese nebenan, so wird dieser Teil des Lichtkegels als Lichtabfall bezeichnet.

## Was ist der Unterschied zwischen Lichtemission und Lichtimission?

Licht, das von einer Lichtquelle ausgestrahlt wird, bezeichnet man als Lichtemission. Also alles, was von der Lichtquelle wegführt. Wenn Licht von seiner Quelle aus in unser Auge eintrifft, so wird dieses Licht als Lichtimission bezeichnet.

## Welche Lichtzusammensetzungen gibt es? Welche davon sind am umweltfreundlichsten? (Ultraviolettanteile, Blauanteile, weisses/oranges Licht)

Ein sehr wichtiger Punkt, aber auch sehr schwer zu beantworten. Denn jedes Lebewesen ist anders und nimmt Licht anders wahr. Die meisten Säugetiere nehmen Licht gleich wie wir Menschen wahr. Dabei unterscheiden wir grundsätzlich zwischen warmem (gelb) und kaltem Licht (blau). Diese beiden sind es auch, die uns den Tag- und Nachtrhythmus angeben. Bei Sonnenaufgang ist das Licht am wärmsten und kühlt im Verlauf des Tages wieder ab. Wenn es nun wieder Abend wird, so wird das Licht zunächst wieder ein wenig oranger, dies liegt daran, dass die Atmosphäre vermehrt rotes Licht streut. Die Farbtemperatur sinkt also. Kurz darauf folgt die sogenannte blaue Stunde, in der die Sonne bereits untergegangen ist und der Himmel sich blau verfärbt. Von da an nimmt die Farbtemperatur wieder massiv zu. Somit können wir sagen, je höher die Farbtemperatur, desto mehr Nacht. Nun müssen wir natürlich zwischen den nachtaktiven und den tagaktiven Lebewesen unterscheiden. Für nachtaktive Organismen ist gewissermassen die Nacht der Tag, sie reagieren vor allem auf sehr hohe Farbtemperaturen im Blaubereich. Auch wir tagaktiven Lebewesen orientieren uns an den blauen Farbtemperaturen, jedoch in viel tieferen Stufen. Blaues Licht macht uns wach, oranges Licht signalisiert uns den Wechsel von Tag und Nacht und macht uns müde.

Somit wird unser Schlafrythmus weitgehend vom Licht gesteuert. Denn wenn man in der Nacht zu viel blaues Licht konsumiert, werden in unserem Gehirn zu wenig Schlafhormone ausgeschüttet und der Körper befindet sich durchgehend in der Wachphase. Auf die Dauer kann so etwas natürlich schwerwiegende Folgen für unsere Gesundheit haben. Aus diesen Gründen sind wir von Dark-Sky Switzerland der Überzeugung, dass warmes Licht am wenigsten schädlich ist für Mensch und Tier. Denn die nachtaktiven Tiere werden von gelben Lichtquellen kaum gestört und wir Menschen werden durch diese höchstens noch schläfriger. Das einzige Problem stellen hier die Zugvögel dar. Sie orientieren sich am Sonnenaufgang und Sonnenuntergang. Durch höher gelegene gelbe Lichtquellen, wie zum Beispiel rote Warnlichter an Antennen, können sie die Orientierung verlieren. Sie sehen, es gibt keine ideale Lösung für alle Lebewesen, aber wir streben den bestmöglichen Kompromiss an.

## Welche Lampen verursachen die geringsten Lichtemissionen?

- LED (Leuchtdioden)
- Natriumdampflampen
- Quecksilberdampflampen

Ich bin mir nicht 100 Prozent sicher, aber ich glaube fast, es sind die Natriumdampflampen, die wir vor allem für die Strassenlaternen einsetzen. Sie erleuchten die Umgebung überwiegend mit orangem Licht und besitzen nur geringe Anteile an blauem Licht. Wenn man die Quecksilberdampflampe mit ihrem breiten Spektrum an Farben, die teils bis in den ultravioletten Bereich reichen, daneben vergleicht, so wird meine Theorie optimal untermauert. Denn Quecksilberdampflampen ziehen durch ihr UV-Licht sehr viele Insekten an, die stundenlang um die Lampe herumfliegen und dann vor Erschöpfung sterben. Daneben haben wir natürlich auch noch die LED Lampen, die dem Sonnenlicht recht ähnlich nachempfunden sind. Sie sind aus blauen wie auch roten Lichtfarben zusammengesetzt, besitzen aber weder Ultraviolett- noch Infrarotanteile. Je nach Menge des blauen Lichts, erscheint uns die Lichtquelle mehr oder weniger grell. Ausserdem muss natürlich auf eine optimale Lenkung des Lichtkegels geachtet werden, sonst bringt auch die beste Lichtzusammensetzung nicht viel.

## Wo sehen Sie persönlich die Stärken und Schwächen von LED Lampen?

Während eine Natriumdampflampe ca. 110-150 Watt in der Stunde verbraucht, reichen bei der LED Leuchte 35 Watt für den gleichen Zeitraum völlig aus. Eigentlich ist dies ja ein super Argument für LED Lampen, aber es gibt leider sehr viele Leute, die dann noch mehr Lampen installieren, weil sie für denselben Preis mehr beleuchten können als vorher.

## Vor einigen Jahren hat Zürich den Plan Lumière ins Leben gerufen. Bei solch einem Lichtplan geht es in erster Linie darum, das Licht gezielter einzusetzen um die Architektur von bedeutsamen Monumenten hervorzuheben. Was muss man bei einem Lichtplan beachten?

Zürich hat die Idee von Lyon übernommen. Ich glaube sogar, dass es auch die Franzosen waren, die dieses Projekt entworfen haben. Ursprünglich war es die Idee von Architekten, denn sie wollten der Architektur auch bei Nacht zu mehr Aufsehen verhelfen. Denn wenn ein Objekt durch und durch beleuchtet wird, so werden schlussendlich bestimmte Farben, Formen und Finessen gar nicht mehr richtig wahrgenommen.

In Zürich hat man sich für dieses Projekt zehn Jahre Zeit eingeräumt. Neben dem kulturellen Aspekt, hat man sich auch für eine möglichst umweltfreundliche Umsetzung stark gemacht. Wenn man schon eine geplante Beleuchtung anstrebt, dann auch eine, mit möglichst geringer Lichtemission. So sind dann auch die Projektionslichter entstanden. Diese beleuchten nur die zu beleuchtende Fläche und werden gegen alle anderen Seiten ganz genau abgeschirmt. Obwohl es immer noch offene Baustellen in der Stadt Zürich hätte, neigt sich dieses Projekt, nicht zuletzt wegen dem fehlenden Budget, dem Ende zu. Wir hoffen natürlich, dass sich die Stadt trotzdem weiter für die Sache engagiert.

### **Haben Sie auch schon Reklamationen in Bezug auf die Lichtverschmutzung von Privatpersonen mitbekommen?**

Ja sicher. Wir haben schon von vielen Fällen gehört, bei denen die Gemeinde eine neue Beleuchtung angestrebt hat und die Bewohner allesamt dagegen waren. Auch hört man von vielen Reklamationen, weil das Licht zu aggressiv ist und blendet. Oder weil öffentliche Anlagen sehr schlecht und zu lange beleuchtet werden. Fühlt sich jemand konkret durch eine Beleuchtung belästigt, so kann er auch mit uns Kontakt aufnehmen. Wir steuern gewissermassen die Hilfe zur Selbsthilfe an und unterstützen die Betroffenen so gut wie möglich.

### **Was kann man gegen die Lichtverschmutzung machen? Wie kann man die Bevölkerung zum Lichtsparen bewegen?**

Generell sollte man die Richtlinien zur Nachtruhe einhalten, denn diese gelten nicht nur für Lärm, sondern auch für Licht. Die Norm besagt ganz klar, dass Licht im öffentlichen Raum von 22.00 Uhr abends bis 6.00 Uhr morgens abgeschaltet werden muss. Zeitschaltuhren eignen sich daher besonders gut. Auch sollte man sich fragen, ob es denn tatsächlich eine Beleuchtung braucht. Zudem ist es ganz wichtig, wie man die Lampen anbringt. Man sollte darauf achten, dass das Licht gut abgeschirmt wird und dass es auf den Boden, und keineswegs in den Himmel gezündet wird. Meistens braucht es nur ein paar Handgriffe, um der Lichtverschmutzung Einhalt zu gebieten.

**Finden Sie dem Thema Lichtverschmutzung wird genügend Aufmerksamkeit geschenkt?**

In den Medien schon. Bei den Behörden eher weniger. Obwohl man hier klar sagen muss, dass es doch Behörden gibt, die ganz fortschrittlich handeln. Wir haben auch schon miterleben dürfen, dass uns Gemeinden eingeladen haben, um ihre Beleuchtung zu messen und ihnen Tipps zur Optimierung zu geben. Es herrscht also doch ein recht grosser Unterschied in der Sensibilität der Menschen und wie sie mit diesem Thema umgehen.

Nathalie Gräppi (Autorin)

## 5 Auswirkungen des Lichts auf Tiere und Pflanzen<sup>10</sup>

Tatsächlich hat die von uns verursachte Lichtverschmutzung nicht nur Auswirkungen auf den Menschen, sondern schliesst Tiere und sogar Pflanzen gleichermassen mit ein. Tiere sind hochsensible Lebewesen, für die das Licht eine enorm wichtige Rolle spielt. Hat es zu viel Licht um die falsche Tageszeit, so können auf die Dauer ganze Ökosysteme durcheinander gebracht werden. Anhand einiger Tierarten, möchten wir auf die Auswirkungen der Lichtverschmutzung auf Tiere und Pflanzen eingehen. Dabei ist anzumerken, dass die genauen Folgen noch nicht vollständig abgeklärt sind.

### 5.1 Vögel



Abbildung 7: Orientierung der Vögel<sup>11</sup>

Zugvögel legen unglaubliche Strecken von ihrem Brutort zu ihrem Winterquartier zurück. Oft fliegen sie tausende Kilometer weit und überqueren dabei teils auch ganze Kontinente. Damit sie sich nicht verfliegen, werden sie von einem inneren Kompass gesteuert. Dieser wird durch das Magnetfeld der Erde, die Sterne, die Sonne und den Mond beeinflusst. Vor allem das Licht des Mondes ist für die Orientierung der Vögel unabdingbar. Fliegen Vögel direkt über ein Gebiet mit grosser Lichtverschmutzung, so kann es vorkommen, dass die Vögel ihre Orientierung verlieren und unweigerlich von ihrem Kurs abkommen. Man könnte fast sagen, dass sie in der Lichtglocke gefangen sind. Stundenlang fliegen sie dann desorientiert im Kreis herum, verlieren wertvolle Energie für ihren Flug und können sogar an der massiven Erschöpfung sterben.

<sup>10</sup> <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/lichtverschmutzung-strassenlaternen-hemmen-pflanzenbluete-a-1023759.html>  
<http://www.vogelwarte.ch/de/voegel/vogelzug-info/rastplaetze.html>  
<http://www.fledermausschutz.ch/Fledermaeuse/Ernaehrung.html>  
<http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=30334>

<sup>11</sup> Abb.7: [http://www.darksky.ch/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_vogelzug\\_e2bfc56beb.jpg](http://www.darksky.ch/fileadmin/_processed_/csm_vogelzug_e2bfc56beb.jpg)

Es wurde auch schon beobachtet, dass mehrere Schwärme miteinander kollidiert sind oder einzelne Vögel gegen Gebäude geflogen und dann abgestürzt sind.

Auch plötzliche Lichtreize von Scheinwerfern oder Skybeamern haben einen negativen Einfluss auf ihr Flugverhalten. Die Vögel können mit einer solch starken Lichtquelle nicht umgehen und versuchen, ihr zu entweichen. Dabei fliegen sie senkrecht in den Himmel empor, bis das Licht schwächer wird und sie darüber fliegen können. Auch hier sind wieder massive Energieverluste auf Seite der Zugvögel zu beklagen. So kann es schlussendlich vorkommen, dass die Flugroute der Zugvögel verkürzt wird und sie ihr Winterquartier im Süden gar nie erreichen.

## **5.2 Fledermäuse**

In der Schweiz gibt es ca. 30 einheimische Fledermausarten. Fledermäuse sind vom Aussterben bedroht und daher geschützt. Für den Rückgang der Fledermäuse gibt es viele Gründe.

Neben dem Verlust der Lebensräume und dem mangelnden Nahrungsangebot an Insekten, trägt auch die Lichtverschmutzung einen wesentlichen Teil dazu bei. Fledermäuse sind nachtaktiv und reagieren oft sehr empfindlich auf Licht. Sobald es dunkel wird, verlassen sie ihr Tagquartier und gehen auf Beutefang. Dabei frisst eine Fledermaus in einer einzigen Nacht bis zur Hälfte ihres eigenen Körpergewichts. Ihre Nahrung besteht vorwiegend aus Insekten, die sie entweder mitten im Flug oder an Bäumen, Sträuchern oder im Gras aufschnappt. Wird der Eingang ihres Tagquartiers am Abend durch künstliches Licht beleuchtet, so fliegt die Fledermaus entweder viel später oder gar nicht aus. Somit wird die Nahrungssuche deutlich verkürzt. Findet die Fledermaus auf Dauer zu wenig Nahrung, kann sie nicht genügend Fettreserven anlegen um ihren Winterschlaf von Oktober/November bis April zu halten. Es gibt aber auch wenige Fledermausarten, die vom Licht profitieren. Dabei handelt es sich um Arten, die nicht lichtscheu sind und ihr Jagdrevier auch auf beleuchtete Gebiete ausgedehnt haben. Denn sie haben schnell gemerkt, dass es in der Nähe von Strassenlaternen Nahrung in Hülle und Fülle gibt.

## **5.3 Insekten**

Die Tageslänge steuert bei Insekten den Schlüpfrythmus und ist Auslösefaktor für die Winterruhe. Damit nachtaktive Insekten auf ihrer Flugroute bleiben und geradeaus fliegen, orientieren sie sich am Stand des Mondes. Dabei wird immer ein konstanter Winkel zum Mond eingehalten. Durch die weite Entfernung des Mondes, bleibt dieser Winkel immer gleich. Bei stark bewölkten Nächten können sich die Insekten nicht mehr am Mond orientieren und lassen sich von anderen Lichtquellen beeinflussen. Dabei werden sie von UV-Licht magisch angezogen.

Die Insekten merken nicht, dass es sich dabei nicht um den Mond, sondern um eine Strassenlaterne handelt. Da diese künstliche Lichtquelle aber nicht so weit entfernt ist wie der Mond, ändern sich die Winkel zwischen Insekt und Lichtquelle immer wieder. Die Folge: Das Insekt versucht die ungleichen Winkel zu korrigieren, gelangt in eine Spirale und fliegt ohne es zu merken im Kreis um die Strassenlaterne. Dabei geht enorm viel Energie verloren, die die Insekten eigentlich für die Nahrungs- und Partnersuche brauchen würden. Ausserdem werden sie so zu leichter Beute für ihre Feinde oder verbrennen an der Lampe.



Abbildung 8: Insekten an einer Lichtquelle<sup>12</sup>

## 5.4 Pflanzen

Künstliches Licht beeinflusst die Blütenbildung, das Wachstum und die Fruchtbildung der Pflanzen. Der Biorhythmus von Bäumen, Sträuchern und auch anderen Pflanzen in der Stadt, verhält sich teilweise ganz anders als der Biorhythmus von Pflanzen auf dem Land oder sogar im Wald. Erhöhter Lichteinfluss kann zum Beispiel die Blütendichte und die Blätterentwicklung im Frühling verstärken. Auch wird das Laub erst viel später im Herbst abgeworfen, was wiederum zu Frostschäden an der Pflanze führen kann.

Martina Sterki (Autorin)

---

<sup>12</sup> Abb.8: <http://www.ksta.de/image/view/2012/4/23/16250262,12864958,dmData,Laterne+%25281336473392451%2529.jpg>

## 6 Interview mit Herrn Christian Hebeisen

Abbildung 9: Interviewpartner Christian Hebeisen<sup>13</sup>

Am Montag, 14. September 2015 durften wir drei Frauen mit Herrn Christian Hebeisen, Biologe und Lehrer an der höheren Fachschule für Drogisten, ein Interview zum Aspekt Ökologie an der ESD in Neuenburg durchführen. Wir waren sehr gespannt und freuten uns auf das Interview mit ihm.



### Warum ist die Lichtverschmutzung vor allem im Frühling und Herbst ein Problem für Tiere?

Im Frühling findet die Fortpflanzungsperiode statt und im Herbst suchen die Tiere Futter für den Wintervorrat. Durch die Lichtverschmutzung werden sie in ihrem normalen Lebensrhythmus gestört und brauchen für alles mehr Energie. Sie sind länger aktiv und können dadurch weniger oder keine Energie für den Winter sparen. Gleichzeitig müssen sie ihr Territorium verteidigen und auf Partner- und Nahrungssuche gehen. Je mehr Energie sie verbrauchen, desto grösser ist das Risiko, dass sie den Winter nicht überleben oder einem anderen Raubtier zum Opfer fallen.

### Wie wirkt sich das künstliche Licht auf die Futtersuche, die Fortpflanzung, die Räuber-Beute- Beziehungen und den Biorhythmus von Tieren aus?

Der ganze Biorhythmus der Tiere ist gestört, dadurch gibt es Änderungen im Lebensstil. Einzig in der Stadt kann es für manche Tiere einen Vorteil haben. Sie können zum Beispiel länger auf Futtersuche für den Wintervorrat gehen. Aber auf längere Zeit gesehen, hat es für alle am Ende einen negativen Einfluss.

Je spezialisierter ein Tier auf eine Beute ist, desto schneller kann diese Tierart aussterben. Entweder passt sich der Räuber an die neue Situation an und findet eine andere Beutequelle oder er stirbt aus.

---

<sup>13</sup> Abb.9:

[http://www.esd.ch/plugins/content/sige/plugin\\_sige/showthumb.php?img=/images/lehrer\\_mitarbeiter/hebeisen.jpg&width=200&height=200&quality=80&ratio=1&crop=0&crop\\_factor=50&thumbdetail=0](http://www.esd.ch/plugins/content/sige/plugin_sige/showthumb.php?img=/images/lehrer_mitarbeiter/hebeisen.jpg&width=200&height=200&quality=80&ratio=1&crop=0&crop_factor=50&thumbdetail=0)

### **Inwiefern können durch die Lichtverschmutzung ganze Ökosysteme gestört oder verschoben werden?**

Es kann die Natur generell beeinflussen. Da die Ökosysteme nicht für sich stehen und alle miteinander verbunden sind, entsteht unweigerlich ein Kreislauf, der schlussendlich auch den Menschen miteinbezieht. Dass es einen Einfluss hat, ist ganz klar, aber welchen genau, ist noch nicht vollständig erforscht. Durch kleine Konsequenzen ist man langsam auf dieses Thema aufmerksam geworden und hat angefangen, erste Messungen zu machen und die Menschen zu informieren.

### **Sind schon Tier- oder Pflanzenarten wegen der zu hohen Lichtemission ausgestorben oder davon gefährdet?**

Die Lichtverschmutzung ist (noch) nicht so stark, dass deswegen Tier- oder Pflanzenarten ausgestorben sind. Für das Aussterben gibt es andere Gründe.

### **Welche Tier- und Pflanzenarten sind von der Lichtverschmutzung am stärksten betroffen?**

Genau kann man das nicht sagen. Lichtsensible Arten wie Vögel oder Amphibien reagieren aber verstärkt auf künstliches Licht. Sicher ist, dass dort wo es am meisten Licht hat, wie zum Beispiel in Städten, die Tiere und Pflanzen stärker betroffen sind.

### **Welche Auswirkungen hat die Lichtverschmutzung auf Zugvögel? Wie sehr werden sie von einer Lichtglocke beeinflusst?**

Die Zugvögel fliegen zum Teil nicht mehr bis nach Afrika. Wenn der Winter mild ist und sie Nahrung finden, kommen sie herunter und fliegen nicht mehr weiter.

Dort wo es mehr Licht hat, bleiben sie länger. Durch das Bodenlicht werden sie angezogen und ihre Flugroute wird gestört. Wenn sie zu tief fliegen, kann es sein, dass sie in ein Hochhaus fliegen und sterben. In der Nacht orientieren sie sich am Mondlicht und an den Sternen und wenn es dann viel Licht am Boden hat, werden sie davon angezogen. Dadurch fliegen sie manchmal stundenlang um Städte, also über der sogenannten Lichtglocke und sterben dann an Erschöpfung oder sie verhungern.

### **Nachtfalter sammeln Nektar von Blüten. Wird dieser Vorgang durch die Lichtverschmutzung vermindert? Welche Auswirkungen resultieren daraus?**

Ja, sie sammeln weniger Nektar. Wenn sie Licht sehen, werden sie von diesem angezogen und gehen während dieser Zeit nicht auf die Blüten.

Wenn der Vorgang der Bestäubung am Tag durch die Bienen kompensiert werden kann, dann hat dies für die Pflanzen keinen gravierenden Effekt. Die Nachtfalter jedoch können nicht mehr ihren natürlichen Aufgaben nachgehen und sterben oft an Erschöpfung.

### **Was passiert bei einer sogenannten Schreckreaktion von Tieren? Warum bleiben Rehe, wenn sie von einem Auto geblendet werden, auf der Straße stehen, statt wegzurennen?**

Allgemein Tiere, wie zum Beispiel auch die Rehe, empfinden Licht nicht als eine Gefahr oder fühlen sich bedroht. Wenn sie Licht sehen, sind sie interessiert und wollen schauen was da kommt. Bei einem Auto ist es dann leider meist schon zu spät, um noch wegzurennen. Wenn man schnell reagieren kann und das Licht ausschaltet, hören sie das Auto und rennen vielleicht noch davon. Die Schreckreaktion bei Vögeln passiert nur bei extrem starkem Licht, wie bei Openairs oder das Licht von Scheinwerfern. Wenn das Licht direkt in den Himmel scheint, versuchen sie auszuweichen. Statt um die Lichtquelle herum auszuweichen, fliegen sie senkrecht in den Himmel hinauf, bis es schwach genug ist, damit sie darüber fliegen können. Dies braucht viel mehr Energie.

### **Was bedeutet die Aussage: "Künstliches Licht kann den Lebensraum von Tieren zerschneiden?"**

Für nachtaktive Tiere ist es wichtig, dass es in der Nacht richtig dunkel ist. Zum Beispiel lichtscheue Fische, die nur bei Dunkelheit aus ihrem Versteck kommen, können nicht mehr durch das beleuchtete Gebiet schwimmen. So findet keine Vermehrung mehr statt und auch die Räuber-Beute Beziehungen werden durcheinander gebracht.

### **Von welchem Licht werden Insekten hauptsächlich angezogen?**

Sie werden vom ultravioletten Licht am stärksten angezogen. Die Insekten haben sensiblere Augen, sehen mehr Farben als wir Menschen und sehen zum Teil ultraviolettes und infrarotes Licht.

Mit dem Anreise- und Rückweg waren wir ca. drei Stunden unterwegs. Es war ein langer aber erfolgreicher Tag. Das Interview hat uns viel gebracht und wir hatten die Informationen, die wir uns erhofften, bekommen.

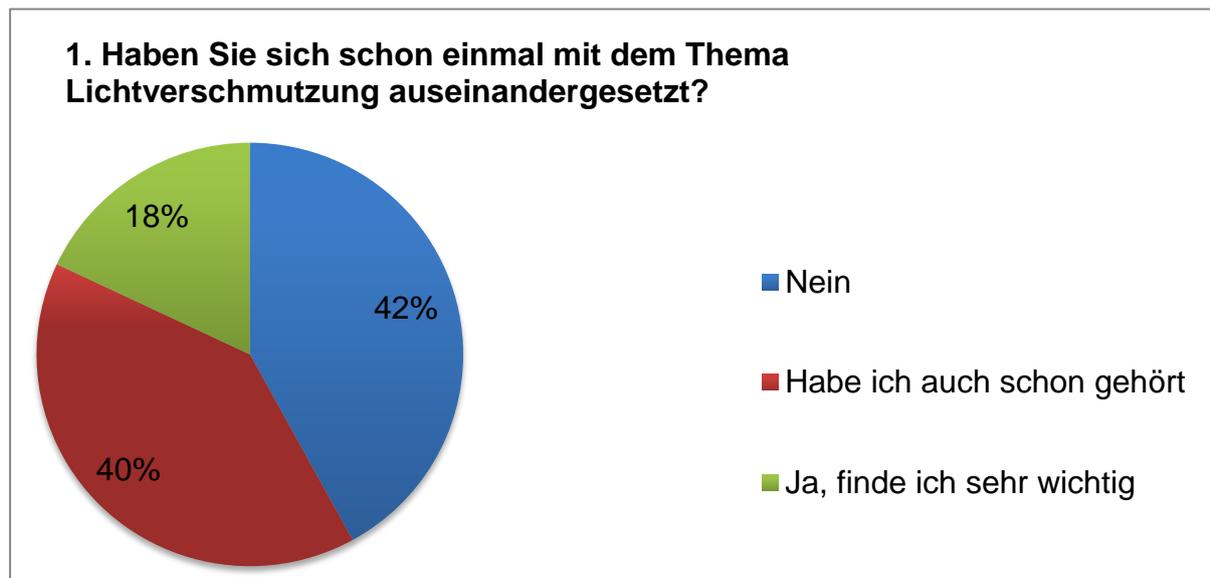
Martina Sterki (Autorin)

## 7 Umfrage

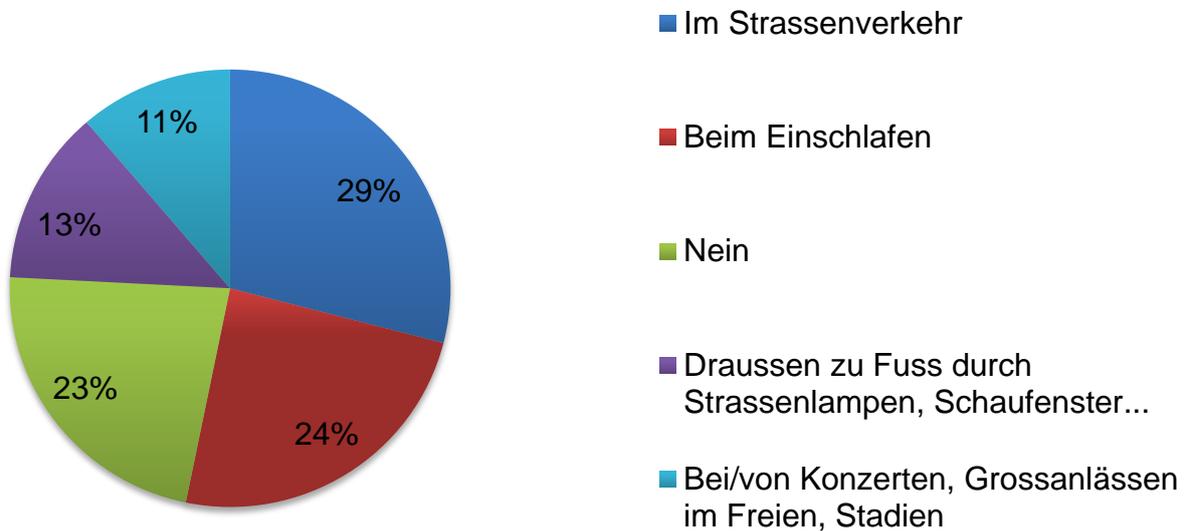
Wir haben eine Umfrage geplant, um herauszufinden, wie die Leute über das künstliche Licht denken oder ob sie überhaupt schon darüber nachgedacht haben. Denn während dem Befragen ist schnell klar geworden: Die meisten Leute haben noch kaum einen Gedanken daran investiert. Aber mehr dazu weiter unten. Durch unsere Fragen wollten wir herausfinden, ob die Menschen das künstliche Licht eher positiv oder negativ empfinden.

Ausserdem haben wir die Leute befragt, ob sie beim Vorbeigehen ein stark ausgeleuchtetes Schaufenster wahrgenommen haben, um festzustellen, ob diese Art von Werbung überhaupt Sinn macht.

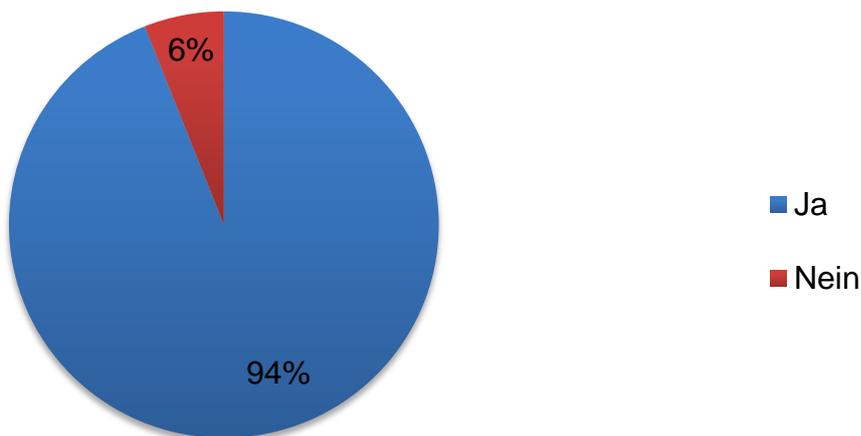
Insgesamt haben wir 50 Personen befragt. Davon 26 schriftlich und 24 auf der Strasse. Bei der Strassenumfrage hatten wir bei 19 Passanten die Möglichkeit nachzufragen, ob sie das von uns zuvor bestimmte Schaufenster wahrgenommen haben oder nicht. Wir konnten Personen in allen Altersgruppen befragen.



**2. Fühlten Sie sich schon jemals nennenswert durch künstliches Licht gestört?  
Wenn ja, wann, wie und wo?**

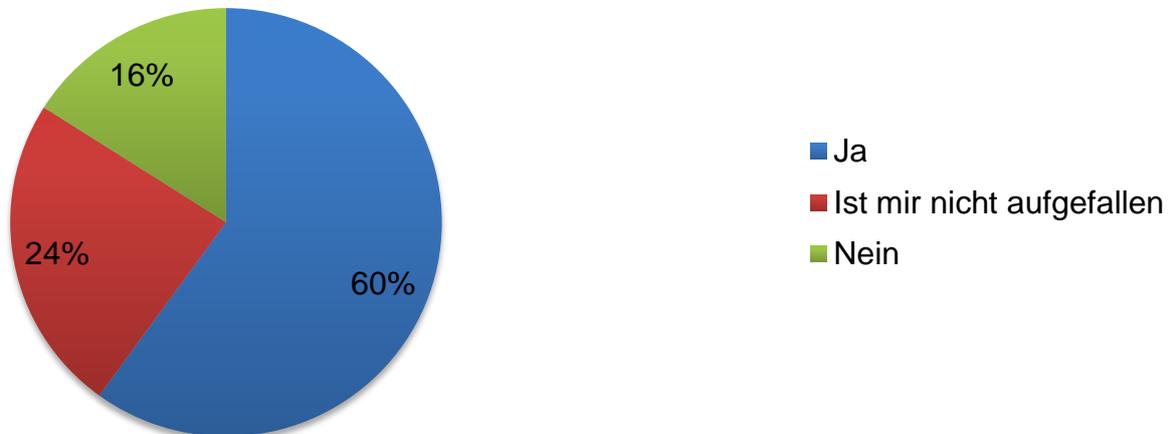


**3. Denken Sie, dass Sie in der Nacht an beleuchteten Orten sicherer sind als an dunklen, und wieso?**

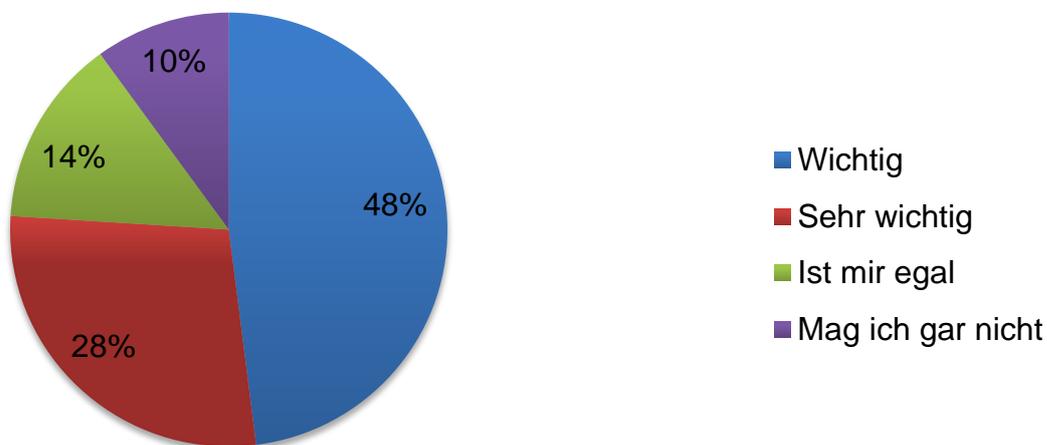


Auf die Frage wieso sich die Personen mit Beleuchtung sicherer fühlen, haben 64% der Befragten angegeben, dass sie sich an beleuchteten Plätzen sicherer fühlen weil sie mehr sehen. Nur einzelne, vor allem ältere Personen, haben Angst über Dinge zu stolpern. Und 14% meinen wirklich zu wissen, dass es sicherer sei.

**4. Ist es für Sie ein grosser kultureller Verlust, dass man heute die Sterne am Himmel kaum noch sieht?**



**5. Welchen Wert hat Weihnachtsbeleuchtung für Sie?**

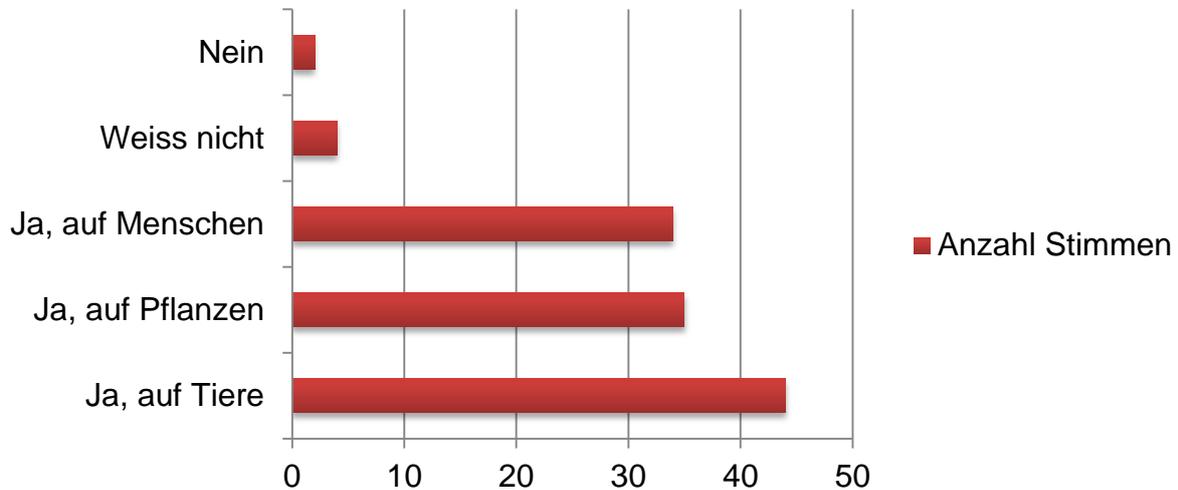


Zur genaueren Definition der Antworten haben wir unserem Fragebogen bei der Frage fünf folgende Klammerbemerkungen angefügt:

- Sehr wichtig: Ich beleuchte auch Zuhause
- Wichtig: Mir gefällt einfach die Beleuchtung von anderen, in Städten und Einkaufszentren sehr gut.

Von den insgesamt 48% denen Weihnachtsbeleuchtung „wichtig“ ist, hat ein Viertel erwähnt, dass sie die Beleuchtungen trotzdem als übertrieben empfinden.

**6. Können Sie sich vorstellen, dass künstliches Licht einen negativen Einfluss auf die Gesundheit von Lebewesen haben kann?**

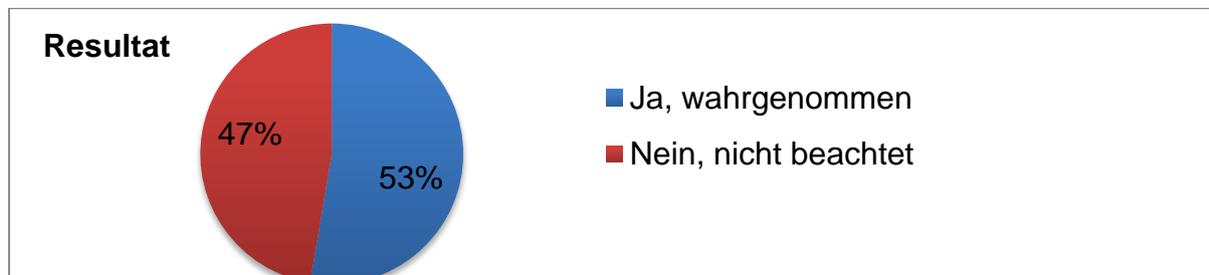


**Schaufenster-Frage:**

An einem Samstagabend während der Herbstmesse in Solothurn haben wir die Leute in der Altstadt befragt. Natürlich nach Sonnenuntergang. Wir haben nach einem zentral gelegenen Schaufenster, welches hell erleuchtet war, gesucht. Und wir haben uns dann für das Fenster eines Geschäfts namens „Chuchilade“ an der Hauptgasse entschieden. Wer diesen Laden kennt, weiss, dass es in diesem Schaufenster immer die kreativsten Ausstellungen zu betrachten gibt.

Einige Meter vom Fenster entfernt, haben wir uns aufgestellt und Personen abgefangen, die am Schaufenster vorbeigeschlendert sind.

Wir haben also 19 Passanten gefragt, ob sie uns sagen können, was in diesem Schaufenster zusehen war.



Hauptsächlich den Frauen ist das schöne Schaufenster aufgefallen. Zudem waren die meisten 30 Jahre alt oder älter, also potenzielle Kundinnen, die den Laden wahrscheinlich auch kennen. Männer haben kaum auf das Fenster reagiert und auch Gruppen von jungen Leuten nicht.

Darum kann man sagen: Wenn jemand offen ist für Werbung und neue Ideen, zum Beispiel bei einem Einkaufsbummel, haben schön hergerichtete Schaufenster sicherlich ihren Erfolg. Spät am Abend, wenn kaum noch Menschen in der Stadt unterwegs sind und nicht gerade eine Veranstaltung, wie die Herbstmesse Solothurn im Gange ist, macht eine solche Beleuchtung kaum Sinn.

## 7.1 Fazit

Während unserer Umfrage haben wir keine erschreckenden Antworten erhalten mit denen wir gar nicht gerechnet hätten. Etwas überrascht waren wir jedoch, dass es doch beinahe 20% der Befragten sind, welche die Lichtverschmutzung als ein ernstzunehmendes Thema bereits kennen. Doch es gab einige, hauptsächlich Jugendliche, die überhaupt keine Ahnung hatten, was Lichtverschmutzung ist. Bei der vierten Frage ob die immer weniger sichtbaren Sterne am Himmel ein Verlust seien, waren die Antworten ganz unterschiedlich begründet. Eine ältere Dame hat uns erzählt, dass sie es sehr schade fände, dass man die Sterne am Nachthimmel immer schlechter sehe, aber es ihr bis jetzt kaum aufgefallen sei. Denn sie wohne auf dem Land, sehr abgelegen auf einem Hügel, wo sie es in klaren Nächten geniesse, die Sterne zu beobachten. Andere dachten, es läge nur an den Wolken am Himmel, dass die Sterne kaum noch sichtbar sind.

Wir denken, dass das Bewusstsein für diese Art von Umweltverschmutzung bei den meisten Menschen fehlt. Das künstliche Licht wird von ganz wenigen als eine Verschmutzung bezeichnet. Vielen ist bloss der Energieverbrauch bewusst und all das Geld, das in die Beleuchtung fliesst. Diese Personen stören sich dann auch an der Weihnachtsbeleuchtung, weil da die Menge an Beleuchtung extrem zunimmt. Diese dient auch nicht der Sicherheit oder als Orientierungshilfe in der Dunkelheit. Sie ist eigentlich ein reines Luxusgut, welches sich immer mehr auch in unsere Kultur einschleicht.

Fabienne Gräppi (Autorin)

## 8 Auswirkungen des Lichts auf den Menschen<sup>14</sup>

Jeden Tag nutzen wir das Licht, aber wer ist sich dessen schon wirklich bewusst? Licht ist einfach da, beinahe selbstverständlich. Kaum wird es draussen etwas dunkler, brennt schon überall das künstliche Licht. Für den Menschen hat es eine wichtige Rolle eingenommen. In Redewendungen verwenden wir das Wort täglich unbewusst; „Mir ist ein Licht aufgegangen“ oder „Das Licht am Ende des Tunnels“. So macht das Licht z.B. Schichtarbeiten möglich, Autofahren mitten in der Nacht ist kein Problem mehr, man geht nachts aus oder erledigt die Hausaufgaben erst, wenn natürlicherweise kein Licht mehr da wäre, um überhaupt zu sehen, was man tut. Kurz gesagt, durch das künstliche Licht können wir uns den natürlichen Rhythmen der Erde entziehen und unsere eigenen Gesetze schreiben und so die Nacht zum Tag werden lassen. Beleuchtung ist für unseren Alltag von sehr grosser Bedeutung und gar nicht mehr wegzudenken. Denn der Tag endet für uns schon lange nicht mehr dann, wenn die Sonne untergeht und beginnt auch nicht zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs. Wir können an einem Tag so viel mehr erledigen und das zu beinahe jeder beliebigen Zeit. Jedoch kann genau dieses „aus dem Rhythmus fallen“ auch negative Folgen auf die Gesundheit des Menschen haben. Schlussendlich sind auch wir Geschöpfe der Natur und nicht immer so anpassungsfähig wie es auf den ersten Blick scheinen mag.

### 8.1 Der Sehvorgang

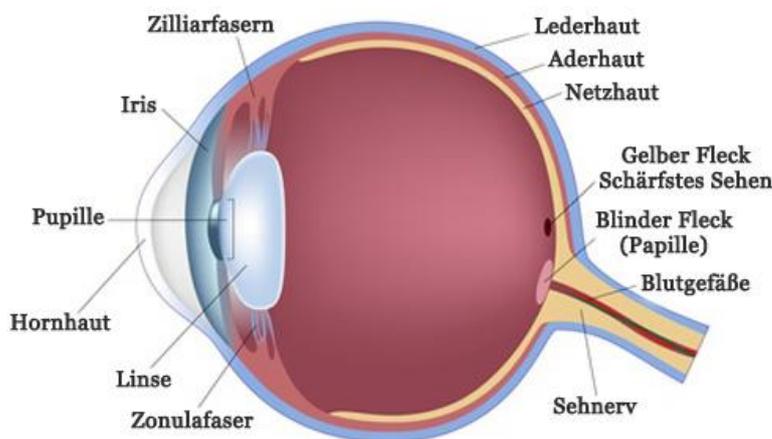


Abbildung 10: Aufbau des menschlichen Auges<sup>15</sup>

<sup>14</sup> <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/helligkeit-und-emotion-licht-an-glueck-auf-a-590027-2.html>  
<http://www.simplyscience.ch/teens-liesnach-archiv/articles/von-zapfen-und-staebchen.html>  
<http://www.licht.de/de/trends-wissen/licht-specials/biologisch-wirksames-licht/mensch-und-licht/licht-taktet-die-innere-uhr/>  
<http://www.sps.ch/artikel/diverse-artikel/ueber-den-einfluss-des-lichtes-auf-den-menschen/nicht-visuelle-lichtwirkungen-beim-menschen/>

Lehrmittel für Drogisten EFZ, Band J, Humanbiologie 2/2

<sup>15</sup> Abb.10: <http://www.augenlasernlassen.net/auge/das-menschliche-auge-anatomie-und-aufbau/>

Damit wir Menschen etwas sehen können, brauchen wir Licht. Dabei wird das einfallende Licht gebündelt und trifft auf die Netzhaut. Sie ist imstande, Lichtstrahlen in chemische Impulse umzuwandeln, welche durch den Sehnerv zum Gehirn gelangen. Im Gehirn wird die Information verarbeitet und ein Abbild unserer Umgebung entsteht. Für das Umwandeln der Lichtstrahlen sind die Sinneszellen (auch Fotorezeptoren genannt) verantwortlich. Man kann diese in zwei Gruppen unterteilen:

- Stäbchen: sind für das schwarz-weiss Sehen verantwortlich
- Zapfen: ermöglichen das farbige Sehen, es gibt wiederum drei Arten von Zapfen, jeweils für die Farbtöne Gelbrot, Grün und Blauviolett des Lichts

In den Stäbchen befindet sich die Substanz Rhodopsin (Sehpurpur). Das Rhodopsin ist sehr instabil und zerfällt beim Einfallen von Licht. Durch diesen Vorgang entsteht der Impuls, der via Sehnerv zum Gehirn geleitet wird.

Die Zapfen enthalten eine andere Substanz, die auf die farbigen Lichtstrahlen reagiert, umgebaut wird und so einen Impuls auslöst. Für diesen Vorgang muss genügend Licht vorhanden sein, ansonsten werden die Zapfen nicht gereizt. Das ist der Grund, warum wir bei Dunkelheit nicht farbig sehen.

## 8.2 Nicht-visuelle Funktionen des Auges

Licht steuert unseren Tag-Nacht-Rhythmus, den circadianen Rhythmus. Gewisse Farbtemperaturen machen uns müde oder aktivieren unseren Körper. Auch diese Vorgänge beginnen mit dem Lichteinfall in das Auge.

Erst 2002 haben Wissenschaftler herausgefunden, dass unsere Netzhaut eine dritte Sorte Fotorezeptoren beinhaltet. Und zwar die sogenannten Ganglienzellen. Sie enthalten das Pigment Melanopsin. Auch sie sind über den Sehnerv direkt mit dem Hirn verbunden, wo der Impuls auf die Master-Clock (dem suprachiasmatischen Nucleus) Einfluss nimmt. Letztere wirkt wie ein Dirigent, der den kleineren inneren Uhren des menschlichen Körpers den Takt vorgibt. Beispiele sind einzelne Organe oder der gesamte Stoffwechsel. Die Master-Clock kommuniziert durch Hormone mit den jeweiligen Systemen.

## 8.3 Der circadiane Rhythmus

Wichtig für unseren Wach-Schlaf-Rhythmus sind folgende Hormone:

- Melatonin: Es ist das Schlafhormon. Dieses Hormon wird vor allem bei warmem Licht ausgeschüttet. Natürlicherweise in der Dämmerung. Melatonin macht uns müde und stellt den Körper auf Nachtruhe ein. Mit dem näher rückenden Morgen nimmt der Melatonin Spiegel ab.

- Cortisol: Cortisol ist das Stresshormon. Etwa um 3 Uhr morgens beginnt die Nebennierenrinde mit der Produktion. Es stellt den Körper auf den Tagesbetrieb ein, steigert den Stoffwechsel, macht uns wach. Im Laufe des Nachmittags nimmt der Cortisolwert ab und der Kreislauf beginnt von vorne.
- Serotonin: Ist ein stimmungsaufhellendes und motivierendes Hormon. Die Produktion wird durch das Tageslicht stimuliert.

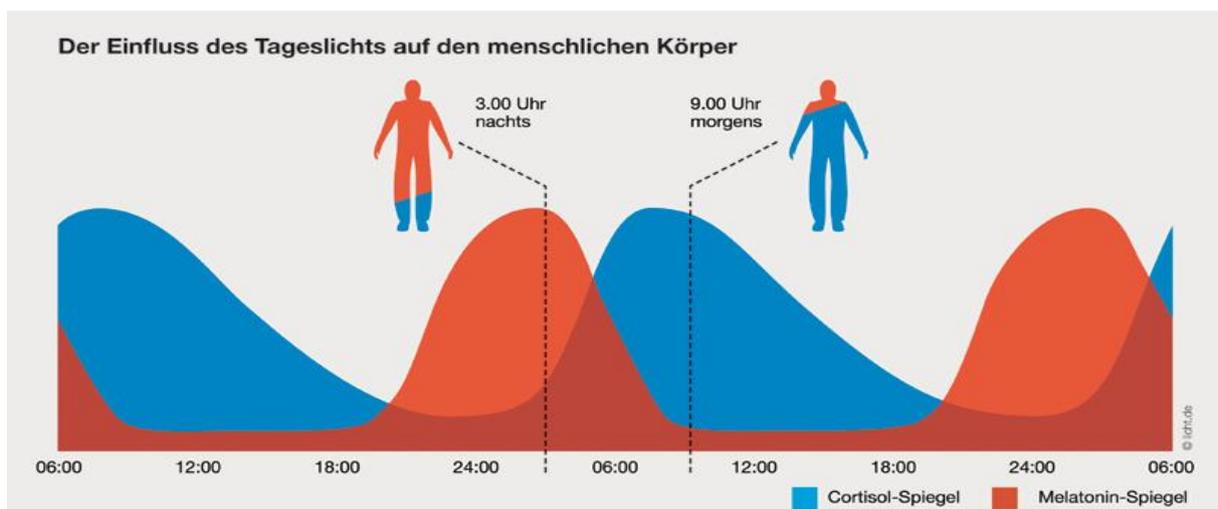


Abbildung 11: Einfluss des Lichts auf den Menschen<sup>16</sup>

Für das Wohlbefinden des Menschen ist es von eminenter Wichtigkeit, dass die richtigen Lichtreize zur richtigen Zeit vorhanden sind. Mit dem künstlichen Licht ist es nun möglich, den ganzen Ablauf der inneren Uhr durcheinander zu bringen.

Das kalte Licht am Morgen sollte dafür sorgen, dass die Produktion von Melatonin unterdrückt wird, sodass das Cortisol frei wirken kann. Nehmen wir nun an, man geht früh morgens, noch in der Dunkelheit, aus dem Haus. Zum Arbeitsplatz an dem nur spärlich oder gar kein Tageslicht vorhanden ist und mit eher warmem Licht beleuchtet wird. Der Körper kann so gar nicht richtig auf Touren kommen und seine Leistung bleibt über den Tag hindurch eingeschränkt. Um ihn zu aktivieren, ist weisse Beleuchtung wie das Tageslicht optimal (5.600 Kelvin). Zum Entspannen benötigen wir dann das warme Licht (3.000 Kelvin).

Störend auf den circadianen Rhythmus wirken sich auch abendliche Arbeiten am Computer aus. Denn die Bildschirme sind meist sehr hell und kalt und lösen somit die Produktion des Stresshormons Cortisol aus. Auch schon das Display eines Smartphones kann störend wirken und das Einschlafen erschweren. Durch das helle, künstliche Licht schlafen wir weniger tief und fühlen uns am nächsten Tag weniger ausgeruht. Viele Menschen leiden an Schlafstörungen und sind sich der Lichtproblematik nicht bewusst. Bekannt ist, dass es vielen Personen in den dunkleren Herbst- und Wintermonaten aufgrund des abnehmenden Tageslichts schlechter geht. Es können sogar Depressionen entstehen. Für die Gesundheit und den natürlichen Rhythmus des Körpers ist es nicht nur wichtig viel Licht zu tanken, sondern auch das Richtige.

Fabienne Gräppi (Autorin)

<sup>16</sup> Abb.11: [http://www.licht.de/fileadmin/bildarchiv/Vortragsfolien/110920\\_Folien\\_lw19\\_150dpi.pdf](http://www.licht.de/fileadmin/bildarchiv/Vortragsfolien/110920_Folien_lw19_150dpi.pdf)

## **9 Schlusswort**

Zu unserem Thema Lichtverschmutzung stellten wir uns die Frage, ob künstliches Licht wirklich seine Schattenseiten hat und wie sich diese äussern. Ganz klar, natürliches Sonnen- und Mondlicht hat auch einen Einfluss auf den Biorhythmus von Tieren und Pflanzen. Durch das Hinzufügen des künstlichen Lichtes kommt ein weiterer Faktor, der die Dunkelheit und die Helligkeit beeinträchtigt, ins Spiel. Tiere und Pflanzen, so wie wir Menschen auch, können nicht zwischen natürlichem und künstlichem Licht unterscheiden. So kann ihr ganzes Verhalten durcheinander gebracht werden. Die Lichtverschmutzung ist für die Wissenschaft ein recht neuer Bereich, deshalb sind die genauen Folgen auf unsere Umwelt noch nicht vollständig geklärt. Wie Licht auf einen Organismus wirken kann, haben wir mit der Wirkung auf den Menschen aufgezeigt. Wir fanden es erschreckend, wie sehr eine Person durch das falsche Licht in einen komplett falschen Rhythmus fallen kann. Trotzdem ist die Strassenbeleuchtung, die Weihnachtsbeleuchtung, die Innenbeleuchtung etc. sehr wichtig für die Bevölkerung und nicht mehr wegzudenken. Der Mehrheit ist nicht bewusst, dass gerade falsche Lichttemperaturen bei der Innenbeleuchtung für den Körper sehr schädlich sein können. Die effektive Leuchtkraft und Leuchtbreite spielt mehr im Aussenbereich eine Rolle. Um zu messen, wie hell der Himmel oder ein Objekt ist, gibt es verschiedene Techniken, die auch teilweise von Laien angewendet werden können. Wenn einem die Natur und das Erhalten der natürlichen Vorgänge am Herzen liegt, darf man die Lichtverschmutzung nicht ausser Acht lassen. Man findet schnell heraus, wie und womit man am umweltfreundlichsten Beleuchten kann und auf was man verzichten sollte. Für Tipps steht auch der Verein Dark-Sky Switzerland, durch den wir sehr viele spannende Punkte aufdecken konnten, zur Verfügung.

Wir sind davon überzeugt, dass Licht grosse Schatten auf die Natur wirft. Doch im Verhältnis zum Nutzen, den es uns bringt, sind diese Schattenseiten in Kauf zunehmen. Allerdings sollte man die Verschmutzung eindämmen, bevor sich das Blatt wendet. Durch neue Beleuchtungstechniken und geschickte Abschirmung kann man die ungewollten Lichtemissionen schon um ein Vieles reduzieren. Man muss nicht auf das Licht verzichten, sondern es optimieren und nur nach wirklicher Notwendigkeit einsetzen.

### **9.1 Reflexion unseres Arbeitsprozesses**

Am Anfang unserer Arbeit hatten wir drei das Gefühl, vor einem grossen Berg zu stehen. Wir wussten wie die Spitze, also unser Ziel, aussah, aber den Weg dorthin galt es noch zu finden. Wir haben lange darüber diskutiert, wie jeder von uns sich die Arbeit und das Vorgehen vorstellt. Ich denke, zum Schluss ist uns dieser Schritt sehr zugute gekommen, da wir alle auf das Gleiche hinarbeiteten und so gibt es in dieser Phase weniger zu Korrigieren oder gar neu zu schreiben.

Nathalie hatte die genaue Planung aufgestellt, an die wir uns gut halten konnten. Wir teilten die Arbeiten auf und so wusste jeder genau, was er zu tun hat und so kam es auch kaum zu Meinungsverschiedenheiten. Ich bin froh, dass wir uns in der Gruppe so gut verstanden haben. So fiel es auch leichter, wenn man Kritik einbringen wollte. Ich habe bei mir selbst beobachtet, dass ich auf Kritik von Martina entspannter reagieren konnte, als auf die meiner Schwester Nathalie. Jede von uns hat einen eigenen Schreibstil, den man beim gemeinsamen Korrigieren mal vergessen musste, um die Texte objektiv zu beurteilen. Mit unserer Arbeit sind wir jetzt gerade deshalb so zufrieden, weil wir unsere Meinungen dem Gegenüber frei mitteilen konnten und wir so in jedem Abschnitt des Prozesses auf einen gemeinsamen Nenner kamen. Wir finden es aber etwas schade, dass wir keine eigenen Nachtaufnahmen aus der Luft in unsere Arbeit integrieren konnten. Denn eigentlich war geplant, dass Nathalie oder ich mit unserem Vater, der Fluglehrer ist, einen Nachtflug machen könnten um selber einen Eindruck zu gewinnen. Leider kam dies nicht zustande.

Wir sind glücklich mit der Wahl unseres spannenden Themas. Spätestens nach dem lehrreichen und sehr interessanten Interview mit Herrn Schuler, war ich mir sicher, dass wir etwas Gutes auf die Beine stellen können. An diesem Interview haben wir jetzt auch am meisten Freude. Die ganze Arbeit über Lichtverschmutzung hat mich sehr sensibilisiert, zum Beispiel ärgere ich mich über unnötige dekorative Beleuchtung oder Strassenlampen, die nach oben nicht abgeschirmt sind. Aber auch über die Helligkeit der Scheinwerfer, die unseren Sportplatz im Dorf beleuchten. Wir hoffen, dass wir in naher Zukunft solche Beispiele nicht mehr nennen können und sich der Bund, die Gemeinden und die Bevölkerung besser damit auseinandersetzen.

An dieser Stelle danken wir dem Präsidenten von Dark-Sky Switzerland, Herrn Lukas Schuler, für die Zeit, die er sich für das tolle Interview genommen hat und die Tipps, die er uns mit auf den Weg gegeben hat. Ebenso bedanken wir uns bei Herrn Christian Hebeisen, der sich ebenso Zeit für unsere Interviewfragen genommen hat.

Martina Sterki, Fabienne Gräppi (Autorin) und Nathalie Gräppi

## 10 Erklärung

Wir bestätigen, die vorliegende Vertiefungsarbeit selbstständig erarbeitet und verfasst zu haben. Sämtliche Textstellen, die nicht von uns stammen, sind als solche gekennzeichnet und mit dem genauen Hinweis auf die Herkunft versehen. Die verwendeten Quellen (gilt auch für Abbildungen) sind im Quellenverzeichnis aufgeführt.

Solothurn, den 23. November 2015

Martina Sterki

Fabienne Gräppi

Nathalie Gräppi

# 11 Quellenverzeichnis

**Titelbild:** Fotografie von Fabienne Gräppi

## 2 Kann Licht tatsächlich schmutzig sein? S.3-5

- <http://www.darksky.ch/index.php?id=52> ,  
<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Lichtverschmutzung>
- [http://www.sz.ch/documents/Merkblatt\\_Lichtverschmutzung.pdf](http://www.sz.ch/documents/Merkblatt_Lichtverschmutzung.pdf)
- [https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt\\_natur\\_landschaft/umweltinformationen/lichtverschmutzung/lichtverschmutzung\\_1.jsp](https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/umweltinformationen/lichtverschmutzung/lichtverschmutzung_1.jsp)
- [http://www.welt.de/channels-extern/ipad/kultur\\_ipad/article13249187/Warum-die-Welt-wird-immer-heller-wird.html](http://www.welt.de/channels-extern/ipad/kultur_ipad/article13249187/Warum-die-Welt-wird-immer-heller-wird.html)
- [http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00847/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,Inp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoB\\_f2ym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2ldvoaCVZ,s-.pdf](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00847/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,Inp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoB_f2ym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2ldvoaCVZ,s-.pdf)
- Abb.1: [http://www.lichtverschmutzung.de/foto/bozen\\_gr.jpg](http://www.lichtverschmutzung.de/foto/bozen_gr.jpg)
- Abb.3: <http://image.slidesharecdn.com/sternwartelichtsmogquellensicher-150906230408-lva1-app6892/95/lichtverschmutzung-was-ist-das-14-638.jpg?cb=1441605634>

## 3 Messmethoden S. 5-8

- <http://www.extrasolar.ch/skyqualitymeter.html>
- <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Leuchtdichte>
- <http://www.lichtverschmutzung.de/seiten/sternenparks.php> , DSM Pro App
- Interview mit Herrn Lukas Schuler
- Abb.3:  
[http://4.bp.blogspot.com/PA9HUvfNLz0/UOBmQk0lfzI/AAAAAAAAAWml/T1e2r6GfqZs/s1600/europa\\_nacht.jpg](http://4.bp.blogspot.com/PA9HUvfNLz0/UOBmQk0lfzI/AAAAAAAAAWml/T1e2r6GfqZs/s1600/europa_nacht.jpg)
- Abb.4: Eigene Messung mit dem Dark Sky Meter auf dem iPhone5
- Abb.5:  
<https://www.google.ch/maps/place/Schnottwil/@47.1089137,7.3735054,14z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x478e23959c607081:0xadbb34a926f2f664>

## 4 Interview mit Herrn Lukas Schuler S. 9-15

- SRF Einsteinbeitrag vom 18. Dezember 2014 – Lichtverschmutzung, Fablabs und Tiefsee-Kalmars
- Interviewpartner: Herr Lukas Schuler, Dark-Sky Switzerland, 8135 Langnau am Albis, Tel.: 044 741 10 62, E-Mail: [lukas.schuler@darksky.ch](mailto:lukas.schuler@darksky.ch)
- Abb.6: [http://www.xirrus.ch/img/presse/Lukas\\_Schuler-2.jpg](http://www.xirrus.ch/img/presse/Lukas_Schuler-2.jpg)

## 5 Auswirkungen des Lichts auf Tiere und Pflanzen S. 16-18

- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/lichtverschmutzung-strassenlaternen-hemmen-pflanzenbluete-a-1023759.html>
- <http://www.vogelwarte.ch/de/voegel/vogelzug-info/rastplaetze.html>
- <http://www.fledermausschutz.ch/Fledermaeuse/Ernaehrung.html>
- <http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=30334>

- Abb.7:  
[http://www.darksky.ch/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_vogelzug\\_e2bfc56beb.jpg](http://www.darksky.ch/fileadmin/_processed_/csm_vogelzug_e2bfc56beb.jpg)
- Abb.8:  
<http://www.ksta.de/image/view/2012/4/23/16250262,12864958,dmData,Latern e+%25281336473392451%2529.jpg>

## **6 Interview mit Herr C. Hebeisen S. 19-21**

- Christian Hebeisen, Dr. ès Sciences ESD, Evole 41, 2000 Neuchâtel, Mobile: 0764932377, E-mail: christian.hebeisen@rpn.ch
- Abb.9:  
[http://www.esd.ch/plugins/content/sige/plugin\\_sige/showthumb.php?img=/images/lehrer\\_mitarbeiter/hebeisen.jpg&width=200&height=200&quality=80&ratio=1&crop=0&crop\\_factor=50&thumbdetail=0](http://www.esd.ch/plugins/content/sige/plugin_sige/showthumb.php?img=/images/lehrer_mitarbeiter/hebeisen.jpg&width=200&height=200&quality=80&ratio=1&crop=0&crop_factor=50&thumbdetail=0)

## **8 Auswirkungen des Lichts auf Menschen S. 27-29**

- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/helligkeit-und-emotion-licht-an-glueck-auf-a-590027-2.html>
- <http://www.simplyscience.ch/teens-liesnach-archiv/articles/von-zapfen-und-staebchen.html>
- <http://www.licht.de/de/trends-wissen/licht-specials/biologisch-wirksames-licht/mensch-und-licht/licht-taktet-die-innere-uhr/>
- <http://www.sps.ch/artikel/diverse-artikel/ueber-den-einfluss-des-lichtes-auf-den-menschen/nicht-visuelle-lichtwirkungen-beim-menschen/>
- Abb.10: <http://www.augenlasernlassen.net/auge/das-menschliche-auge-anatomie-und-aufbau/>
- Lehrmittel für Drogisten EFZ, Band J, Humanbiologie 2/2
- Abb.11:  
[http://www.licht.de/fileadmin/bildarchiv/Vortragsfolien/110920\\_Folien\\_lw19\\_150dpi.pdf](http://www.licht.de/fileadmin/bildarchiv/Vortragsfolien/110920_Folien_lw19_150dpi.pdf)