Lichtverschmutzung
und die daraus resultierenden Auswirkungen der künstlichen Beleuchtung

Vertiefungsarbeit
Qualifikationsverfahren allgemeinbildender Unterricht 2018

Jan Landolt, GPL14b

Abgabedatum: 20. Dezember 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort ... 1

2 Einleitung ... 2

3 Die Anfänge des künstlichen Lichtes ... 3

3.1 Am Anfang war das Feuer ... 3
3.2 Die erste richtige Lampe ... 3
3.3 Das Gas und seine Vor- und Nachteile ... 4
3.3.1 Die Gefahren der unsichtbaren Lichtquelle ... 5
3.4 Als die Elektrizität Einzug hielt ... 7
3.4.1 Die Erfindung der Glühbirne ... 8

4 Definition ... 10

4.1 Was ist Lichtverschmutzung und was bedeutet es? ... 10
4.2 Wieviel - und warum brauchen wir Licht überhaupt? ... 11

5 Situation und Entwicklung ... 13

5.1 Wie sieht es Global aus ... 13
5.2 Wo steht die Schweiz in diesem Thema ... 20
5.3 Die Situation in Zürich und meiner Gemeinde ... 23

6 Auswirkungen der Lichtverschmutzung ... 24

6.1 Die Lichtverschmutzung und die Auswirkungen auf uns Menschen ... 24
6.1.1 Biologische Auswirkungen ... 24
6.1.2 Psychologische Auswirkungen auf die nächtliche Beleuchtung und deren Sicherheitsaspekt. ... 26
6.2 Die Auswirkungen auf unsere Flora ... 28
6.3 Auswirkungen der Lichtverschmutzung auf die Tierwelt ... 29
6.3.1 Insekten ... 30
6.3.2 Vögel ... 30
6.3.3 Fledermäuse ... 31
6.3.4 Meeresschildkröten ... 32
6.4 Verlust der Sterne und Flucht der Observatorien ... 35

7 Ursachen, Massnahmen und Systeme ... 38

7.1 Ursachen der Lichtverschmutzung ... 38
7.2 Problematik LED ... 38
7.3 Gesetzliche Massnahmen ... 39
7.4 Beleuchten mit System ... 41
7.5 Dokumentieren und sensibilisieren ... 45
7.5.1 Die Dark Sky Vereinigung Switzerland ... 45

8 Schlusswort ... 47

8.1 Wichtigste Erkenntnisse und persönliche Einsichten ... 47
8.2 Rückblick und Reflexion ... 47

9 Danksagung ... 49

10 Begriffserklärung ... 50

11 Internetverzeichnis und mündliche Quellen ... 53

12 Literaturverzeichnis ... 56

13 Abbildungsverzeichnis ... 58

1 Vorwort

In dieser Vertiefungsarbeit, welche ein Teil des Lehrabschlusses meiner Ausbildung als Gebäudetechnikplaner in Fachrichtung Lüftung ist, werde ich mich der Lichtverschmutzung widmen.

Starten möchte ich diese Arbeit mit einem sehr beeindruckenden Zitat von Tomas Posch, welcher das erste Kapitel des Buches „Das Ende der Nacht“ geschrieben hat.

„wer könnte es rechtfertigen, dass das so kostbare Licht der Galaxien, das vielfach Millionen bis Milliarden Jahre bis zur Erde unterwegs war, auf den letzten Kilometern durch achtlos erzeugten irdischen „Lichtmüll“ in seinem Informationsgehalt beeinträchtigt wird?“[1]

Dieses Thema hat sich bereits in den sehr frühen Phasen der Vorbereitung auf die Vertiefungsarbeit (VA) herauskristallisiert.

Als „Fotograf“ habe ich schon früh die Auswirkungen der Lichtverschmutzung kennenlernen müssen. In meinem Heimatort Aeugst am Albis habe ich des Öfteren Langzeitbelichtungen, also ein Foto über längere Zeit (>1min), gemacht um den Himmel und die Sterne so hell und detailliert wie möglich darzustellen. Da Aeugst am Albis recht nahe bei Zug liegt, ist die Lichtverschmuzung von der Stadt Zug immer stets präsent. Es ist somit nicht möglich, die ganze Pracht unseres Sternenhimmels abzubilden. Dies hat mich immer wieder aufs Neue frustriert; gerade im Winter, wenn man morgens um vier Uhr frierend auf dem Feld steht und die Kamera einstellt, zahlreiche Minuten auf das Bild wartet und dann merkt, dass das Bild wegen der Lichtverschmuzung bez. des Lichtsmogs von Zug nicht (oder zumindest fast nicht) zu gebrauchen ist.

Abbildung 1 Nachthimmel über Brighton

[1] Posch: Thomas, et al., 2010, Seite 35

2 Einleitung

In dieser Arbeit möchte ich mich hauptsächlich der Frage widmen, was Lichtverschmutzung überhaupt ist und was für Auswirkungen dies auf unsere direkte Umwelt hat.

Des Weiteren möchte ich das Thema der Öffentlichkeit näherbringen und die Problematik möglichst einfach und für jedermann verständlich aufzeigen. Wenn ich mich mit Bekannten über dieses Thema unterhalten habe, war das nur wenigen ein richtiger Begriff. Viele haben dies schon mal gehört, aber die Problematik und die Auswirkungen auf unsere Biodiversität sind nur wenigen vollumfänglich bekannt. Dies möchte ich so gut es geht ändern!

Im ersten Teil dieser Arbeit würde ich mich gerne mit den Anfängen der nächtlichen Beleuchtung beschäftigen. Ich will herausfinden wie alles begann.

Im zweiten Teil befasse ich mich mit dem eher schwammigen Begriff „Lichtverschmutzung“. Wie ist dieser Begriff zu verstehen und was bedeutet Lichtverschmutzung überhaupt? Denn dieser Begriff ist nicht ganz korrekt.
Im mittleren Teil werde ich mich mit den Auswirkungen und der jetzigen Situation befassen und werde versuchen, die grossen Verursacher zu finden und schauen welche Rückschlüsse gemacht werden können.

Im Letzten Teil der Arbeit möchte ich aufzeigen, was bereits unternommen wird oder wie wir, das Volk, der Lichtverschmutzung die Stirn bieten können.

Gewisse Wörter respektive Ausdrücke welche *kursiv geschrieben* sind, werden im Kapitel „Begriffserklärung“ genauer erläutert. Dieses Kapitel findet man ab Seite 50.

Alle Bilder welche ich selber erstellt habe, enthalten alle technisch relevanten Bildinformationen um eine möglichst objektive und realistische Beurteilung zu gewährleisten. Generell sollten Bilder ohne Angaben von Belichtungszeit, *Blende* oder einem *ISO-Wert* mit Vorsicht genossen werden und stets kritisch hinterfragt werden. Nicht nur in dieser Arbeit, sondern auch im Allgemeinen. In der Fotografie kann man sehr gezielt überbelichten um die Lichtverschmuzung zu extremisieren!

3 Die Anfänge des künstlichen Lichtes

Um zu verstehen, was die Lichtverschmutzung überhaupt ist, muss man wie so oft zuerst einmal die Grundlagen erarbeiten. Warum haben wir überhaupt damit angefangen, alles zu beleuchten und wie haben wir das früher gemacht?

Im folgenden Kapitel werde ich bis zu den Wurzeln der Lichtverschmutzung zurückgehen und versuchen herauszufinden, wie alles begann.

3.1 Am Anfang war das Feuer

Das Feuer ist und bleibt ein zentrales Element unserer Gemeinschaft und unseres Lebens. Nicht nur all die Raucher welche unter uns weilen, wären ohne Feuer aufgeschmissen; denn auch noch heute heizen wir mit dem Feuer unsere Häuser, so wie wir dies auch vor hunderten von Jahren gemacht haben. Zwar mit anderen Methoden, aber das Feuer brennt immer noch genau gleich wie früher.

Das Feuer war auch unsere erste Lichtquelle, welche wir nutzen konnten. Am Anfang nahmen wir einfach ein Stück Holz und zündeten es an. Aber wir bemerkten schnell, dass das Harz des Holzes sowie der *Pech* viel besser brennt als das Holz selber. Somit fungierte das Holzscheit nur noch als Griff.[2]

3.2 Die erste richtige Lampe

Die ersten richtigen Öllampen wurden mit grösster Wahrscheinlichkeit bereits vor etwa 10‘000 Jahren erfunden. Diese Lampen bestanden meist aus einer mit Tierfetten gefüllten Schale. Der Docht bestand anfangs nur aus pflanzlichen Fasern und später aus Stoffen. Die Entwicklung des Dochtes war in der Entwicklungsgeschichte des künstlichen Lichtes etwa so essenziell wie die Erfindung des Rades.

Abbildung 2 Antike Öllampe

[2] Schivelbusch: Wolfgang 1983

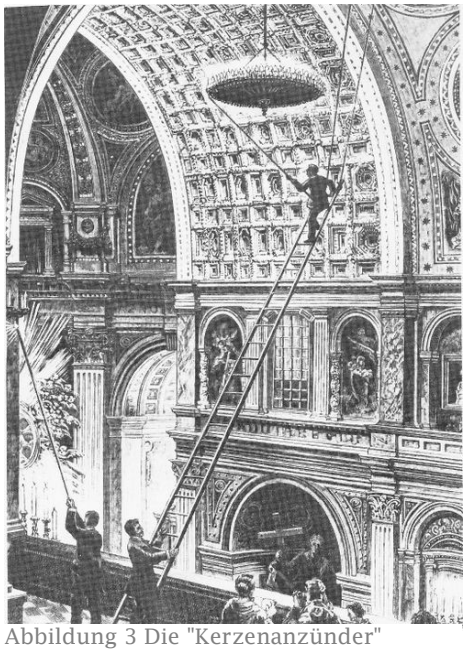
Abbildung 3 Die "Kerzenanzünder"

Die Öllampe wurde bis in das 19. Jahrhundert verwendet In manchen Regionen sogar bis ins 20. Jahrhundert. Ihre Ablösung war die Petroleumlampe und die Gaslampe sowie auch die Kerze, welche um einiges handlicher war. Auch ist das Licht der Kerze viel ruhiger und angenehmer als das einer brennenden Fackel, welche sehr zerstörerisch mit viel Rauchentwicklung brennt. Somit war die Kerze rein wahrnehmungspsychologisch eine grosse Entwicklung.[3]

3.3 Das Gas und seine Vor- und Nachteile

Dass aus der Destillation von Kohle und Holz ein brennbares Gas entsteht, war spätestens im 17. Jahrhundert bekannt. Im Jahre 1739 wurde ein Brief vom Chemiker Namens John Clayton an Robert Boyle in den «Philosophical Transactions of the Royal Society» veröffentlicht.

„Ich nahm einige Stücke Kohle und destillierte sie in einer *Retorte* über dem offenen Feuer. Dabei entstand zunächst eine schleimige Flüssigkeit, bald darauf ein schwarzes Öl, und schliesslich ein Gas, das sich nicht kondensieren liess. Es sprengte jedoch den Dichtungsring ab, und brachte zuweilen sogar den Behälter zum Zerspringen. Einmal, als es den Dichtungsring der *Retorte* absprengte und ich mich näherte, um ihn zu reparieren, beobachtete ich, dass sich das ausströmende Gas an der Flamme der Kerze entzündete und mächtig brannte. Mehrere Male löschte ich es aus und entzündete es aufs neue.“[4]

Zu diesem Zeitpunkt aber gab es noch keine praktische Verwendung für das Gas; es wurde lediglich zu Show-Zwecken gebraucht.

Erst am Anfang des 18. Jahrhunderts war man soweit, dieses Gas zu verwenden. Eine neue Art der Produktion war jedoch nicht nötig, da es bereits bei der Teerproduktion (welches damals u.a. im Schiffbau als *Kalfatern* benutzt worden ist) als eines der Nebenproduckte der *Koks*-Herstellung ist.[5]

1805 konnte der schottische Ingenieur und Erfinder William Murdoch erstmals ein Gebäude mehrheitlich und grossflächig mit Gaslicht ausleuchten. Erst wurden in

[3] https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96llampe, Zugriff am 1.11.17
[4] Schivelbusch: Wolfgang 1983, S.23
[5] Schivelbusch: Wolfgang 1983

der Baumwollmühle der Unternehmer Phillips und Lee in Manchester 50 und später bis zu 904 Gaslichter verbaut und betrieben. 1809 entwickelte Murdoch dann die praktikable Form der Strassen und der Hausbeleuchtung.

„Für die Entwicklung des später so genannten Stadtgases und die erste kommerzielle Anwendung seiner Entdeckung zeichnete ihn die «*Royal Society*» 1806 mit der *Rumford-Medaille* aus.“[6]

3.3.1 Die Gefahren der unsichtbaren Lichtquelle

All die entstandenen *Gasometer*, welche zum Teil bereits ein Fassungsvermögen von bis zu 28‘000 m³ hatten, waren wie ein Pulverfass. Es war nicht selten der Fall, dass solch ein Gastank in die Luft flog. Meist gab es Tote und mehrere Verletzte. Dies war der Bevölkerung natürlich nicht geheuer. Die Angst der Bevölkerung stieg nach und nach. Mit der vermehrten Angst und den vermehrten Protesten der Bevölkerung gab es nah bei nah immer wieder diverse Versuche seitens der Forschung / Entwicklung die Bevölkerung zu sensibilisieren und zu beruhigen. Dies wollten sie mit immer besseren Konstruktionen und dem Erstellen von Kommissionen bewirken. Auch der Staat bemühte sich mit Gesetzen und behördlichen Kontrollen, die Gemüter der Gesellschaft zu besänftigen.

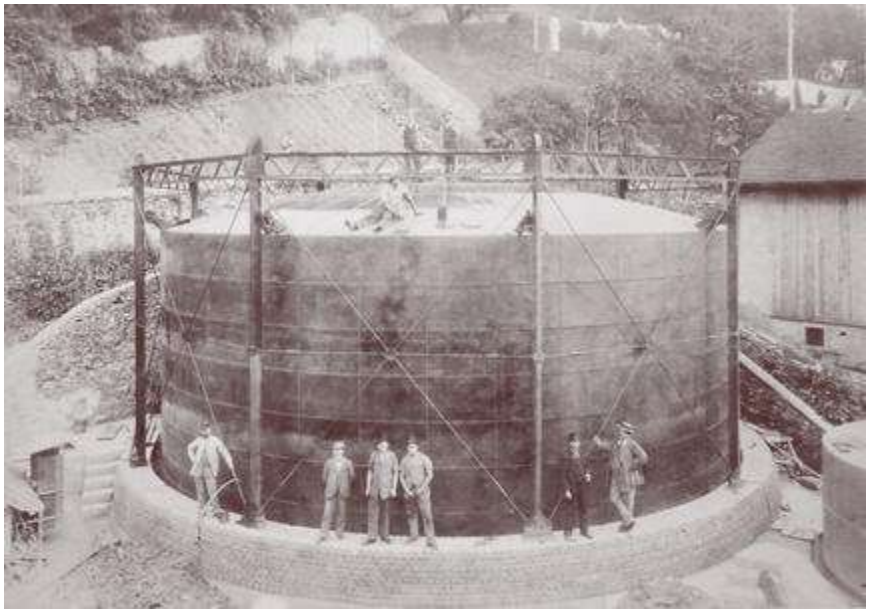

Abbildung 4 Erster *Gasometer* in Chur

Da das Gas unsichtbar ist und auch nicht unbedingt hörbar ist, ist es der perfekte Killer.

Einzig der als sehr unangenehm empfundene Geruch des Gases lässt die Gefahr zum Vorschein kommen. So kam es, dass nur wenige Leute an einer Gasvergiftung starben. Nur jene, welche kein Bewusstsein für die tödliche Gefahr der Gasvergiftung hatten und in ihrem Leichtsinn den penetranten Geruch einfach ignorierten, sich ins Bett legten und einschliefen (für immer). Dies war der Grund, dass die Bevölkerung aufgefordert worden ist, den Haupthahn der Gaszuleitung ins Haus in der Nacht zu schliessen. Nebst der neuen Selbstmordtechnik die das Gas mit

[6] https://de.wikipedia.org/wiki/William_Murdoch, Zugriff am 6.11.2017

sich brachte, fügte es auch den Landwirten schaden zu; denn die, im Erdreich verlaufenden Gasleitungen, waren natürlich nicht alle dicht, wodurch das Gas in Unmengen (mehrere hundert Millionen Kubikmeter) heraus diffundierte und somit die Erde teils pechschwarz färbte. Zudem waren die Ausdünstungen kaum erträglich. Auch das Wasser in den Brunnen und den *Zisternen* wurden mit Ammoniak und Schwefel vergiftet. Als wäre dies nicht genug, gab es noch einen weiteren wesentlichen Punkt. Solch eine Gasflamme braucht für die Verbrennung und das Erzeugen von Licht auch Sauerstoff. Dies nimmt die Flamme meist aus dem Raum und kann bei kleinen Kellerräumen ohne Fenster leicht zu einem Problem werden. Ein weiteres, durchaus grösseres Problem aber, war die Abwärme der Lichterzeugung. Eine solche Gaslampe, fungierte zum Teil nebst der Lichterzeugung sozusagen auch als Heizkörper. Die 1862 installierte Deckenbeleuchtung des Théâtre de la Gaîté (vgl. Abb.) bestand aus 1‘338 einzelnen Flammen. Diese hätte aus dem Theatersaal eine regelrechte Sauna gemacht, wenn die Verglasung nicht gewesen wäre.[7]

Abbildung 5 Théâtre de la Gaîté

[7] Wolfgang Schivelbusch, 1983

3.4 Als die Elektrizität Einzug hielt

Die erste elektrische Lampe war eine sogenannte Kohlebogenlampe. Auch wenn Louis Jacques Thénard bereits 1801 eine erste Version der Glühlampe entwickelte, war diese bei weitem nicht so gut entwickelt wie die Kohlebogenlampe. Die Kohlebogenlampe war eindeutig heller als die Glühlampe. Es war die erste Leuchtquelle, welche als Scheinwerfer fungierte.[8] [9]

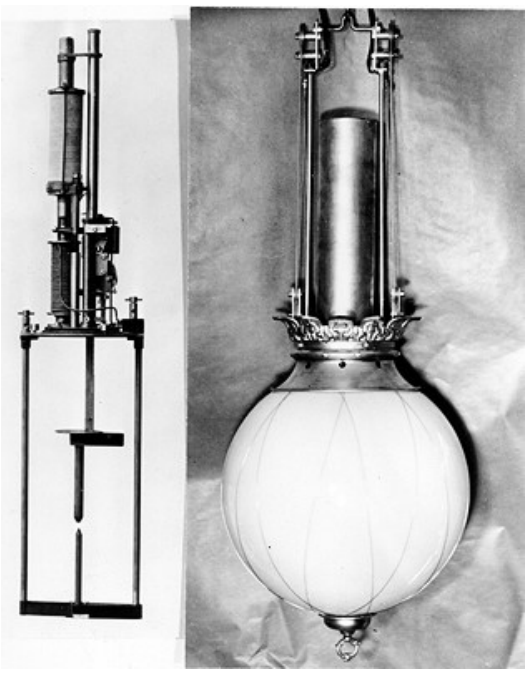

Abbildung 7 Kohlenbogenlampe

Entwickelt wurde die Kohlebogenlampe durch den Briten Humphry Davy im Jahre 1802.

Das Funktionsprinzip einer solchen Lampe ist eigentlich ganz einfach. Die zwei Kohlestäbe mit den spitzen Enden (vgl. Abb. 3, links) wurden unter Strom gestellt. Anschliessend wurden diese näher zueinander gebracht, bis ein Lichtbogen zwischen der Anode und der Katode (den beiden Kohlestücken) entstand. Dies kann man sich ähnlich wie beim Schweissen (Lichtbogenhandschweissen) vorstellen, welches auf dem mehrheitlich gleichen Prinzip basiert. Der dabei entstehende Lichtbogen ist so hell, dass er bei direktem Augenkontakt. die Netzhaut schädigt.[10]

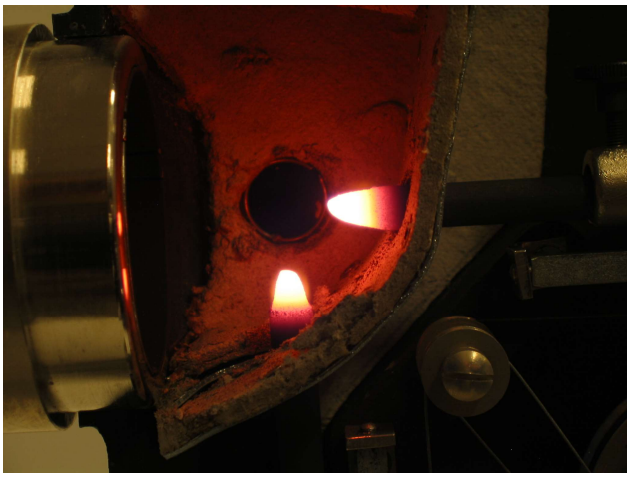

Abbildung 6 Nachglühende Kohlestäbe einer Kohlenbogenlampe

[8] https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2011/corporate/2011-05-Linderhof/factsheet_kohlebogenlampen.pdf, Zugriff am 11.11.2017
[9] https://de.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BChlampe, Zugriff am 11.11.2017
[10] https://youtu.be/YoI88Oor4b4, Zugriff am 12.11.2017

Die später erfundene jablotschkowsche Kerze war die erste Lichtquelle, welche kommerziell erfolgreich vermarktet werden konnte. Die erste Strassenbeleuchtung wurde von Herrn Werner von Siemens (Mitbegründer der heutigen Siemens AG.[11]) am 1. März 1879 erfunden. Seine Lampe konnte die Kohlestäbe automatisch nachjustieren. Kurz danach ersetzte die Stadt Berlin, in der er den damals wohnhaft war die ersten Gaslaternen durch seine elektrische Beleuchtung. 1879 wurde der neu erbaute Münchner Hauptbahnhof vollumfänglich mit einer elektrischen Beleuchtung ausgestattet. Er wurde zum ersten, elektrisch beleuchteten Bahnhof Deutschlands.

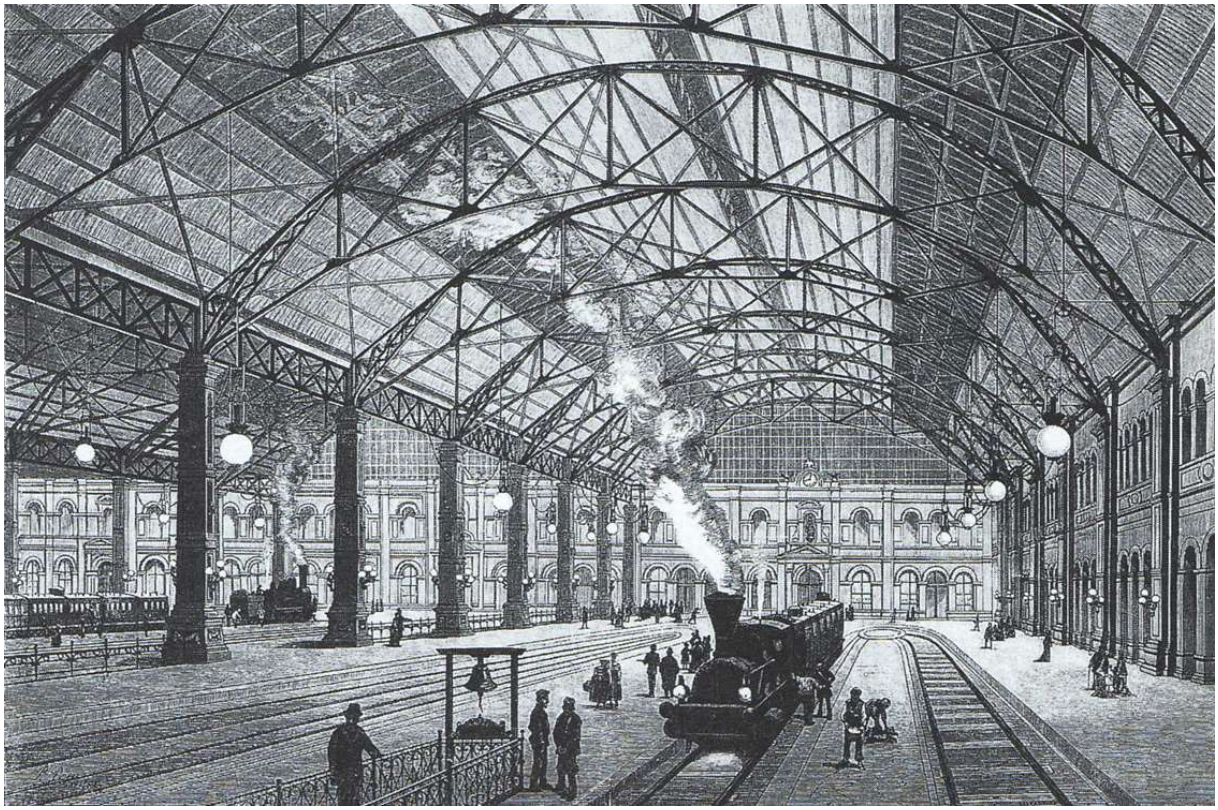

Abbildung 8 Bahnhof München (1885)

3.4.1 Die Erfindung der Glühbirne

1860 erfand der britische Physiker und Chemiker Joseph Wilson Swan die erste Glühlampe, welche mithilfe eines verkohlten Papiers als Glühfadens in einem luftleerem Glasbehälter funktionierte. Aber erst 1878 gelang es ihm die erste brauchbare Glühlampe herzustellen. Im gleichen Jahr beantragte er in England das Patent für seine Erfindung; zwei Jahre vor dem vergleichbaren Patent von Thomas Alva Edison, welches in den USA eingereicht wurde. Edison und Wilson hatten am Anfang noch ihre Streitigkeiten bezüglich der Patentrechte. Sie einigten sich aber 1883. Dies vielleicht, weil Edison drei Jahre zuvor, am 27. Januar 1880 das „Basispatent“ Nummer 223898 erhielt.

[11] https://de.wikipedia.org/wiki/Werner_von_Siemens, Zugriff am 12.11.2017

Generell war die Glühbirne oder auch die sogenannte Glühlampe (früher auch Glühlicht genannt) eine der umstrittensten Erfindungen. Jeder will sie erfunden haben und alle haben sie sozusagen zur gleichen Zeit erfunden. Edison konnte sich aber mit seinem Patent mehrheitlich durchsetzen und ist als der Erfinder der Glühbirne bekannt.

Mit der Kohlefadenlampe begann die Gasbeleuchtung in den Haushalten langsam auszusterben. Im Jahre 1884 wurde das bekannte Café Bauer in Berlin als erstes mit elektrischen Glühlampen ausgestattet.[12]

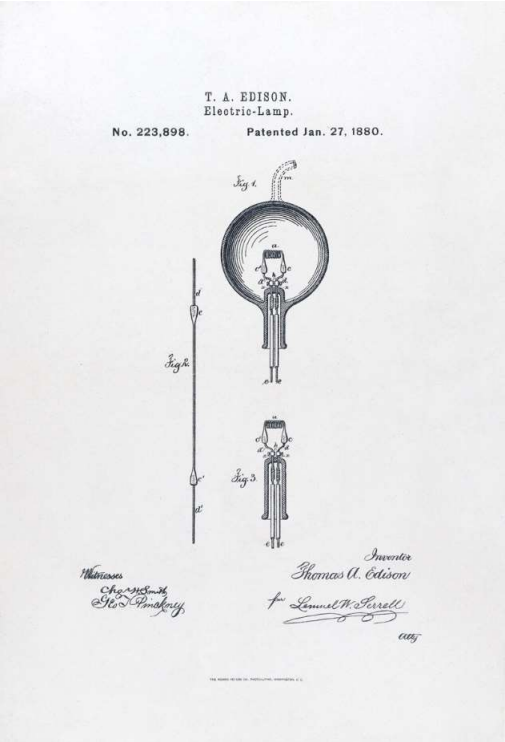

Abbildung 9 „Basispatent“ von Edison

Abbildung 10 Abend im Café Bauer 1898

[12] https://de.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BChlampe, Zugriff am 12.11.2017

4 Definition

Wenn man den Begriff im Duden sucht, wird man nicht fündig. Sozusagen ist es eigentlich kein richtiges Wort, zumindest im deutschsprachigen Raum. Meiner Meinung nach ist es auch ein sehr verwirrender Begriff. Wie kann Licht verschmutzt, also dreckig sein?

4.1 Was ist Lichtverschmutzung und was bedeutet es?

Lichtverschmutzung hat ja eigentlich nichts mit der Verunreinigung des Sonnenlichts zu tun; es hat viel mehr mit der Verschmutzung der Nacht durch das von uns generierte Licht zu tun. So wie es auch Pierantonio Cinzano, einer der führenden Forscher in der Lichtverschmutzung beschreibt:

„The alteration of the natural quantity of light in the night environment due to the introduction of artificial light is a true pollution. (...). Light pollution stands for "pollution of the light": pollution of the natural light due to manmade light."[13]

Dieser eher unpräzise Begriff „Lichtverschmutzung" stammt aus der Übersetzung vom Englischen ins Deutsche. Auf Englisch sagt man light pollution oder oft auch light smog.

Die Dark-Sky Switzerland erklärt den Begriff wie folgt:

Abbildung 11 Logo IDA Sektion Schweiz

„Lichtverschmutzung ist die künstliche Aufhellung des Nachthimmels und die störende Auswirkung von Licht auf Mensch und Natur. (...) Es handelt sich um eine anerkannte Form von Umweltverschmutzung wie etwa Luft- oder Gewässerverschmutzung."[14]

Dies ist meiner Meinung nach die treffendste Definition. Sie zeigt das Problem beispielhaft und verständlich dar und macht es auch dem Laien in wenigen Sätzen klar, was Lichtverschmutzung bedeutet.

Dies ist aber keine neue Erkenntnis. Der Begriff der Lichtverschmutzung wurde bereits 1976 von den Wissenschaftlern Don Osterbrock, Mark Walker und Alan Koski thematisiert. Sie schrieben in einer Abhandlung über die Lichtverschmuzung auf dem Mount Hamilton und deren Auswirkungen auf die astronomische Forschung folgendes zum Thema:[15]

„The problem of light pollution is becoming increasingly severe at essentially all major observatories in the continental United States (...) In particular, the growth

[13] Rotta: Martin, 2011, S.18
[14] http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/lichtverschmutzung/, Zugriff am 13.11.2017
[15] Rotta: Martin, 2011

of San Jose and other communities in the Santa Clara Valley is causing an increase in the sky brightness over Lick Observatory at at a rate of approximately 1 magnitude per 25 years“[16]

Sie beschrieben die Probleme der Lichtverschmuzung für die namhaften Observatorien in den Vereinigten Staaten von Amerika und machten erste Messungen zu diesem Thema.

Abbildung 12 Lick Observatory, Mount Hamilton, California, USA

4.2 Wieviel - und warum brauchen wir Licht überhaupt?

Da wir rein biologisch gesehen eigentlich tagessaktive Lebewesen sind, brauchen wir rein theoretisch kein künstliches Licht in der Nacht. Somit ist es nicht im Sinne der Natur, dass wir „die Nacht zum Tag machen“.

Wieviel Licht wir effektiv brauchen, ist nicht wirklich in Zahlen zu beziffern. Die benötigte Lichtmenge hängt immer von der jeweiligen Person und ihrer Sehstärke ab. Ältere Menschen haben generell ein schlechteres Sehvermögen; gerade in der Dämmerung respektive in der Nacht. Auch die Perspektive spielt oft eine Rolle. Ein Mensch im Rollstuhl braucht zum Beispiel andere Lichtverhältnisse als eine ältere Person. Insbesondere die Positionierung der Lichtquelle spielt bei einem Menschen im Rollstuhl eine wichtige Rolle. Dies darf nicht vernachlässigt werden.

Versuche in meiner Heimatgemeinde Aeugst am Albis haben aber gezeigt, dass wenn man die Leistung der Strassenbeleuchtung halbiert, wir keinen Unterschied bemerken. Das selbe Phänomen konnte man bereits in vielen anderen Gemeinden beobachten.[17]

Was aber gesagt werden muss: Die künstliche Aufhellung des Nachthimmels erhebliche Auswirkungen auf unsere biologische Uhr. Mehr zu diesem Thema im Kapitel 6.1.1“Biologische Auswirkungen“ auf der Seite 24.

[16] Osterbrock: D. E., et al., 1976, S. 349
[17] Persönliche Notizen aus dem Referat über Lichtverschmutzung am 2.11.2017 in Aeugst am Albis

Zu der Frage, wieviel Licht ein Mensch braucht, muss man sich auch fragen, wozu wir Licht brauchen. Heutzutage brauchen wir das Licht nicht mehr nur um in der Nacht zu sehen, sondern auch um eine Stadt möglichst angenehm und sicher (vgl. 6.1.2) für die Bevölkerung zu machen.

Licht ist ein zentraler Punkt in der Gestaltung einer Stadt und deren Objekte und Gebäude. Somit ist es auch im Sinne der Stadtplanung, die „unnötigen" *Lichtemissionen* so klein wie möglich zu halten. So können Objekte, die gestalterisch relevant sind besser hervorgehoben werden. Desto grösser die *Lichtemissionen*, desto kleiner der Kontrast.

Des Weiteren sind auch Beleuchtungen von Schaufenstern oder Reklametafeln nicht unbedingt von Vorteil. Zumindest nicht, wenn es um die Lichtverschmutzung geht. Mit dem Einzug der LED ist die Beleuchtung der Schaufenster und der Reklame immer erschwinglicher und lukrativer geworden, da der Stromverbrauch und die dadurch anfallenden Kosten dementsprechend klein sind. Aufgrund dieses Trends hat die Stadt Luzern als eine der ersten in ihrem *Plan Lumière* die Schaufensterbeleuchtung klar begrenzt.

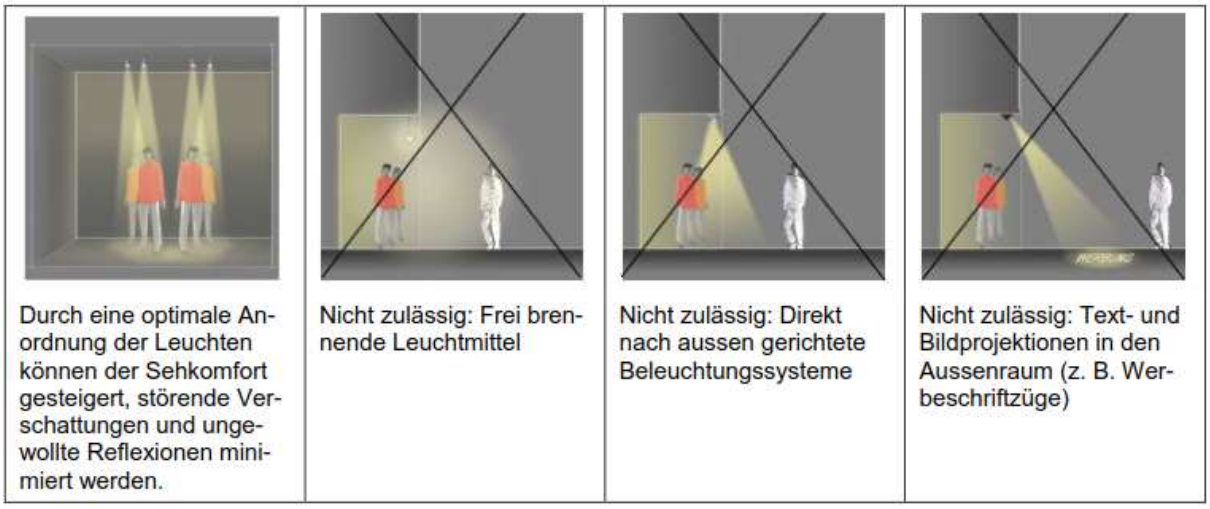

Abbildung 13 Vorgaben und Empfehlungen für Schaufensterbeleuchtungen in Luzern

Diese schreiben vor, dass die mittlere Leuchtdichte von Leuchtreklamen sowie auch Dachreklamen den Wert von 110 *Candela pro Quadratmeter (cd/m²)* nicht überschreiten darf. Des Weiteren ist auch festgehalten worden, dass die (mittlere) Beleuchtungsstärke auf dem Trottoir den Bereich von 50-70 *Lux* nicht überschreiten darf.[18]

[18] BAFU (Hrsg.), 201x

5 Situation und Entwicklung

5.1 Wie sieht es Global aus

Etwa 83% der Weltbevölkerung und mehr als 99% der US-amerikanischen und europäischen Bevölkerung leben unter lichtverschmutztem Himmel. Aufgrund der Lichtverschmutzung ist die Milchstrasse für mehr als ein Drittel der Menschheit nicht sichtbar, in Europa 60% und in Nordamerika fast 80%.

Darüber hinaus sind 23% der Landflächen der Welt zwischen 75°N und 60°S, 88% Europas und fast die Hälfte der USA von lichtverschmutzten Nächten betroffen.

Die Länder mit der am wenigsten von Lichtverschmutzung betroffenen Bevölkerung sind Tschad, Zentralafrikanische Republik und Madagaskar. Mehr als dreiviertel der Bevölkerung dürfen dort unter unberührtem Himmel leben. Die Länder und Gebiete mit den grössten, unverschmutzten Gebieten sind Grönland (nur 0,12% der Fläche hat keinen unberührten Himmel), die **Zentralafrikanische Republik (0,29%)**, **Niue (0,45%)** – 2‘400 km nordöstlich von Neuseeland sowie auch **Somalia (1,2%)** und **Mauretanien (1,4%)** welches im Nordwesten von Afrika nahe bei den kapverdischen Inseln liegt.[19]

Licht ist ein Produkt der modernen Gesellschaft und je nach Siedlungsdichte und Wohlstand steigen auch die Lichtemissionen.

Dies erklärt auch, dass die Zentralafrikanische Republik, welches 2016 das ärmste Land (gemessen am BIP/Kopf) war und somit auch die geringste Lichtverschmutzung aufwies. Auch im Index der menschlichen Entwicklung (ebenfalls von 2016) lag die Zentralafrikanische Republik auf Platz 188 von 188 erfassten Ländern.

Auch Niue, welche früher Savage Island (Insel der Wilden) hiess, ist so klein (ca. 20x20 Kilometer) und hat eine Bevölkerung von nur 1‘618 (Juli 2017)[20] Personen (Stadt-Zürich= 415‘682 im 2016[21]). Auch Somalia und Mauretanien sind nicht die fortschrittlichsten und wohlhabendsten Länder auf der Welt.

[19] Falchi: Fabio et al., 2016
[20] https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ne.html, Zugriff am 10.12.2017
[21] https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/prd/Deutsch/Statistik/Themen/Bevoelkerung/BEV321T3211_Auslaenderanteil_Bevoelkerung_nach-Herkunft-Stadtkreis-Stadtquartier.xlsx (Exceldatei), Zugriff am 10.12.2017

Wenn man eine Visualisierung der Lichtverschmutzung mit einer Visualisierung der Verbindungen zwischen Menschen auf Facebook vergleicht (erstellt von Herr Butler im Jahre 2010), sieht man die Ähnlichkeiten.[22]

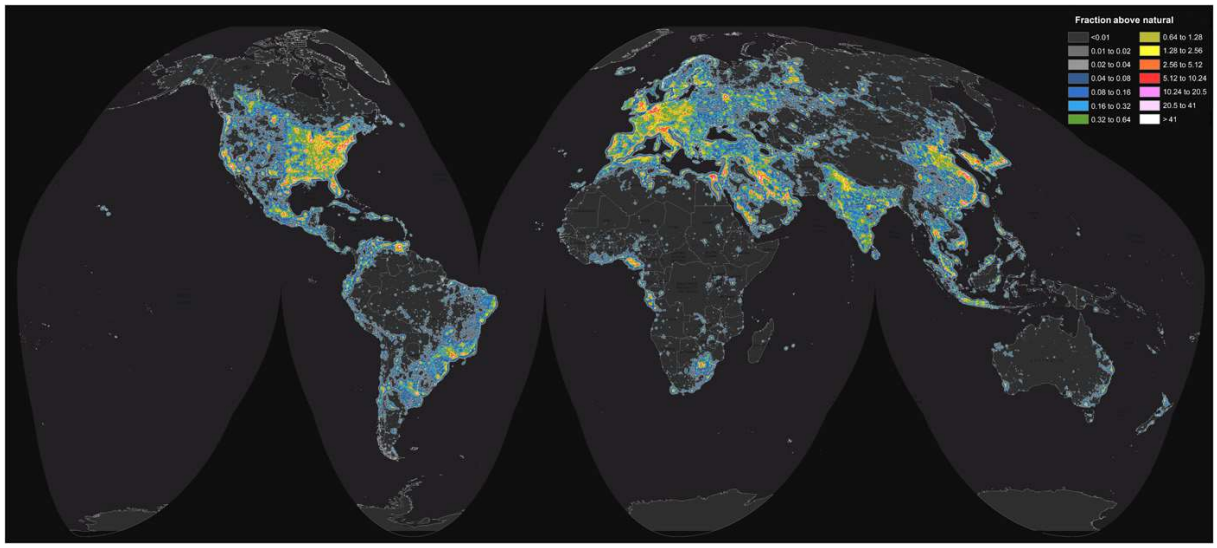

Abbildung 15 (oben) Visualisierung der Freundschaften auf Facebook
Abbildung 14 (unten) Weltkarte der künstlichen Helligkeit des Himmels (2016)

In der oberen sowie den nachfolgenden Abbildungen in diesem Kapitel (sofern nichts anderes behauptet), gelten die dunkelgrauen Werte (1 bis 2% (Verhältnis zwischen der künstlichen Helligkeit und der natürlichen Hintergrundhelligkeit des Himmels)). Blau (8 bis 16%) gibt den ungefähren Wert an, bei dem der Himmel astronomisch als verschmutzt betrachtet werden kann. Die Wintermilchstrasse (schwächer als die Sommermilchstrasse) kann nicht von gelb codierten Standorten aus beobachtet werden, während die orangefarbene Ebene den Punkt der künstlichen Helligkeit setzt, der auch die Sommermilchstrasse verdeckt. Innerhalb des

[22] Rotta: Martin, 2011

Bereichs der roten Ebene hat der Himmel die gleiche Leuchtkraft wie ein unberührter, unverfälschter Himmel am Ende der *nautischen Dämmerung*. Das bedeutet, dass die Menschen an Orten mit einem solchen Verschmutzungsgrad niemals Bedingungen erleben, die einer echten Nacht ähneln, weil sie von einer künstlichen Dämmerung überdeckt werden.[23]

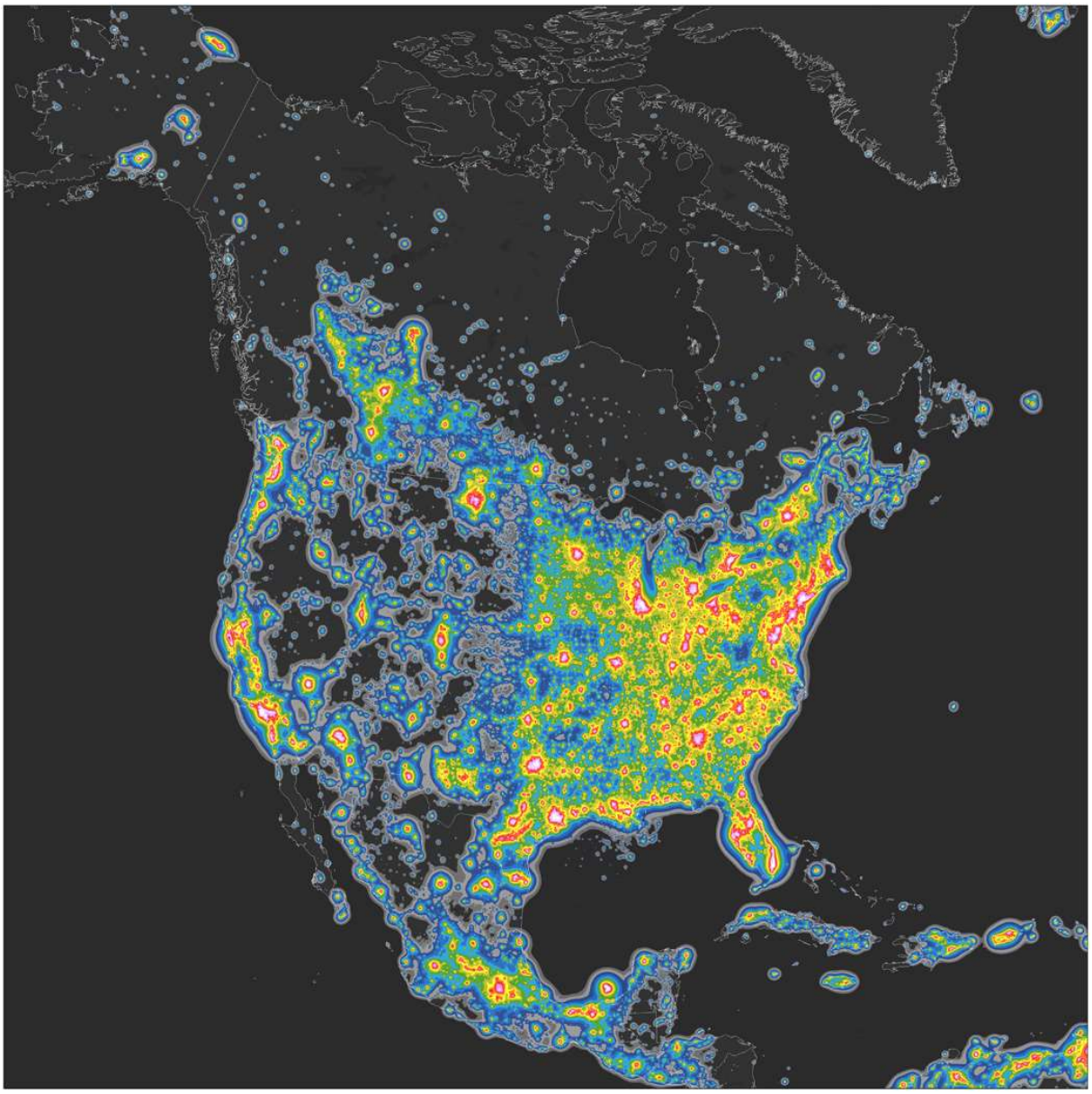

Abbildung 16 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit Nordamerikas

[23] Falchi: Fabio, et al., 2016

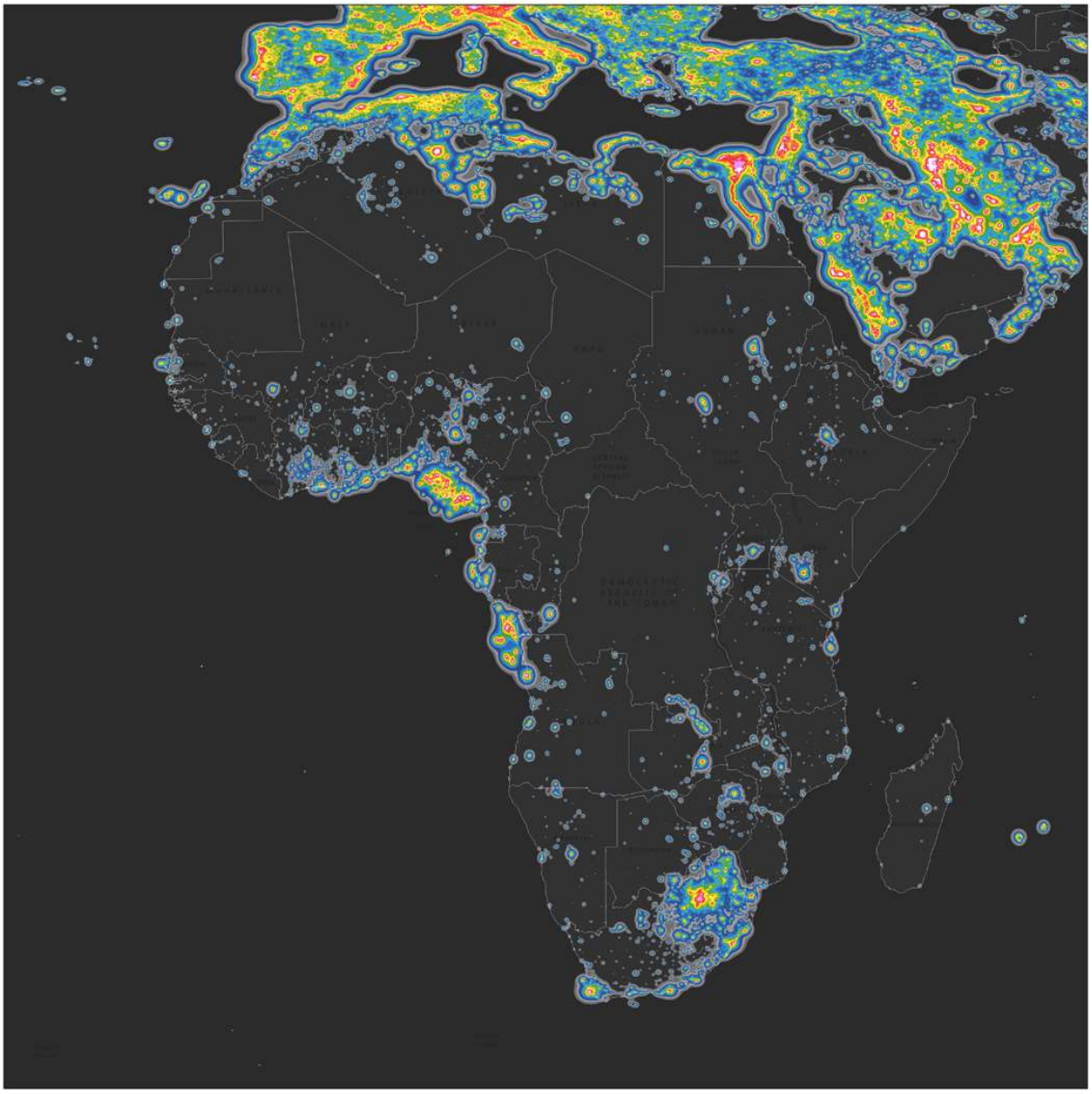

Abbildung 17 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit von Afrika

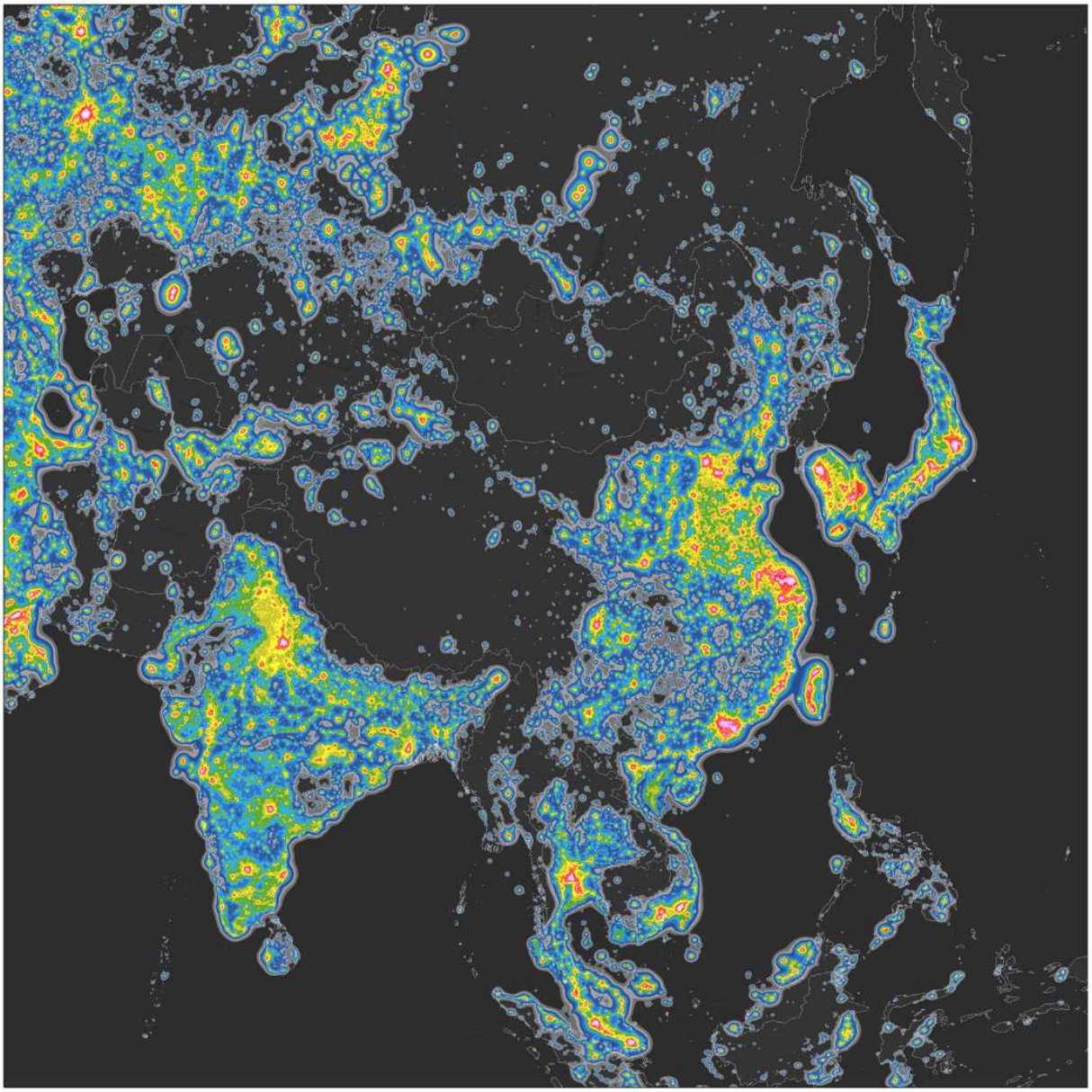

Abbildung 18 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit von Asien

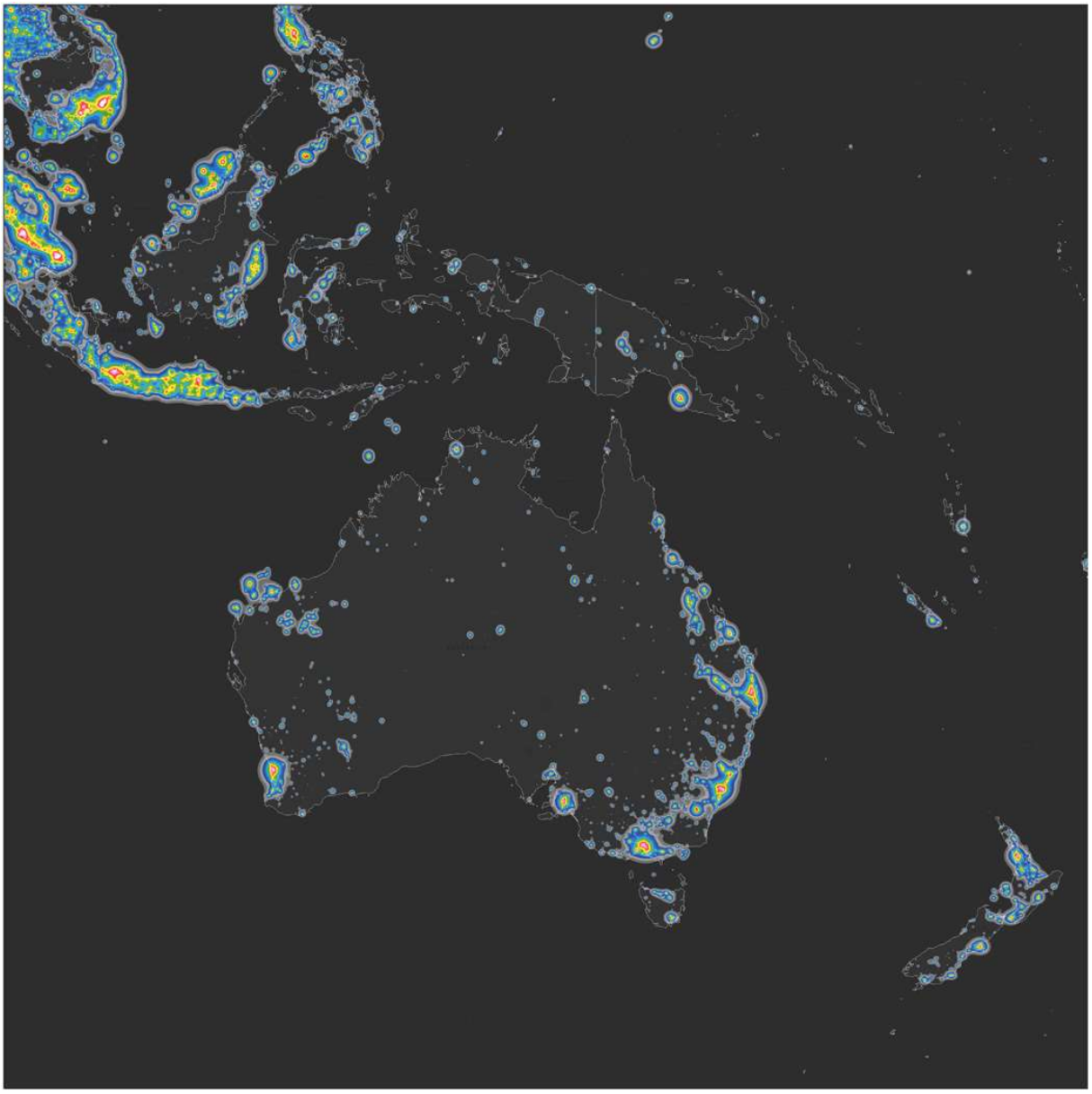

Abbildung 19 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit von Australien und Neuseeland und Indonesien

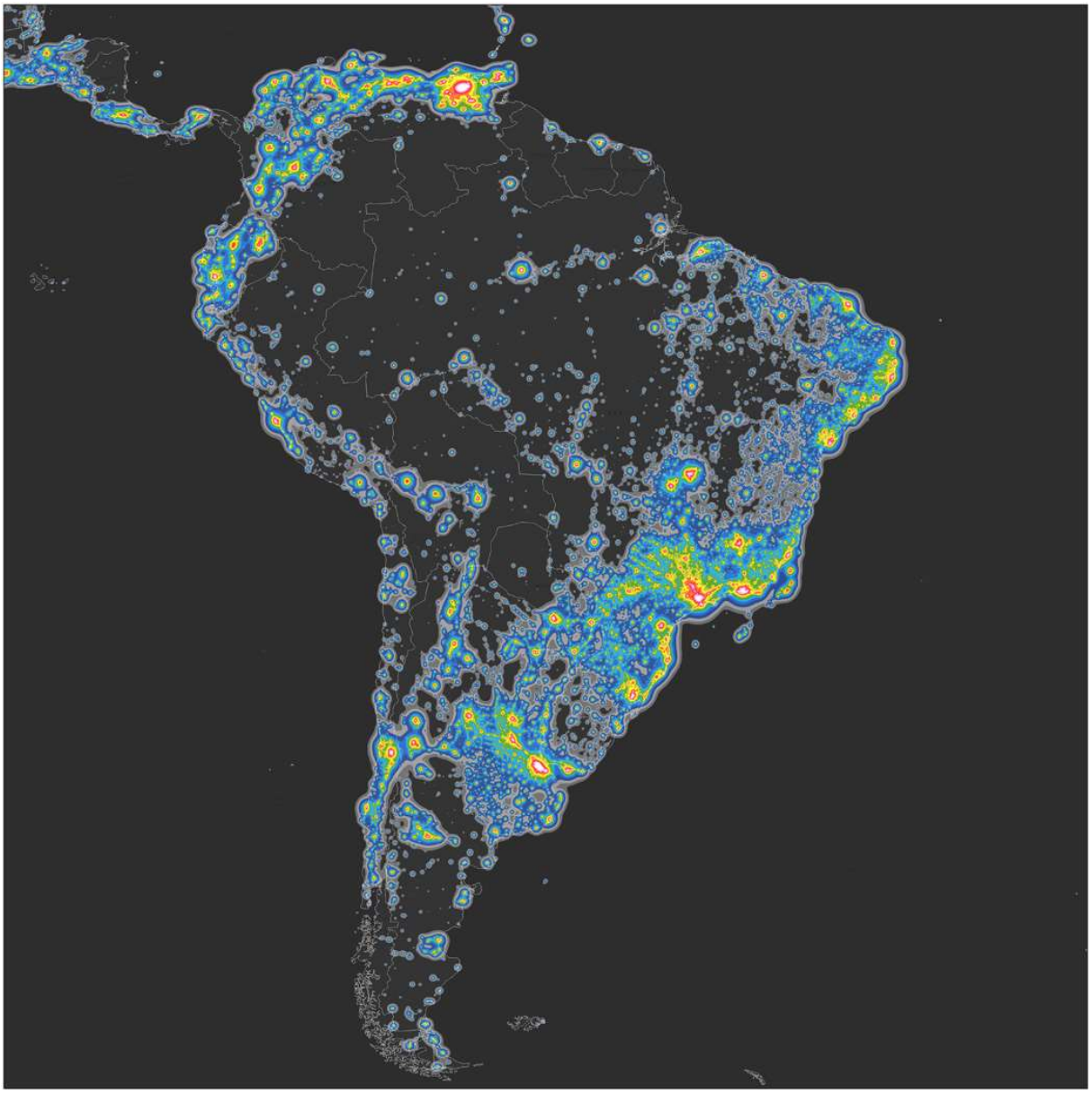

Abbildung 20 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit Südamerikas

5.2 Wo steht die Schweiz in diesem Thema

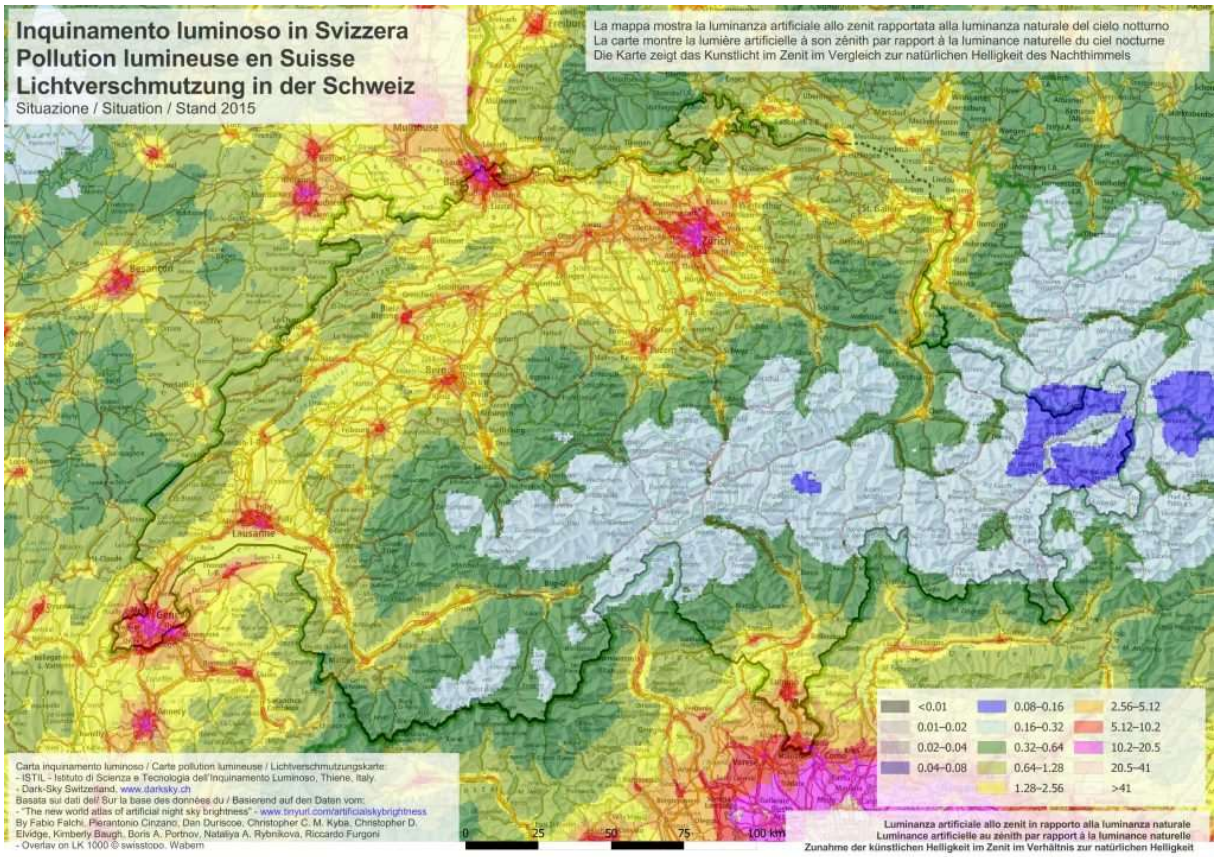

Abbildung 21 Die Aufhellung des Nachthimmels durch Kunstlicht in der Schweiz (2015)

Anmerkung zur Abbildung 21:

> „Lesebeispiele zur Karte: Dunkelste blaue Flecken in den Alpen (Aufhellung des Nachthimmels zwischen 8-16%), Purpur gefärbte Innenstädte wie Zürich, Genf, Basel, Lausanne (Aufhellung des Nachthimmels 1‘020-2‘050%)!“[24]

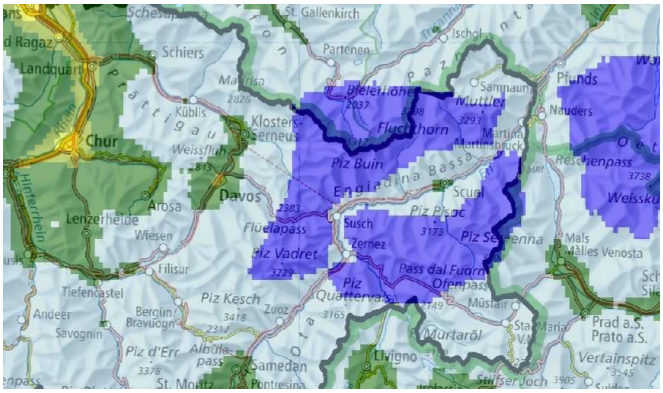

Abbildung 22 Ausschnitt von Abbildung 21

Wie in Abbildung 21 zu sehen ist, lebt in der Schweiz kein Mensch mehr unter einem dunklen Himmel. Die dunkelsten Gebiete findet man in der Ostschweiz nahe dem Ofenpass (Pass dal Fuorn 2‘149m.ü.M.) und noch ein ganz kleiner Ort nahe Disentis/Mustér (nicht in Abbildung 22 ersichtlich in Abbildung 21).

„Der hellste bewohnte Schweizer Ort sticht aus dem ohnehin stark leuchtenden Mittelland hervor: Zürich. Der dunkelste bewohnte Ort liegt 200 Kilometer südöstlich davon: In der Gemeinde Lü im Graubündner Münstertal befindet sich auch

[24] http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/lichtverschmutzung/, Zugriff am 10.12.2017

die Sternwarte «Alpine Astrovillage». Dort kann man durch grosse Teleskope in den noch relativ klaren Himmel schauen und Sterne und Planeten beobachten."[25]

Auch aus der Abbildung 21 der Seite 20 zu entnehmen ist, dass die Städte Zürich, Genf, Basel und Lausanne die höchste Emissionsrate aufweisen.

Wenn man die Karte der Bevölkerungsdichte der Schweiz mit der Karte der Lichtverschmutzung vergleicht, sieht man die Zusammenhänge:

Die Bevölkerungsdichte wird in der Abbildung 23 spektral von hellgrün (>50-100 Personen pro km²) nach rot (1'000-2'000 Einwohner pro km²) dargestellt.

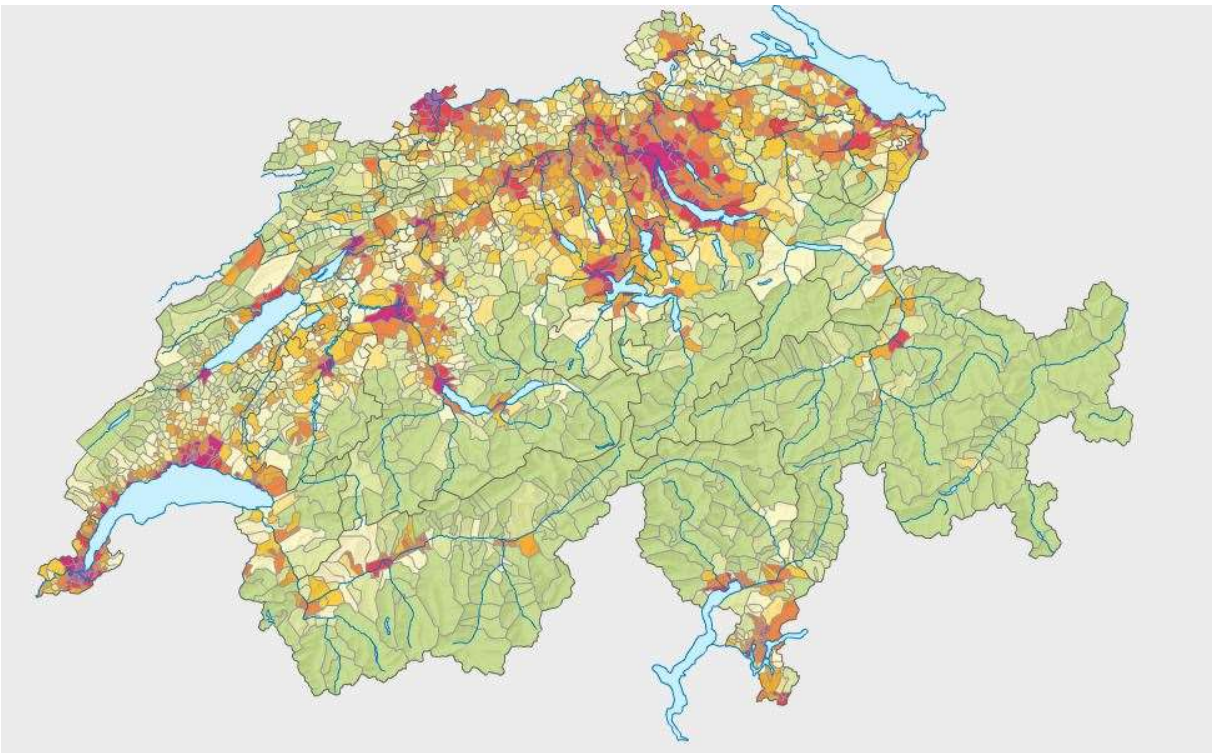

Abbildung 23 Kartographische Visualisierung der Bevölkerungsdichte der Schweiz

Des Weitern habe ich auf der nachfolgenden Seite (22) die Karte der nächtlichen Aufhellung (Abbildung 21) mit der Karte, in welcher die Einwohnerzahlen als rote Quadrate dargestellt sind verglichen. Je grösser die Quadrate, desto mehr Einwohner hat die Gemeinde. Dabei stellt jedes Quadrat eine politische Gemeinde dar.

(Gemeinden welche eine geringe Einwohnerzahl aufweisen, werden in der nachstehenden Abbildung zur besseren Lesbarkeit visuell vergrössert!)

Die beiden Bilder konnten aufgrund ihrer Skalierung leider nicht einhundertprozentig genau übereinandergelegt werden. Dies sollte den hiermit beabsichtigten Vergleich aber nur marginal stören.

[25] https://www.nzz.ch/storytelling/lichtveschmutzung-das-licht-und-seine-schattenseiten-ld.130166, Zugriff am 12.12.2017

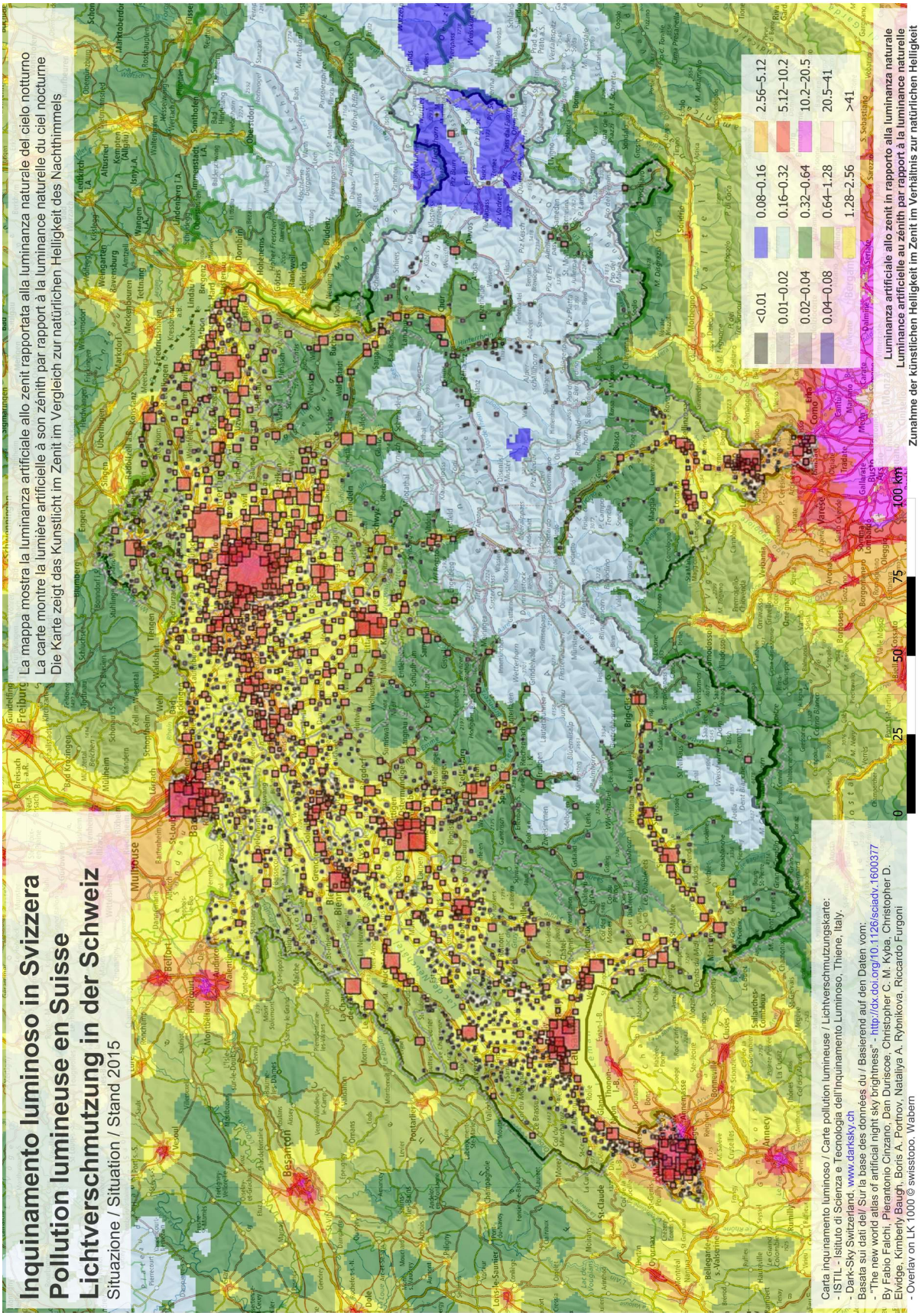

Abbildung 24 Grundkarte: vgl. Abbildung 21 transparentes Bild: Kartographische Visualisierung der Bevölkerungszahlen (2016) der Schweiz

5.3 Die Situation in Zürich und meiner Gemeinde

In dem kleinen Dorf in der Nähe von Thalwil hinter dem Albis, ist es eigentlich recht dunkel (gerade im Vergleich zur Stadt Zürich, was später in diesem Kapitel erläutert wird). Das 1981[26] Seelen Dorf ist somit nicht gerade ein Gigant was die Lichtverschmutzung angeht. Wir sind sogar als „gut“ eingestuft worden, was die künstliche Beleuchtung angeht. Wir verfügen auch über durchaus naturnahe Dunkelheit in unserer Gemeinde.[27] Sicherlich kommt die Einsparung durch die optimierte Beleuchtung, welche die Gemeinde Aeugst bereits realisiert hat und immer noch weiter ausbaut dem Energielabel zugute, welches die Gemeinde im Juli 2017 erlangt hat. Es zeigt sich aber durchaus ein Trend, genau diese Flächen resp. Gebiete zu verlieren. Dies will man auch mit der Lichtstrategie möglichst verhindern.

Die Stadt Zürich ist mit seinen 57‘584 Lampen der hellste Ort der Schweiz. Dieser benötigt nur für die Beleuchtung 22‘340‘000 kWh also 22.34 GWh.[28]

Müssten wir dies als Ottonormalverbraucher zahlen würde das uns 4‘021‘200 Franken (18Rp. /kWh[29]) im Jahr kosten.

Falls man aber trotzdem nach einen, den Umständen entsprechenden dunklen Ort sucht, dann sollte man nach Humlikon gehen. Die Bewohner dieser Gemeinde haben die besten Voraussetzungen den Sternenhimmel zu betrachten. Humlikon ist in etwa einer Stunde mit dem Zug von Zürich aus erreichbar. Wer lieber in der Stadt bleiben will, ist am besten auf dem Aussichtsturm Loorenkopf auf dem Adlisberg aufgehoben. Auch dort können bei guten Bedingungen zumindest ein Teil der Sterne beobachtet werden.[30]

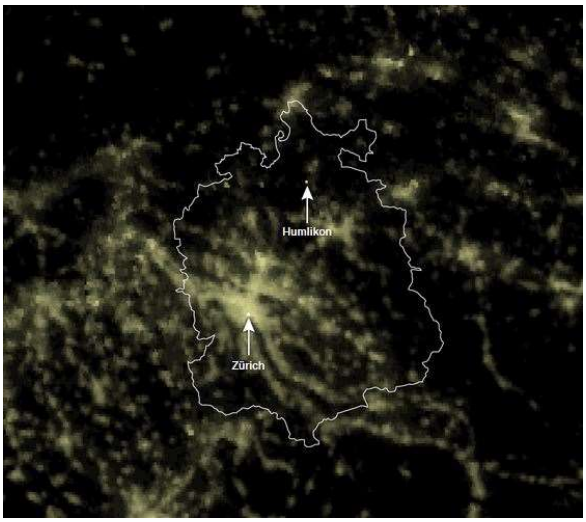

Abbildung 25 Aufnahme des Suomi-Satellit des Kantons Zürich (vergrössert)

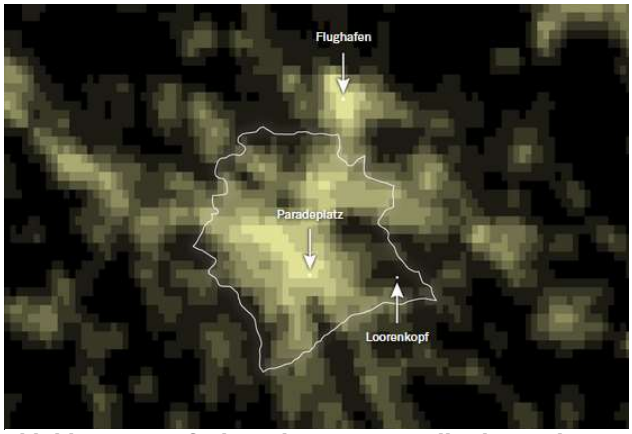

Abbildung 26 Aufnahme des Suomi-Satellit der Stadt

[26] https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/regionalstatistik/regionale-portraets-kennzahlen/gemeinden/gemeindeportraets.html, Zugriff am 23.11.2017, (Einwohnerzahl Stand 2015)
[27] PowerPoint Präsentation des Referats über Lichtverschmuzung in Aeugst am Albis vom 2.11.2017, z. V. gestellt von Frau Nadia Hausheer
[28] https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ted/Deutsch/taz/Stadtraum/Publikationen_und_Broschueren/Plan_Lumiere/Plan_Lum_Konzept_Anhang_2.pdf, Zugriff am 28.11.2017, („Anhang 2“ des *Plan Lumière* Gesamtkonzept)
[29] https://www.elcom.admin.ch/dam/elcom/de/dokumente/2017/Rohdaten%20Tarife%202017%20(Stand%2001.02.2017).xlsx.download.xlsx/Rohdaten_Tarife_2017%20(Stand%2001.02.2017).xlsx, Zugriff am 16.12.2017, (Durschnitt aller Standart-Produkten aller Anbieter der Kategorien H1-H8. Stand 1.2.2017)
[30] https://www.nzz.ch/storytelling/lichtveschmutzung-das-licht-und-seine-schattenseiten-ld.130166, Zugriff am 13.12.2017

6 Auswirkungen der Lichtverschmutzung

6.1 Die Lichtverschmutzung und die Auswirkungen auf uns Menschen

6.1.1 Biologische Auswirkungen

Die innere Uhr und ihre Rhythmen sind abhängig von dem exogenen (äusserem) Einflussfaktor Licht. Die meisten Rhythmen sind circadian (etwas das einen Tag andauert) und betragen ca. 24h. Diese Rhythmen bewirken Folgendes:

„Die Körpertemperatur nimmt am Ende der Schlafphase zu, der Spiegel des Hormons Melatonin sinkt. In der Folge steigen Blutdruck und Pulsfrequenz, wodurch ein besseres Wachheitsgefühl am Morgen entstehen soll. Etwa eine 1 Stunde danach wird der Organismus mit stimulierenden Hormonen (v.a. Steroide) geflutet. Die Maximalwerte von Körpertemperatur, Puls und Blutdruck werden gegen 16 Uhr erreicht, gegen 18 Uhr sinken diese wieder ab(...), ebenso der Melatoninspiegel: Der Körper bereitet sich auf den Schlaf vor.“[31]

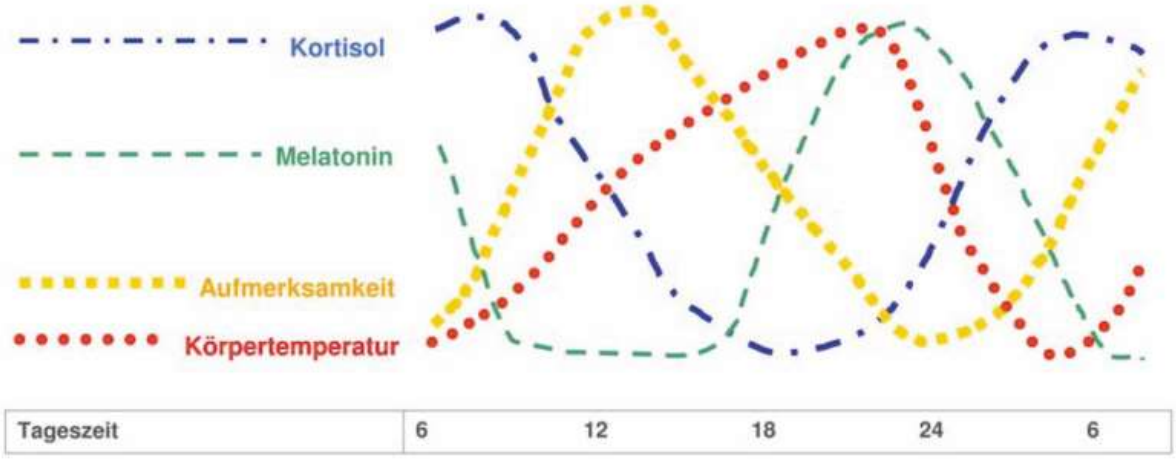

Abbildung 27 Zirkadiane Rhythmen

[31] Schobersberger: Wolfgang, et al., o.J., S. 2

Melatonin — unser Schlafhormon

Die Aktivierung des Melatoninspiegels wird durch die Photorezeptoren (Melanopsin-Rezeptoren) auf der Netzhaut unseres Auges an den suprachiasmatischen Nucleus (SCN) weitergeleitet. Dieser ist ein zentraler Taktgeber für unsere innere Uhr. Er nämlich steuert durch die Zirbeldrüse (Corpus pineale) die Melatonin Produktion[32] [33]

Das bedeutet, wenn wir Licht selber produzieren (durch Lampen u.ä.), dann täuschen wir dem Körper vor, dass es Tag ist. Somit beginnt der Körper nicht (oder zu spät) mit der Melatonin-Produktion. Die Folge ist, dass sich der Rhythmus verschiebt und nicht mehr auf den Sonnenauf- respektive den Sonnenuntergang abgestimmt ist.

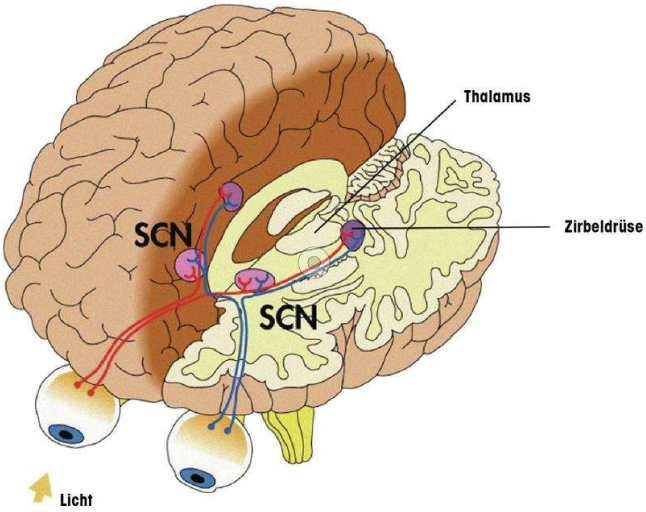

Abbildung 28 Komponenten des zirkadianen Systems

Wie oben bereits erwähnt, sind wir eine tagesaktive Spezies doch dank der künstlichen Beleuchtung mit kurzwelligem Licht sind wir, somit auch in der Nacht aktiv. Dies ist so von der Natur aus nicht vorgesehen! Das dadurch generiert Ungleichgewicht kann den Körper unter Umständen verwirren. Die Folgen sind Schlafstörungen und diverse andere Krankheiten wie u. a. Depressionen, Stress, Aggressivität und erhöhtes Risiko für Krebs und Herzinfarkt.[34]

Um dem entgegenzuwirken, sollte man sich in den Abendstunden möglichst keinem kurzwelligen, kaltem (blau / violettes) Licht aussetzen, denn die Aktivität der Melanopsin-Rezeptoren werden durch Licht mit einer Wellenlänge von 410-460nm (nm=Nanometer) gehemmt. Die Melatonin-Produktion wird also verhindert.

[32] Schobersberger: Wolfgang, et al., O.J.
[33] Eckert: Anne, Aging: Brain, 2011
[34] Wittig: Rüdiger, Niekisch: Manfred, 2014, (Kapitel 11.7)

Der geringste Einfluss auf die Rezeptoren hat das langwellige Licht ~>600nm (Sonnenuntergang). Somit sollte darauf geachtet werden, dass die Farbtemperatur von Bildschirmen oder Lampen wenn möglich am Abend immer auf das Minimum gestellt wird. Diverse Systeme wie Windows und Android (Samsung) haben dafür bereits einen speziellen „Nachtmodus“, welcher nur zu empfehlen ist.

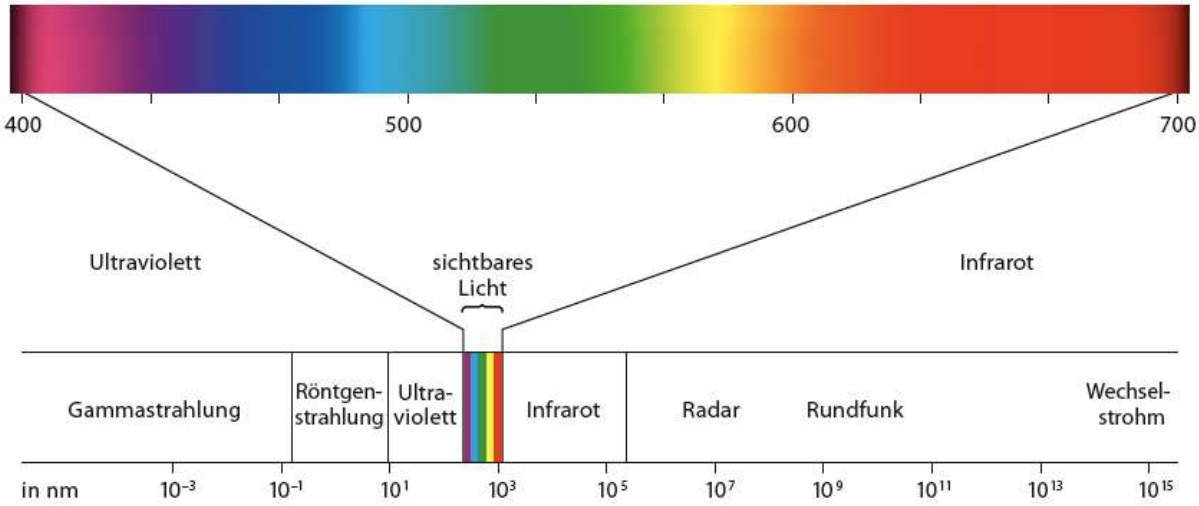

Abbildung 29 Lichtwellenspektrum

6.1.2 Psychologische Auswirkungen auf die nächtliche Beleuchtung und deren Sicherheitsaspekt.

Wir Menschen hatten schon immer Angst vor der Nacht. Je jünger die Kultur, desto grösser war die Furcht vor der Dunkelheit. Früher war bei Sonnenuntergang Torschluss, die Städte, welche von einer Stadtmauer umschlossen waren, wurden von der Aussenwelt abgeschottet und die Stadttore schlossen sich. Die Häuser mussten abgeschlossen werden und in manchen Orten war es auch üblich, den Schlüssel abzugeben. Kein Mensch durfte mehr ohne triftigen Grund auf die Strasse treten. Wer erwischt wurde, wurde sofort weggesperrt. Diese „Abschliessvorschriften“ hielten in gewissen Regionen bis ins frühe 19. Jahrhundert an.[35]

Diese Angst vor der Dunkelheit ist immer noch stets präsent. Die Nacht macht uns müde und schwach und unter anderem sehen wir nicht mehr gut; wir werden verletzlich. Genau diese Angst kommt sicher aus der Anfangszeit, als wir uns noch vor Raubtieren schützen mussten.

Viele Leute sind auch heute noch der Meinung, dass die Dunkelheit gefährlich ist und die Wahrscheinlichkeit grösser ist, überfallen zu werden. Aber es gibt keine Belege, dass mehr Licht zu mehr Sicherheit führt. Diese Aussage deckt sich mit diversen Studien von namhaften Institutionen resp. Fachpersonen.

[35] Schivelbusch: Wolfgang, 1983

Ernst Wauer hat zum Beispiel im Rahmen einer Studie in einer grösseren Wohnsiedlung folgende Ansätze für eine kriminalperspektivische Lichtplanung erstellt:

- „Durch die „Verdunklung“ von Wegen sollen diese Passanten unsicher erscheinen und somit zu relevanten Tatzeiten gemieden werden
- Durch die geringere Auffälligkeit der Wege bei Dunkelheit werden potenzielle Nutzer davon abgehalten, diese als Abkürzung zu benutzen
- Selbst für unerwünschte Gruppen werden diese Bereiche somit weniger attraktiv und laden nicht zum Verweilen ein
- Durch die Beleuchtung der Bereiche der Siedlung, die von den Wegen aus zu sehen sind, entsteht bei diesen Gruppen das Gefühl, beobachtet zu werden, was dazu führt, dass das Gefühl der Beherrschung des Umfeldes subjektiv reduziert und damit die Zahl der Übergriffe verringert wird“[36]

Beleuchtung ist also nur in Verbindung mit einer sozialen Kontrolle (Bürgerwehr, mehr Polizeipräsenz usw.) sinnvoll, da dies wahrscheinlich sonst keine Auswirkungen auf das Verhalten der Gesellschaft hätte. Dies belegt eine Studie, welche im Auftrag der Home Office Crime Prävention Unit (einer Abteilung des britischen Innenministeriums) im Jahre 2004 erstellt wurde.[37]

[36] Fischer-Hirchert: Prof. Dr. Ulrich H. P. / Reinboth: Christian, 2009, S.43
[37] Fischer-Hirchert: Prof. Dr. Ulrich H. P. / Reinboth: Christian, 2009

Auch in der Schweiz bestätigte sich diese Aussage. In einer Analyse der Situation der Umgebung in Zürich (speziell das Quartier Langstrasse) (Pro-

	Stadt Zürich	Kanton Zürich ohne Stadt Zürich	Ganzer Kanton Zürich	Ganze Schweiz
N	124 (%)	61 (%)	183 (%)	1438 (%)
Die Gefahr, bestohlen oder überfallen zu werden	27.4	35.5	32.6	29.2
Die Anwesenheit von herumlungernden Personen (Drogeabhängige, Bettler, alkoholisierte Personen, Jugendliche)	27.4[a)]	14.9	19.1	23.7
Die mangelnde Beleuchtung	17.8	24.5	22.2	20.4
Anderes	11.9	8.8	10.2	9.6
Das Fehlen anderer Passanten	8.9	8.0	8.4	7.4
Weiss nicht/keine Antwort	4.5	6.8	6.0	6.4
Zu viele Ausländer	0.7	0.4	0.5	1.6
Wegen der Medien	0.7	1.2	0.8	0.8
Wegen meinem Alter	0.7	0.0	0.3	0.6
Zunahme von Gewalt	0.0	0.0	0.0	0.3[b)]
Unsauberkeit und die Graffitis an den Wänden	0.0	0.0	0.0	0.0

[a)] Signifikanter Proportionsunterschied $p<0.05$ zwischen der Stadt Zürich und dem Rest des Kantons
[b)] Signifikanter Proportionsunterschied $p<0.05$ zwischen dem Kanton Zürich und der Schweiz

Abbildung 30 Wichtigste Ursachen des Unsicherheitsgefühls

jekt Langstrasse PLUS), dass die Nachfrage für eine bessere Beleuchtung besteht. Dies vor allem bei den Menschen, welche auf dem Land wohnen. Wie in der Tabelle (Abbildung 30 auf Seite 28) zu sehen ist, herrscht eine grosse Unsicherheit bei fehlender Beleuchtung. Gerade nach der Angst überfallen zu werden resp. durch herumlungernde Leute[38]

6.2 Die Auswirkungen auf unsere Flora

Inwiefern die Lichtverschmutzung die Flora beeinträchtigt ist noch unbekannt/wenig erforscht. Es gibt keine, mir bekannten Studien (o.ä.) über die Auswirkungen auf unsere Pflanzenwelt. Dies wird auch von Madeleine Klein in ihrer Diplomarbeit treffend beschrieben:

„Von den Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf Pflanzen ist noch relativ wenig bekannt. Pflanzen leben von der Photosynthese, folglich durch Licht. Somit bestehen auf jeden Fall Einwirkungen der Beleuchtung auf die Pflanzenwelt, ob positiv oder negativ ist derzeit wissenschaftlich noch nicht erwiesen.“[39]

Bekannt ist allerdings, dass der Faktor Licht eine dominante Rolle in der Natur spielt. Er steuert die jahreszeitlichen Abläufe und bestimmt z.B. wann ein Baum

[38] Schwarzenegger: Christian, et al., 2009
[39] Klein: Madeleine, 2004, Seite 27 f.

seine Blätter abwerfen soll, um sich vor den tiefen Temperaturen des Winters zu schützen. Geraten diese fein abgestimmten Abfolgen durcheinander, könnte dies erhebliche Ausmasse annehmen, da viele Tiere vom Laub der Bäume abhängig sind, um nur ein Beispiel zu nennen. [40]

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) zeigt in ihrem Entwurf der Vollzugshilfe zu *Lichtemissionen* sehr gut auf, was das oben beschriebene Phänomen für unser Leben zu bedeuten hat. Genau solche Bäume, welche von der Strassenbeleuchtung angestralt werden, sind bei Schneefall ein sehr grosses Sicherheitsrisiko, da die Schneelast auf den Ästen, welche Blätter tragen, meist zu gross ist. Genau diese Äste können abrechen und auf den Gehweg stürzen.

Abbildung 31 Gestörter natürlicher Rhythmus durch die Beleuchtung

6.3 Auswirkungen der Lichtverschmutzung auf die Tierwelt

Das Licht ist ein Freund sowie auch ein Feind der Tierwelt. Es ist bewiesen, dass die Tiere am allermeisten darunter leiden. 30 Prozent aller Wirbeltiere und gar mehr als 60 Prozent der wirbellosen Tiere sind nachtaktiv.[41] Diese können aufgrund der Beleuchtung besser von tagesaktiven Tieren gejagt werden, was ein langsames Aussterben der betroffenen Arten zur Folge hat.

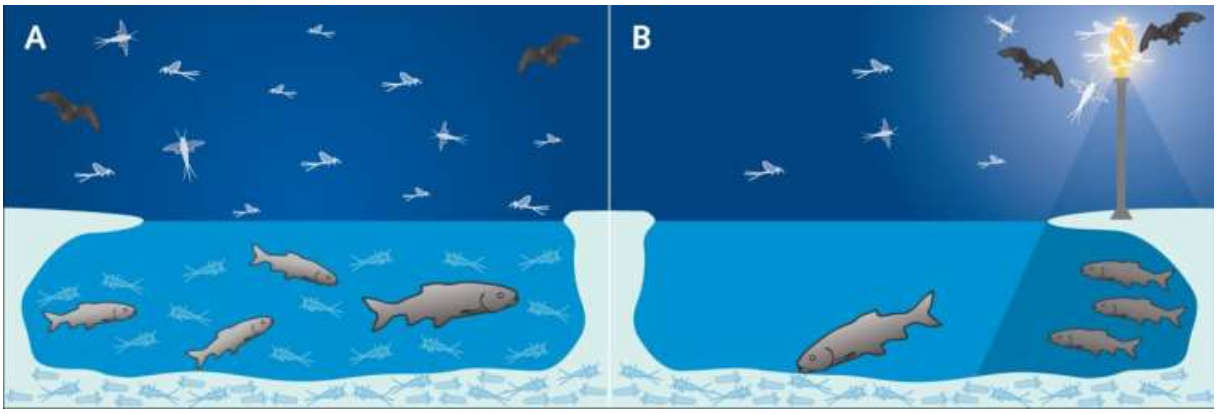

Abbildung 32 Mögliche Auswirkungen von künstlichem Licht an einem Fliessgewässer

[40] Lozán: José L., et al., 2016
[41] Wittig: Rüdiger / Niekisch: Manfred, 2014 (Kapitel 11.7)

Da die Evolution der Tierwelt aber nie ein beleuchtetes *Habitat* vorgesehen hat, ist es eigentlich unmöglich eine Beleuchtung zu erstellen, welche alle Tiere gleichermassen schützt. Jede Tierart hat ein anderes Sehempfinden das auf eine bestimmte Wellenlänge des Lichtes (vgl. Abbildung 29) anspielt. Viele Tiere sehen auch ein weitaus grösseres Spektrum, bis hin zum UV-Bereich und den Infrarot Bereich. Es wird oft vergessen, dass Tiere Licht ganz anders wahrnehmen, als wir es tun.

6.3.1 Insekten

Insekten sind manchen Menschen eher ein Dorn im Auge, da sie entweder stechen, beissen, nerven oder einfach nur „eklig“ sind. Trotzdem gehören sie zu den wichtigsten Nahrungsmitteln vieler Tiere.

Abbildung 33 Nachtfalter die verwirrt um eine Laterne fliegen

Künstliches Licht bewirkt, dass Insekten, welche z.B. auf der Suche nach einem Blumenfeld sind, durch den Schein der Leuchtquelle verwirrt werden und immer wieder auf diese zufliegen. Im schlimmsten oder im besten Falle, (so wie man will) verbrennen die Insekten beim Kontakt mit dem heissen Schutzglas oder sie fliegen so lange um die Leuchtquelle bis sie vor Erschöpfung zusammenbrechen.[42]

In Feldstudien aus Düsseldorf (2008), Vörl (Tirol) (2010) und Frankfurt/Main (2011) wurde erwiesen, dass LED-Leuchten eine geringere Anziehungskraft aufzeigen. Ganz im Gegensatz zu den alten Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, sowie den Leuchtstofflampen oder den Natriumdampf-Hochdrucklampen.[43]

6.3.2 Vögel

Die Vögel sind richtige Globetrotter. Manche Arten fliegen bis zu unglaublichen 20‘000km, um zwischen ihren Winterquartieren in ihre Brutquartieren zu wechseln. Dabei fliegen fast zwei Drittel der sonst eigentlich tagesaktiven Tiere bei Nacht, um ihre Ressourcen so effizient wie möglich zu nutzen. Bricht ein Sturm aus oder sind die Sterne nicht mehr zu sehen, suchen die Vögel einen Rastplatz auf und hoffen, dass sie diesen im hellen Licht finden. Dies ist aber oft ihr Tod, da sie in dem „Irrlicht“ leicht gefährliche Hindernisse übersehen oder wie Insekten so lange desorientiert herumirren, bis sie vor Erschöpfung umkommen.[44]

[42] BAFU (Hrsg.), 201x
[43] Held: Martin, et al., 2013
[44] Posch: Thomas, 2010

Aus Gründen der Flugsicherheit müssen hohe Gebäude wie auch Funk- und Fernsehtürme mit Warnleuchten (Leuchtfeuer) ausgestattet sein. Wegen solchen Warnleuchten sterben jährlich mehrere Millionen Vögel. „Nach Schätzungen des "US Fish an Wildlife Service" kommen an den bis 400 m hohen Funktürmen in den USA jährlich zwischen 4 und 40 Millionen Zugvögel infolge von Kollisionen um!"[45]

Dieses Phänomen, welches den Namen „Towerkill Phänomen" trägt, tritt nicht nur bei den Sicherheitsbeleuchtungen, sondern auch bei all den beleuchteten Fassaden und den *Skybeamern* auf.

Abbildung 34 Skybeamer anlässlich der Weinbergnacht in Bad Dürkheim

Um diesem Phänomen entgegen zu wirken, ist natürlich zu empfehlen die Beleuchtung komplett abzuschalten, was aber sicherheitstechnisch nicht möglich ist. Generell sind natürlich alle Lichtquellen Richtung Himmel abzuschirmen. Dies hat zum Beispiel in „Hawaii die Zahl der Anflüge junger Sturmvögel um 40 % reduziert"[46]. Ausserdem sind Dauerbeleuchtungen zu vermeiden! Wo möglich sollen Blinklichter verwendet werden und neuerdings können auch Bohrplattformen oder Windkraftanlagen (usw.) mit speziellen Sensoren. Zum Beispiel lässt sich mit Radar und einem *Transponder* die Beleuchtung bedarfsgesteuert an und wieder ausschalten. So wird die, für die Vögel so schädliche Beleuchtung nur dann eingeschaltet, wenn sie wirklich gebraucht wird.

6.3.3 Fledermäuse

Fledermäuse existieren bereits seit circa 60 Millionen Jahren. Es gibt um die 1'200 verschiedene Arten.[47] Manche davon sind ausnahmsweise Profiteure der Lichtverschmutzung wie u. a. die Nordfledermaus (Eptesicus nilssonii) oder auch die Zwergfledermäuse (Pipistrellus pipistrellus). Sie machen sich die künstliche Beleuchtung zunutze. Wie in Kapitel 6.3.1 (ab Seite 30) bereits beschrieben, werden die Insekten (welche die Nahrung der Fledermaus sind) angelockt und fliegen um die Lichtquelle herum. So sind sie für die Fledermäuse leichte Beute. Genau dieser Effekt, bei dem sich die Insekten zum Licht bewegen, schadet den lichtscheuen

[45] Posch: Thomas, 2010, Seite 86
[46] Posch: Thomas, 2010, Seite 97
[47] http://www.fledermausschutz.ch/Fledermaeuse/Fledermaeuse.html

Arten ungemein. Diese haben somit eine reduzierte Menge an Insekten, die sich noch im lichtarmen Teil ihres *Habitats* aufhalten.

„Eine Studie aus Großbritannien zeigte: Je höher die Lichtintensität der Beleuchtung war, umso weniger Zwergfledermäuse flogen aus. Im Vergleich mit rotem und blauem Licht hatte eine weiße Beleuchtung die stärksten Auswirkungen (...). Besonders empfindlich scheint die Wimperfledermaus (Myotis emarginatus) zu reagieren. Fast alle Individuen der untersuchten Kolonie verließen erst nach Ausschalten der Beleuchtung mehr als zwei Stunden verspätet ihr Quartier in einer Kirche. Der gleiche Effekt ließ sich auch bei Kleinen Mausohren (Myotis oyxgnathus) und Großen Hufeisennasen (Rhinolophus ferrumequinum) beobachten.“[48]

Dies hat zur Folge, dass die Fledermäuse weniger Zeit für die Nahrungsaufnahme haben und somit nicht ausreichend genug Nahrung zu sich nehmen konnten. Weiter bedeutet dies, dass die jungen Fledermäuse, welche gestillt werden kleiner und schmächtiger sind und somit schlechtere Überlebenschancen im Winter haben.

Gerade die Fledermäuse welche lichtscheu sind, muss man somit besser vor unserem Kunstlicht schützen. Also sollte darauf geachtet werden, dass die Beleuchtung bei Gebäuden oder Orten, welche eine Fledermauskolonie beherbergt auf ein absolutes Minimum zu reduzieren ist. Zumindest während der *Vegetationsperiode*.[49]

6.3.4 Meeresschildkröten

Die Meeresschildkröten und ihre Unterarten sind gemäss der IUCN, der International Union for Conservation of Nature (Internationale Union zur Bewahrung der Natur und natürlicher Ressourcen oder auch Weltnaturschutzunion) eine weltweit bedrohte Tierart, welche stark vom Aussterben bedroht ist und somit auch auf den von ihr veröffentlichen roten Liste der bedrohten Tierarten ist.[50] [51]

Dies liegt diversen Ursachen zugrunde. Einerseits verenden Meeresschildkröten immer wieder als Beifang (speziell der Krabbenfischerei) oder sie verwechseln treibende Plastiktüten mit Quallen. Dies aber nur falls sie es überhaupt schaffen, aus dem Ei zu schlüpfen. Die Schildkröteneier gelten leider vielerorts als Delikatesse und werden von Wilderern gesammelt obwohl deren Handel verboten ist.[52]

[48] Held: Martin, et al., 2013, Seite 67
[49] Held: Martin, et al., 2013
[50] https://www.iucn.org/
[51] http://www.wwf.de/themen-projekte/artenlexikon/meeresschildkroeten/
[52] http://naturschutz.ch/news/schildkroeten-schmugglern-auf-der-spur/118099

Abbildung 35 Die Eier von Meeresschildkröten

Auch genau bei diesem Stadium ihres Lebens kommt die Lichtverschmutzung ins Spiel. Sobald die Schildkröten schlüpfen, was meist in der Nacht passiert, graben sie sich aus ihrem Nest aus Sand, in welches sie ihre Mutter ca. 55 Tage zuvor vergraben hat aus und begeben sich zum Meer.[53]

Dabei orientieren sie sich an den, sich im Meer spiegelnde Mond- und Sternenlicht. Nun aber ist die Strandbeleuchtung und generell die Beleuchtung der Stadt, welche oftmals bis ganz an den Strand reicht, heller als der Mond und die Sterne. Somit folgen sie instinktiv dem helleren Licht. „Allein am Strand von Fort Lauderdale (Florida, USA) wurden 95 % der schlüpfenden Tiere durch das Licht am Ufer fehlgeleitet. Nur eine geringe Anzahl (unter 20 %) der fehlgeleiteten Tiere fanden letztendlich das Wasser. Dies reicht jedoch bei Weitem nicht aus, um die Population aufrecht zu erhalten. Die orientierungslosen Tiere sterben durch Erschöpfung, trocknen durch das Sonnenlicht aus oder werden durch Fahrzeuge erfasst. Doch nicht nur die frisch geschlüpften Tiere, sondern auch die weiblichen Schildkröten, welche am Strand ihre Eier ablegen, werden durch die Helligkeit angezogen.“[54]

[53] http://www.unterwasserwelt.de/html/meeresschildkroeten_fakten.html
[54] Klein: Madeleine, 2004, Seite 26 f.

Nun fragt man sich, was man dagegen unternehmen kann. Die Lösung ist natürlich, alle Beleuchtungen zumindest während der Brutzeit der Schildkröten abzuschalten. Dies ist aber wie so vieles nicht so einfach. Gerade bei der Strassenbeleuchtung ist dies sicherheitstechnisch nicht möglich. In einem Versuch in Palm Beach Country – Florida auf dem Highway A1A wurde bestätigt, dass mithilfe von Filtern, welche kostengünstig an Lampen an und auch wieder abmontieren werden können, die Zahl der fehlgeleiteten Schildkröten drastisch reduziert wird. Das Problem ist, dass je nach Art ein spezieller Filter angebracht werden muss, da jede Art ein anderes Wahrnehmungsempfinden diesbezüglich aufweist. Da diverse Arten aber oftmals am gleichen Strand nisten, ist dies nicht immer einfach zu realisieren. Aufgrund dieser Tatsache werden noch oft Eier von Tierschützern ausgegraben und an einem geeigneteren Strand wieder eingegraben. Falls dies jedoch nicht innerhalb von 12 Stunden nach der Eiablage passiert, kann der Transport für die ungeborenen Schildkröten zum Tode führen.

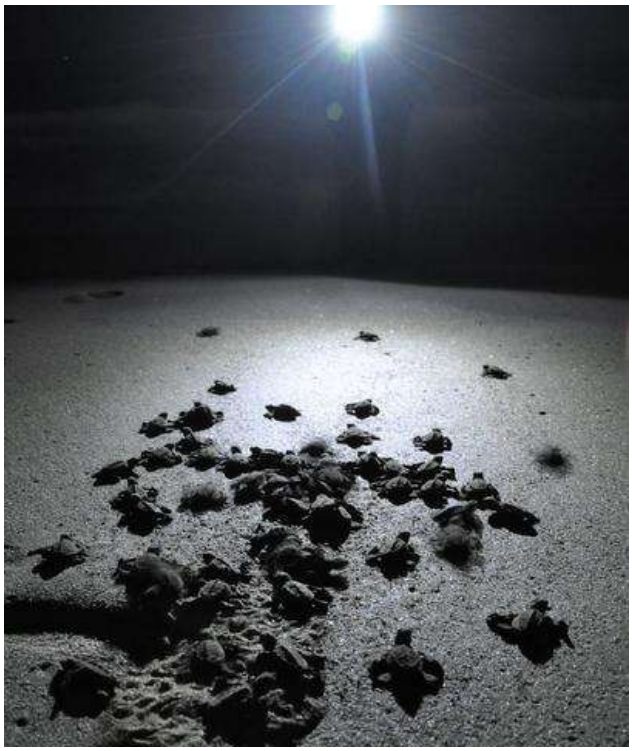

Abbildung 36 Frisch geschlüpfte Schildkröten die dem

6.4 Verlust der Sterne und Flucht der Observatorien

„Nacht ist schon hereingesunken,
Schließt sich heilig Stern an Stern,
Große Lichter, kleine Funken
Glitzern nah und glänzen fern;
Glitzern hier im See sich spiegelnd,
Glänzen droben klarer Nacht,
Tiefsten Ruhens Glück besiegelnd
Herrscht des Mondes volle Pracht.“[55]

Das Phänomen des klaren Sternenhimmels, welches Johann Wolfgang von Goethe in seinem Meisterwerk Faust so treffend beschreibt, ist heute eine Rarität geworden! Grund dafür ist die Lichtverschmutzung. Viele Leute und gerade solche, die in einer Grossstadt leben (54.9% der Weltbevölkerung[56]) haben noch nie die Milchstrasse gesehen. Als es in Los Angeles 1994 einen Blackout gab, haben viele Menschen beim Radio oder der Polizei angerufen und haben gefragt: „What is that ominous cloud, hanging over our heads?”[57]. Übersetzt heisst dies: “Was ist das für eine komische Wolke über unseren Köpfen?“.

Abbildung 37 Die Milchstrasse

[55] https://www.aphorismen.de/gedicht/53789, Zugriff am 29.11.2017
[56] https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2212.html#xx, Zugriff am 29.11.2017
[57] https://youtu.be/-xSv33prmGY?t=396, Zugriff am 29.11.2017 (Wörtliches Zitat aus einem Video)

Gemeint mit dieser Wolke war die Milchstrasse. Dies ist eines der erschreckenden Beispiele, was die Lichtverschmutzung alles bewirkt.[58] Dies zeigt, dass viele Leute überhaupt nicht wissen, was sie durch die Lichtverschmuzung alles verlieren.

„Was willst du schützen, was du nicht siehst?!“[59]

Dieser Verlust des Sternenhimmels hat aber auch drastische Auswirkungen auf die astronomische Forschung. All die Sternwarten, wie wir sie zum Beispiel hier in Zürich an der Uraniastrasse und in Genf, sowie auch in Neuchâtel haben, können nicht mehr vollumfänglich für wissenschaftliche Zwecke genutzt werden, da es zu wenig bis gar keine klaren Nächte gibt, welche es erlauben, alle Himmelskörper zu sehen.

Abbildung 38 Sternbild Orion im Vergleich

In der Abbildung 38 (oben) ist gut zu sehen, wie viel Sterne durch die Emissionen der Lichtverschmutzung verloren gehen.

[58] https://youtu.be/-xSv33prmGY, Zugriff am 29.11.2017
[59] Zitat aus dem Gespräch mit Herrn Schuler

Schon im Anbetracht dessen, dass eine Beobachtungsnacht mit einem der grössten Teleskope auf der Welt, dem „Very Large Telescope (VLT)“, in Chile etwa 120‘000 Euro kostet, ist es durchaus sinnvoll den Standort eines solchen enormen Teleskopes genau zu planen[60]. Diese Tatsache ist der Grund, dass die grössten Observatorien in Chile oder in Hawaii, fernab von jeglicher Zivilisation stehen, wo es praktisch noch keine *Lichtemissionen* gibt.[61] [62]

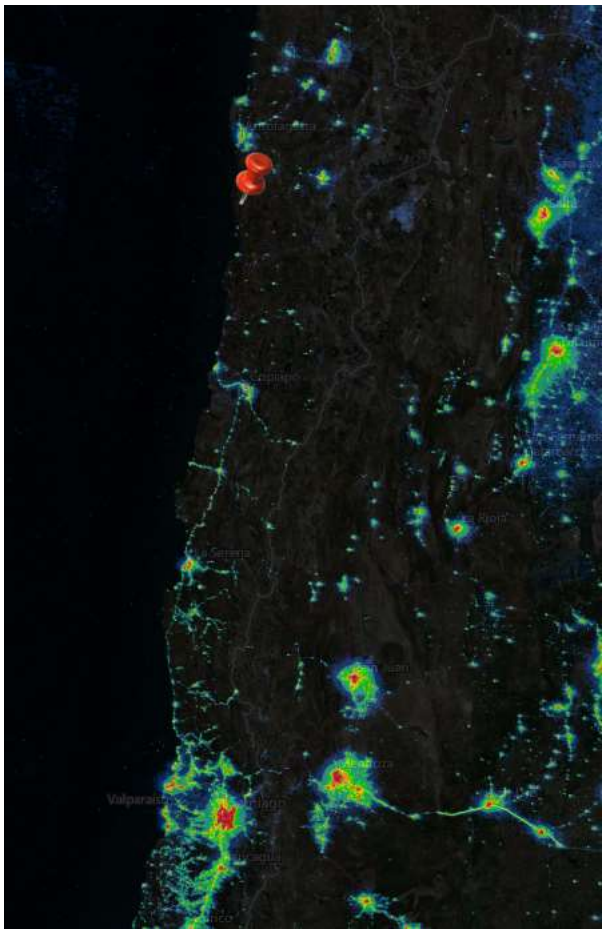

Abbildung 39 Standort der VLT in Chile

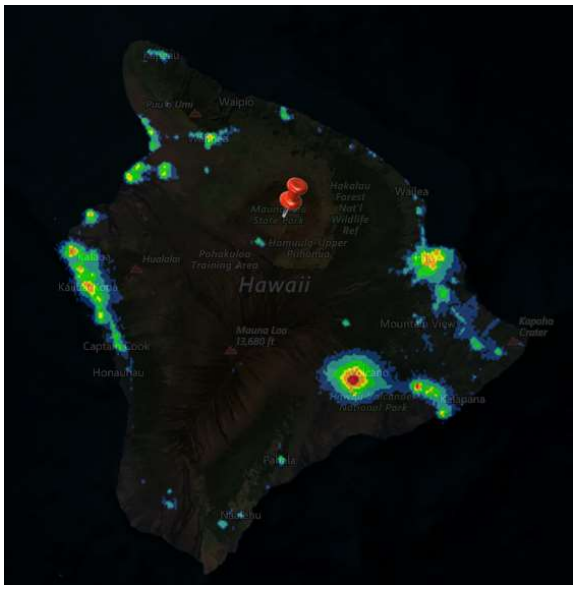

Abbildung 40 Standort der Mauna-Kea-Observatorium

In der Abbildung 40 und der Abbildung 39 stehen die dunklen Flächen für eine geringe Lichtverschmutzung und rote für eine hohe Lichtverschmutzung (Vgl. Abbildung 42. Für einen Vergleich siehe Kapitel 5 Situation und Entwicklung, S. 13 ff.)

Abbildung 42 Legende zu Abbildung 40 und Abbildung 39

Abbildung 41 Die vier VTL auf dem Berg Cerro Paranal

[60] Posch: Thomas, et al., 2010
[61] https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_optischen_Teleskope, Zugriff am 5.12.2017
[62] https://de.wikipedia.org/wiki/Paranal-Observatorium#Very_Large_Telescope, Zugriff am 5.12.2017

7 Ursachen, Massnahmen und Systeme

In folgendem Kapitel möchte ich eine Auswahl der Gründe, welche die Lichtverschmutzung beeinflussen, nennen und aufzeigen, was unternommen wird und was man unternehmen kann um die *Lichtemissionen* zu minimieren und hoffentlich auch weitgehend zu eliminieren.

7.1 Ursachen der Lichtverschmutzung

Die Hauptursache der Lichtverschmutzung ist die Strassenbeleuchtung. Genauer gesagt die Art, mit welcher man die Strasse beleuchten will. Erstens sind sehr oft Lampen anzutreffen, welche nicht nur die Strasse oder den Weg (als Beispiel) beleuchten, sondern auch alles um sie herum. Somit ist die Kugellampe eines der grössten Feinde was die Lichtverschmutzung angeht. Sie ist so konstruiert, dass das Licht überall und vor allem auch in den Himmel (also senkrecht nach oben) gelangt. Dies ist völlig sinnlos und hat meiner Meinung nach keinen Nutzen. In der Abbildung 43 ist solch eine Lampe zu sehen. Diese hellt nicht nur den Gehweg, sondern auch die ganze Umgebung auf. Ganz zu Lasten der Anwohner, die somit auch ein hell erleuchtetes Schlafzimmer haben. Aber nicht nur Strassenbeleuchtungen, sondern auch ganz normale Beleuchtungen.

Abbildung 43 Kugellampen in einem Wohnquartier

7.2 Problematik LED

All die im vorherigen Kapitel beschriebenen Probleme haben oftmals einen Überfluss von kurzwelligem, blauem Licht zugrunde. Die Tatsache, dass immer mehr weisse LED's (effektiv blaue LED mit einer spez. Beschichtung) verbaut werden, ist vom ökonomischen Standpunkt aus betrachtet sehr vorteilhaft. Der Energieverbrauch ist um ein vielfaches kleiner als die der herkömmlichen Hochdruck-Natriumdampflampen (HNL) oder die von der UN (EG-Verordnung Nr. 245/2009)[63] verbotenen Hochdruck-Quecksilberdampflampen (HQL). Im ökologischen Sinne

[63] https://prediger.de/journal/2015/03/eu-verbot-quecksilberdampflampen-werden-zum-1-april-2015-verboten.html, Zugriff am 12.12.2017

ist dies aber nicht unbedingt nur von Vorteil, da der Blaulichtanteil der LED sehr viel höher ist, als der der alten Beleuchtung. Genau dieser Anteil schadet uns Menschen und der Tierwelt in der Nacht.

Da die LED-Technik auch sehr preiswert und günstig in der Herstellung ist und zu sehr kleinen Preisen gehandelt wird, vergrössert sich auch der Trend, vermehrt eine künstliche Beleuchtung einzusetzen.

Am besten können die Astronauten der ISS die Umrüstung auf LED mitverfolgen. Bildaufnahmen z. B. von Calgary in Kanada zeigen die vermehrten LED-Beleuch-

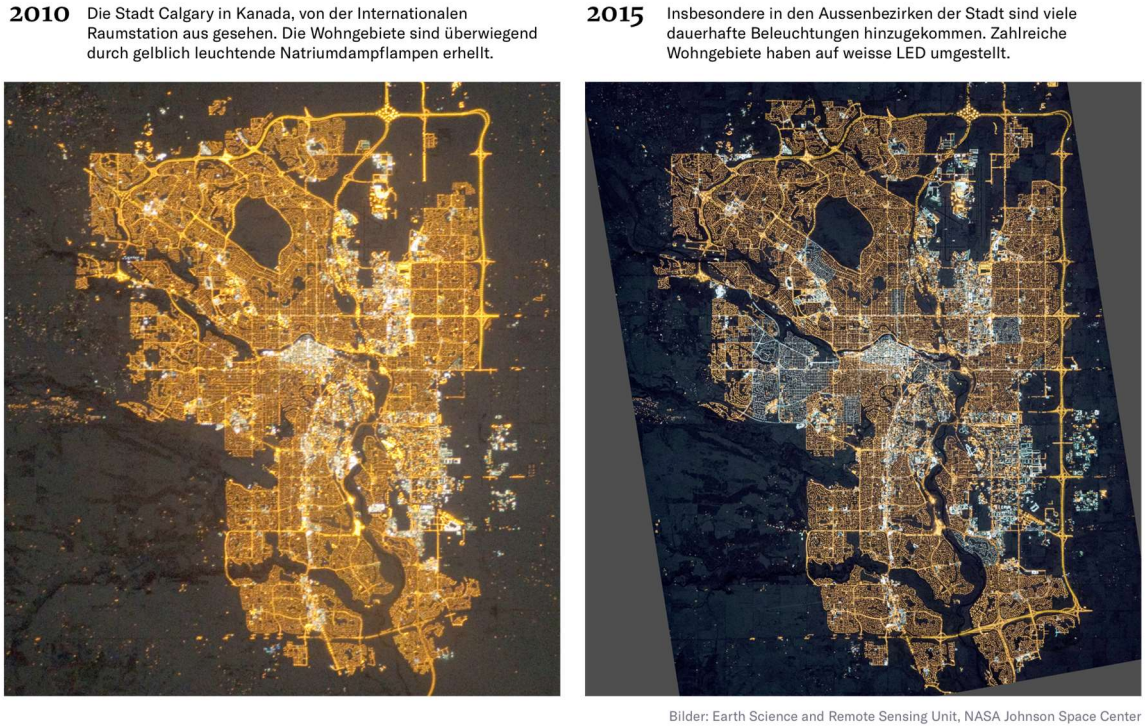

Abbildung 44 Aufnahmen der Stadt Calgary vom Weltall im Vergleich

tungen und stellen den Vorschritt der künstlichen Beleuchtung. Gerade in der unteren linken Ecke ist die Ausweitung der künstlichen Beleuchtung gut zu sehen.

7.3 Gesetzliche Massnahmen

Es existieren diverse Gesetze, mit welchen die Lichtverschmutzung in Verbindung gesetzt werden kann. So zum Beispiel auch die Schweizerische Bundesverfassung, welche Folgendes festlegt:

„Der Bund erlässt Vorschriften über den Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen.“[64]

Ich denke, die Lichtverschmutzung kann durchaus als “lästige Einwirkung“ gedeutet werden.

[64] https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19995395/index.html#a78, Zugriff am 17.12.2017, Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am 24. September 2017) Art. 74 Abs. 1

Aber nicht nur in der Bundesverfassung, sondern auch z.B. im „Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz“ oder der „Signalisationsverordnung“ sind gesetzliche Grundlagen zu finden, welche gewisse Grenzwerte bezüglich der Lichtemissionen definieren. (Um nur eine Auswahl aufzulisten.)[65]

Das grösste Problem ist, dass die Gesetzgebung in der Schweiz sehr schwammig ist und dass die Richtwerte sehr vage und mit viel Spielraum für Interpretation festgelegt werden. Es ist nicht immer ganz so einfach gegen unnötige Lichtemissionen vorzugehen.

Ein Meilenstein diesbezüglich ist sicherlich die Veröffentlichung der SIA-Norm 491 „Vermeidung unnötiger *Lichtemissionen* im Aussenraum“ (der Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereinigung der Schweiz (SIA)). Die 24-seitige Norm ist sicherlich nicht perfekt, denn auch sie lässt einen grossen Spielraum. Im Kapitel 0.4 ist zum Beispiel folgendes ersichtlich:

„Die vorliegende Norm verzichtet auf die Festlegung von Richtwerten. Das Ziel ist nicht das Einhalten von Richtwerten, sondern die Vermeidung von unnötigen *Lichtemissionen* an der Quelle nach dem Vorsorgeprinzip und entsprechend dem Stand der Technik.“[66]

Meiner Meinung nach ist diese Norm aber eine sehr nützliche Arbeitshilfe, welche das Problem sehr knapp und deutlich erfasst (Kapitel 2 „PROJEKTIERUNG“). Sie zeigt Beispiele auf und stellt sehr gut dar, wie die Lichtverschmutzung in der Projektierungsphase resp. in der Planung eines Bauunternehmens so klein wie möglich gehalten werden kann.

Auch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) ist eine Vollzugshilfe für die Minimierung von *Lichtemissionen* am erstellen. Ein Entwurf zur Konsultation wurde bereits veröffentlicht. Auch ich selber habe oft diese Vollzugshilfe zu Rate gezogen. Diese war eine meiner wichtigsten Quellen, welche ich zur Erstellung dieser Arbeit hinzugezogen habe. Aus meiner Sicht beschreibt dieses 130 Seiten lange Dokument die Probleme und Ursachen der Lichtverschmutzung sehr gut.

Meiner Meinung nach sollte es ein schweizweit gültiges Dokument geben, in welchem festgelegt ist, was wie hell beleuchtet werden darf und wann es beleuchtet werden darf. So wie ich das wahrgenommen habe, sind diese Anforderungen in vielen diversen Richtlinien definiert und, wie bereits am Anfang erwähnt, zum Teil sehr schwammig definiert. Somit könnte viel effizienter gegen die Lichtverschmutzung vorgegangen werden.

---

[65] Kobler: René L., 2003
[66] Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (Hrsg.), 2013, Seite 5

Aber auch wenn die Werte fest definiert worden sind, fehlt meist die Kontrolle. Gerade in der Strassenbeleuchtung werden oft die gesetzlichen Grenzwerte überschritten, da die Lampen meist am Tage installiert werden und auf ihre Funktion getestet werden. Ob die Leuchtintensität korrekt eingestellt worden ist, wird oftmals nicht überprüft. Niemand ist meines Wissens nach in der Verantwortung, dies zu kontrollieren. Es ist nicht verständlich, dass das EWZ hierbei keine Kontrollen macht. Es macht ja auch mehrheitlich die ganzen Vorschriften, wieviel Leuchten erstellt werden dürfen. Das EWZ hat bedauerlicherweise ein Monopol in diesem Gebiet. Ich denke, dass das EWZ diesbezüglich vieles bewirken kann.

7.4 Beleuchten mit System

Mit dem Grundsatz „helle Köpfchen leuchten richtig!“ will ich in diesem Kapitel so kurz und bündig wie möglich erläutern, wie man künstliches Licht sinnvoll einsetzt:

Herr René Kobler hat in seiner Masterarbeit zum Thema „Die Lichtverschmutzung in der Schweiz“ folgenden 5 Punkte-Plan entwickelt:[67]

1. Notwendigkeit (Grundlegendes Änderungsverhalten)
2. Abschirmung (räumlicher Aspekt)
3. Richtung (planerischer Aspekt)
4. Beleuchtungsstärke und Art (Anspruchshaltung)
5. Zeitliche Begrenzung (Zeitplanung)

Würden all diese Massnahmen strikt eingehalten werden, wäre die Lichtverschmutzung nie derart fortgeschritten wie sie heute ist. Nachstehend eine Auswahl von Beispielen, wie diese Punkte umgesetzt werden könnten.

Wie schon in Kapitel 7.1 erwähnt, ist die oberste Regel: künstliches Licht nur dort einzusetzen wo es unabdingbar ist und wenn man künstliches Licht einsetzen muss, dann sollte man nur das beleuchten was beleuchtet werden muss – sonst nichts Anderes. (Vgl. Punkt 1)

[67] Kobler: René L., 2002, Seite 27

Die Schweizer Firma opticalight® zum Beispiel bietet ein System an, mit welchem eine Fassade gezielt mit Hilfe von Schablonen angestrahlt werden kann. So ist es möglich, das Licht nur dort hinzulenken wo es auch von Nutzen ist. (vgl. Punkt 3)

Abbildung 45 "Lichtschablone"

Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, bestehende Lampen mit Abdeckungen zu versehen um das Licht in die richtige Richtung zu lenken und /oder zu verhindern, dass andere Leute dadurch geblendet werden. Dies wurde zum Beispiel bei einem Weg in einem kleinen Hafen in Bäch (Ortschaft im Kanton SZ) angewendet. Die Dark Sky Vereinigung hat die Kläger, welche sich durch die dortige Beleuchtung gestört fühlten, unterstützt und somit bewirkt, dass diese Leuchten mit Abdeckungen (Lamellengitter) versehen wurden und somit nur noch den Weg beleuchten und nicht noch alles rund herum.[68]

[68] http://www.darksky.ch/dss/de/2012/04/schlechte-wegbeleuchtung-der-seehabe-baech-sz-wurde-korrigiert/, Zugriff am 16.12.2017

Abschirmungen sind gerade bei Kugellampen eine sehr sinnvolle und kostengünstige Variante um die enormen Lichtemissionen, die solche Lampen aufweisen, zu reduzieren. In Langnau am Albis wurde so zum Beispiel eine Wohnsiedlung mit 17 Kugellampen von dem dortigen Hausmeister und Herrn Schatz von der Dark-Sky Switzerland mit Abschirmungen versehen um die Blendung der Anwohner zu minimieren. Dies alles ohne jeglichen Verlust der Helligkeit für den Gehweg.[69]

Abbildung 47 Abgeschirmte Kugellampe

Abbildung 46 Nicht abgeschirmte Kugellampe

(Vgl. Punkt 2)

Eine weitere, sinnvolle Technik die Lichtverschmutzung zu reduzieren ist, die Beleuchtung mit einem Präsenzmelder auszustatten. Dies ist auch eine Möglichkeit, jede Lampe, auch privat, effizienter zu gestalten. Man spart Energie und auch Strom, tut etwas für die Umwelt und im entfernten Sinne auch für die Gesellschaft (S. Kapitel 6.4 Verlust der Sterne und Flucht der Observatorien). Dabei ist aber zu beachten, dass der Bewegungsmelder nicht einfach nur angeschlossen werden, sondern auch noch richtig eingestellt werden soll. Es ist nicht nötig, dass jede Katze oder jeder Fuchs den Bewegungsmelder auslöst!

Aber auch in der Strassenbeleuchtung ist dies eine gute Möglichkeit, die Lampen bedarfsgesteuert zu nutzen. Dies wird bereits seit einigen Jahren mit Erfolg umgesetzt. Strassen, welche nicht sehr häufig befahren resp. genutzt werden, haben mit dieser Technik ein sehr hohes Sparpotential. Ein Praxisbeispiel in der Region Bern zeigt folgendes auf:

„In einer einjährigen Testphase wurden drei Pilotanlagen betrieben, die zeigten, dass die Technik problemlos funktioniert und die Einsparungen sehr gross sind. Danach sind bis 2016 gut 3500 Leuchtpunkte an Kantonsstrassen umgerüstet worden. Verglichen mit alten Anlagen werden mit den intelligent gesteuerten LED-

[69] http://www.darksky.ch/dss/de/2017/03/kugellampen-abgeschirmt/, Zugriff am 16.11.2017

Leuchten über 80% Strom und 90% der Betriebskosten gespart. Hochgerechnet auf alle rund 27‘000 Leuchten ergibt dies gegenüber 2013 ein Einsparpotential von 14 GWh Strom oder rund 2,4 Mio. Franken pro Jahr“[70]

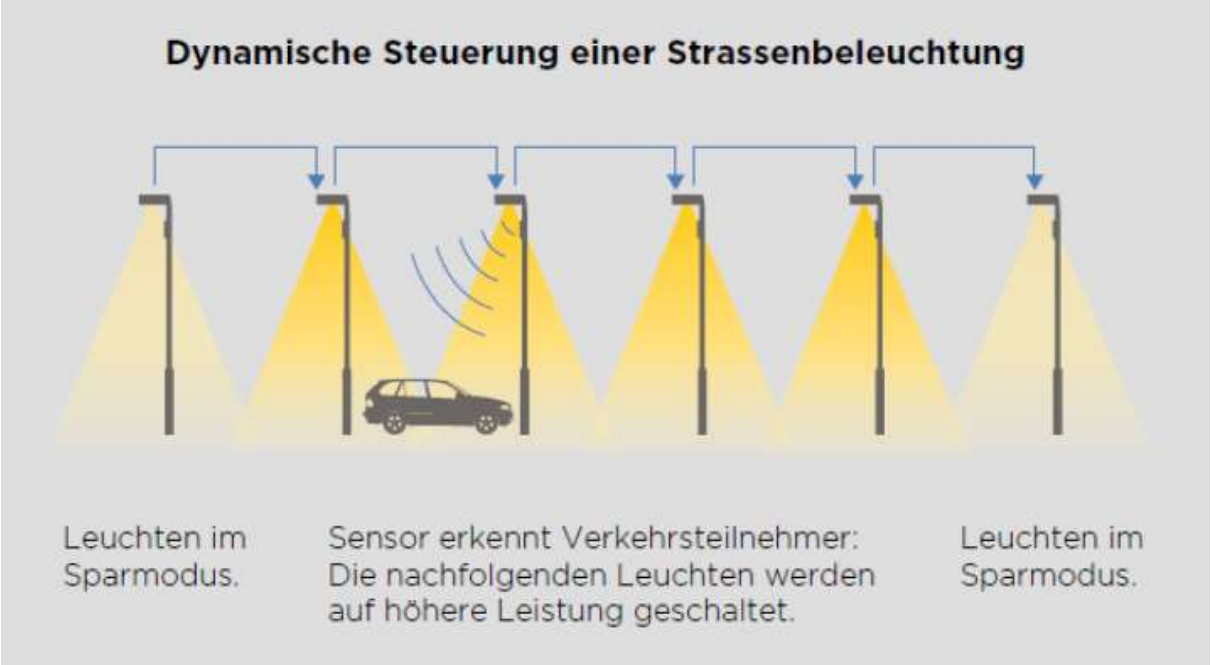

Abbildung 48 Funktionsprinzip einer Bedarfsgesteuerten Strassenbeleuchtung

Dieses System ist aber nicht einfach umzusetzen, da sonst das EWZ keine Garantie mehr für die Beleuchtung sicherstellt. Dies hindert sicherlich viele Gemeinden an der Umrüstung auf ein intelligentes System. Es ist momentan auch nicht möglich, alle Lampentypen mit solch einem System auszustatten.[71]

Im Bereich der Strassenbeleuchtung ist es in jedem Fall sinnvoll sich zu überlegen, ob die Lampe die ganze Nacht auf die volle Helligkeit eingestellt werden muss. In meiner Gemeine (Aeugst am Albis) wurden die Leuchten auf bis zu 30% heruntergedimmt. Den Unterschied hat niemand bemerkt. Ob die Lampe mit 70% oder 30% der vollen Leistung brennt, ist praktisch nicht wahrnehmbar.[72] (Vgl. Punkt 4)

Auch die Notwendigkeit einer Bedeutung in der Nacht ist zu hinterfragen. Die Gemeinde Aeugst am Albis hat zum Beispiel eine Umfrage gemacht ob es weiterhin notwendig ist, die Strassenbeleuchtung werktags bis um 01:00 und am Wochenende bis um 03:00 brennen zu lassen. In dieser Umfrage hat eine Mehrheit (58.46%) angegeben, dass die Beleuchtung generell um 01:00 abgestellt werden kann. Somit spart man sich 2 Stunden Energie (und auch Kosten).[73] (Vgl. Punkt 5)

[70] BAFU (Hrsg.), 201x, Seite 106
[71] Gemeinde Aeugst am Albis (Hrsg.), 2017
[72] Persönliche Notizen aus dem Referat über Lichtverschmutzung am 2.11.2017 in Aeugst am Albis
[73] PowerPoint Präsentation des Referats über Lichtverschmuzung in Aeugst am Albis vom 2.11.2017, z. V. gestellt von Frau Nadia Hausheer

7.5 Dokumentieren und sensibilisieren

Die Problematik der Lichtverschmutzung ist noch ein relativ junger Bereich im Sinne der Forschung. Aber es wird nach meinem Ermessen immer mehr geforscht. Gerade Italien und Deutschland sind seit Anfang an dabei und haben bereits diverse Erkenntnisse gewonnen. Das Problem in der Schweiz ist, dass wir ausländische Studien nicht bedingungslos akzeptieren. Wir machen gerne unsere eigenen Erfahrungen und Forschungen (so zumindest ist mein Eindruck). Aber genau dies ist eines der wichtigen Prozesse im Zug gegen die Lichtverschmutzung. Fast noch wichtiger ist, dass sich die Öffentlichkeit vermehrt mit diesem Thema und den daraus entstehenden Folgen auseinandersetzt. Im Laufe meiner Arbeit musste ich es fast jedem meiner Bekannten erklären, was genau Lichtverschmutzung ist. Die Wenigsten waren mit diesem Thema vertraut. Dies widerlegte aber Herr Martin Rotta in seiner Masterarbeit, die er vor sechs Jahren geschrieben hat. Er hat eine Umfrage gemacht, an welcher 171 Personen teilnahmen (85% wurden ausgewertet). Aus dieser Umfrage ist folgendes zu entnehmen:

„Dass die künstliche Beleuchtung ein Problem für Lebewesen und Pflanzen sein kann und dass der Begriff der „Lichtverschmutzung“ ihnen bekannt ist, dieser

Meinung sind über zwei Drittel aller Befragten“[74]

„Die Unsicherheit im Zusammenhang mit den Auswirkungen der Lichtverschmutzung ist gross, denn über ein Drittel der Befragten weiss nicht, worauf sich die Lichtverschmutzung genau auswirkt.“[75]

Was diese Umfrage ebenfalls ergeben hat, ist, dass sich die Menschen gegenüber den letzten Jahren bewusster geworden sind, was Lichtverschmutzung ist und dass sich diese auf unsere Umwelt auswirkt. In einer ähnlichen Umfrage, welche fünf Jahre zuvor stattgefunden hat, konnte man kein so starkes Verständnis diesbezüglich feststellen.

7.5.1 Die Dark Sky Vereinigung Switzerland

Diese Vereinigung (nachfolgend u.a. als Dark-Sky erwähnt) setzt sich stark für die Lichtverschmutzung ein und dies auch mit Erfolg! Ob es nun für eine Beratung ist, wie man am besten gegen störende *Lichtemissionen* vorgeht oder ob die Dark-Sky ein Referat abhält oder auch aus eigener Initiative Messungen macht und Daten sammelt. Der Beitrag dieser Vereinigung ist meiner Meinung nach immens! Auch die Veröffentlichung von Flyern, welche auch durch meine Gemeinde (Aeugst am Albis) mit jeder Baubewilligung verschickt und somit publiziert werden. Dies

[74] Rotta: Martin, 2011, S. 71
[75] Rotta: Martin, 2011, S. 73

dient zur Sensibilisierung der Bauherren, welche somit hoffentlich die Aussenbeleuchtung ihres Bauwerks so effizient und nachhaltig (gerade im Sinne der Lichtemissionen) wie möglich gestalten.[76]

Diesen Flyer (Abbildung 49) kann kostenlos (max. 100) bei der Geschäftsstelle der Dark Sky unter der Adresse auf Seite 55 bestellt werden.[77]

Die Dark-Sky ist auch an diversen Veranstaltungen mit einem Stand vertreten und

Abbildung 49 Flyer der Dark-Sky Switzerland

vermittelt ihr Wissen gerne an das Publikum und stellt die Probleme der Lichtverschmutzung sehr gut dar. Dies ist auch sehr wichtig, denn nur wenn die Öffentlichkeit die Situation erkennt und sich bewusst ist, was sie womöglich mit ihrer Aussenbeleuchtung im privaten oder aber auch im geschäftlichen Bereich auslöst, kann etwas geändert werden.

Denn etwas ändern tut nur der, der weiss, dass es ein Problem gibt!

Auch ich muss zugeben, dass mir erst durch das Referat der Dark-Sky bewusst geworden ist, was Lichtverschmutzung wirklich ist.

[76] Referat über Lichtverschmutzung am 2.11.2017 in Aeugst am Albis
[77] http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/die-nacht-braucht-ihre-dunkelheit/, Zugriff am 15.12.2017

8 Schlusswort

8.1 Wichtigste Erkenntnisse und persönliche Einsichten

In dieser Arbeit habe ich extrem viel über die Problematik der Lichtverschmutzung gelernt. Ich hätte niemals gedacht, dass dies so ein umfangreiches Thema ist und dass sich die Auswirkungen so derart breitbandig ausweiten.

Was ich auch nicht erwartet habe, ist die äusserst unterschiedliche Reaktion der Tiere auf das Licht und wie schwierig es ist, für alle eine sinnvolle Lösung zu finden, damit niemand zu Schaden kommt. Im Gegenteil! Zurzeit sehe ich noch keinen Weg, alle Parteien gleichermassen zu schützen und eine vorteilhafte Lösung zu realisieren.

Bezüglich des Erarbeitungsprozesses habe ich gemerkt, wie schwierig es mir fällt, ein Thema nach dem anderen zu behandeln. Ich habe bei der Recherche immer wieder Informationen gefunden, welche ich auch für ein anderes Kapitel verwenden wollte. So bin ich oft von Kapitel zu Kapitel gesprungen, was sich nicht immer als sehr vorteilhaft herausstellte.

8.2 Rückblick und Reflexion

Als ich mit dieser Arbeit angefangen habe, hätte ich niemals gedacht, dass diese solch ein Ausmass annimmt. Sie hat den Rahmen komplett gesprengt. Nicht nur die geforderte Seitenanzahl habe ich um mehr als das 3-fache gesprengt, sondern auch meine Erwartungen sind komplett übertroffen worden. Auch nach ca. 11'000 Wörter war meine Motivation nicht am Ende.

Während meiner Recherche habe ich auch gemerkt, dass es bereits sehr viele Studien und Forschungsarbeiten zu diesem Thema gibt. Nur die Auswirkungen auf unsere Flora sind noch sehr wenig erforscht, was ich sehr bedauerlich finde.

Am liebsten hätte ich mehr Zeit für diese Arbeit gehabt. Gerade beim Kapitel 6.3 „Auswirkungen der Lichtverschmutzung auf die Tierwelt" hätte ich noch zahlreiche Aspekte erwähnen wollen. Das Gleiche gilt für das Kapitel 7.1. Dieses eigentlich sehr wichtige Kapitel habe ich meiner Meinung nach viel zu wenig gut ausgeführt. Es wäre durchaus denkbar gewesen, dies näher und detaillierter zu behandeln und auch mit Praxisbeispiele zu versehen.

Was das Thema Dokumentation der Lichtverschmutzung angeht, hätte ich auch noch gerne die Messtechniken, mit welcher die Emissionen und auch der Grad der Lichtverschmutzung gemessen wird, näher angeschaut.

Des Weiteren würde es mich sehr interessieren, wie viel Energie und auch Kosten man einsparen könnte, wenn man die Beleuchtung optimieren würde. Eine Firma

oder eine Gemeinde mit den dadurch gewonnenen Erkenntnissen zu konfrontieren, hätte sich sicherlich als sehr spannend erwiesen.

Auch hätte ich liebend gerne eine Umfrage zu diesem Thema gemacht. Dies war aber aufgrund der kurzen Zeit fast nicht möglich, wenn man diese einigermassen repräsentativ und professionell gestalten möchte.

Aufgrund dieser Erkenntnisse (auch die welche ich nicht gemacht habe), kann ich mir sehr gut vorstellen, dass ich eines Tages auch in der Dark Sky Switzerland tätig sein werde. Ich finde dieses Thema sehr spannend und ich sehe die ökonomischen und auch die ökologischen Chancen, welche die Anstrengungen gegen die Lichtverschmutzung mit sich bringen. Gerne möchte ich diese nutzen, um die Gesellschaft weiter voran in eine gute Richtung zu bringen.

9 Danksagung

Diese Arbeit habe ich der Gemeinde Aeugst zu verdanken. Hätte sie nicht die Dark-Sky eingeladen, wäre ich nie auf die Idee gekommen, eine Arbeit über dieses spannende Thema zu schreiben. Das Referat, welches die Dark-Sky gehalten hat, war sehr spannend. Somit möchte ich Herrn Rolf Schatz danken, dass er sich die Zeit genommen hat, um nach Aeugst zu kommen, um dort ein Referat zu halten. Des Weiteren möchte ich Frau Nadia Hausheer, sowie auch Herrn Bruno Fuchs und unserem Gemeindepräsident Herr Ruedi Müller für die ganze Organisation und die Zustellung der Unterlagen danken.

Auch ein riesiges Dankeschön gebührt Herrn Lukas Schuler von der Dark Sky Switzerland, welcher sich ohne zu zögern auf ein Gespräch einladen lies. Dieses sehr ausführliche und extrem spannende Gespräch hat mir enorm viel Spass gemacht. Ich konnte sehr viel von diesem Abend mitnehmen. Auch meine Motivation und meine Begeisterung waren nach diesem Abend umso grösser.

Nicht vergessen, darf ich auch jene, welche die (Aufgabe auf sich genommen und meine Arbeit durchgelesen und lektoriert haben. Dies war Karin Landolt, Annina Fasler und Chiara Lüönd, welchen ich von Herzen danken möchte. Ich hatte selten Korrekturen, bei denen ich so oft schmunzeln musste. Auf Fehler so amüsant hinweisen, können nur die Wenigsten...

Ohne euch hätte ich dies nie geschafft.

10 Begriffserklärung

Blende: Eine Vorrichtung, welche in einer Kamera verbaut ist und die Öffnung zum Bildsensorhin vergrössert resp. verkleinert. Dies kann zur Regulierung der Lichtmenge und der Tiefenschärfe des Bildes verwendet werden.

Candela (pro Quadratmeter (cd/m2)): Candela beschreibt die Leuchtdichte pro Quadratmeter. Sie definiert die Menge an Licht, welche von einer Oberfläche reflektiert wird.[78]

Gasometer: Ein Gasometer ist eine Art Tank, in dem das Gas gelagert wird. Das Gas steht aber nicht, wie in den heutigen (aus Metall bestehenden) Gasbehältern, in welche das Gas unter Druck gesetzt wird. Vgl. Abbildung 4 auf der Seite 5.

Habitat: Ein Habitat beschreibt z.B. einen Lebensraum eines Tieres oder der einer Tierart

ISO-Wert (Fototechnik): Beschrieb früher (und auch noch heute) die Lichtempfindlichkeit eines Filmes. Heute wird mit diesem Wert die Empfindlichkeit des Bildsensors angegeben, welcher das Bild digital aufhellt.

Kalfatern: Kalfatern (auch: Kalfaten, arab. kafr „Asphalt“ und kalafa) ist eine Tätigkeit beim Schiffbau, bei der die Nähte zwischen hölzernen Schiffsplanken mit Werg oder Baumwolle und Holzteer, Pech oder Gummi abgedichtet werden.[79]

Lichtemissionen: Künstliches Licht, welches aus einem Leuchtmittel austritt oder durch eine Reflektion erzeugt wird.[80]

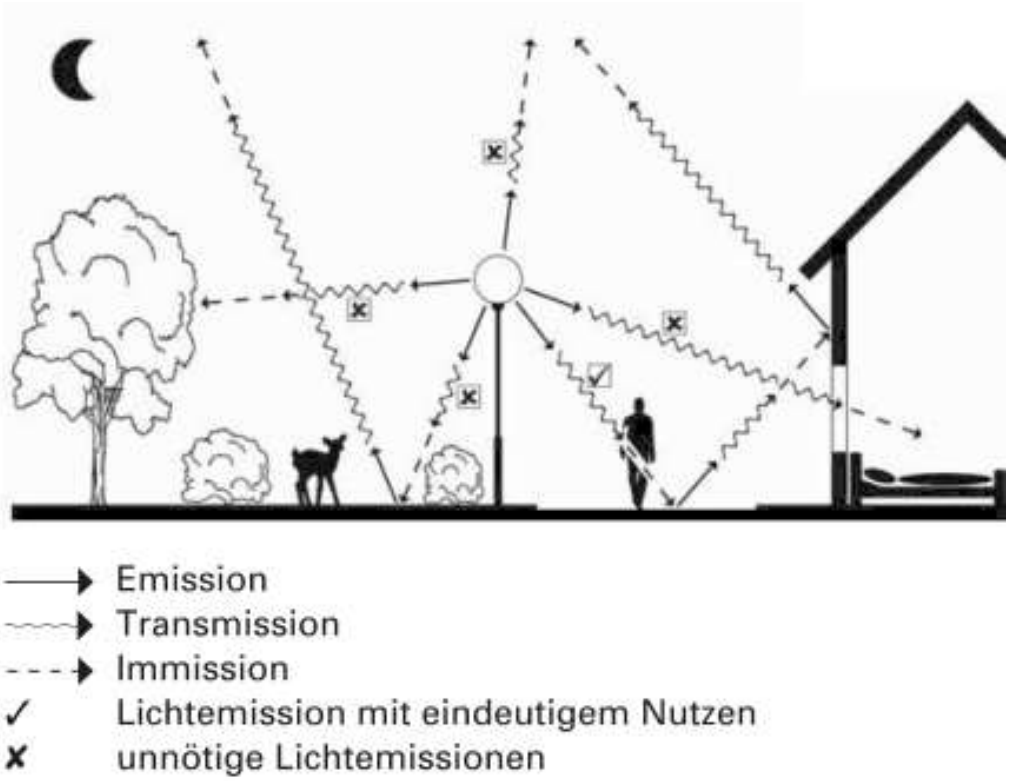

Abbildung 50 Beispiele für Emission, Transmission, Immission

[78] https://www.translatorscafe.com/unit-converter/de/luminance/1-2/, Zugriff am 17.12.2017
[79] http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/734829, Zugriff am 17.12.2017
[80] Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (Hrsg.), 2013

Lux: Lux ist die eintreffende Helligkeit auf einer Oberfläche und ist nicht mit Lumen (welche die Lichtintensität der Quelle beschreibt) oder Candela (die Lichtmenge welche reflektiert wird) zu verwechseln. Die Beleuchtungsstärke einer Wohnung liegt bei c. 100-400 Lux. Im Büro kann dieser Wert je nach Tätigkeit bis zu 800 Lux betragen.[81]

Nautische Dämmerung: „Ausschlaggebend für die Definition jeder Dämmerungsphase ist der Tiefenwinkel der Sonne, also der Sonnenstand unterhalb des Horizonts. Bei der nautischen Dämmerung befindet sich der geometrische Mittelpunkt der Sonnenscheibe zwischen sechs und zwölf Grad unter dem Horizont."[82]

Pech, der: „In der Antike und im Mittelalter wurden die Begriffe „Teer" und „Pech" synonym verwendet. Dies führt häufig zu Begriffs-Verwechslungen. Pech wurde häufig in Straßenbelägen verwendet, wo man es als Teer bezeichnete. Heutzutage definieren DIN-Normen, was Pech ist (DIN 55946). Teere entstehen durch zersetzende, thermische Behandlung (Pyrolyse) organischer Naturprodukte (Holz, Steinkohle, Erdöl etc.) und die dabei entstehenden Rückstände werden Peche genannt."[83]

Plan Lumière: Ein Plan Lumière, Lichtplan oder auch Lichtstrategie genannt. Regelt wo und wie beleuchtet werden soll. Er stellt grundlegende Massnamen zur Verhinderung unnötiger Lichtimmissionen auf.

Retorte: „Die Retorte (von lateinisch vas retortum „zurückgedrehtes Gefäß") ist ein schon im Mittelalter verwendetes einfaches Destilliergefäß. Retorten sind eng verwandt mit dem Alambic und gehörten zu den wichtigsten Gefäßen der Alchemisten und Apotheker."[84]

Royal Society: „Die Royal Society (deutsch Königliche Gesellschaft) ist eine 1660 gegründete britische Gelehrtengesellschaft zur Wissenschaftspflege. Sie dient als nationale Akademie der Wissenschaften des Vereinigten Königreiches für die Naturwissenschaften. Ihre Mitglieder werden als Fellow of the Royal Society (kurz FRS oder F.R.S.) bezeichnet. Die Royal Society verleiht verschiedene Auszeichnungen für wissenschaftliche Arbeiten".[85]

Rumford-Medaille: „Die Rumford-Medaille (engl. Rumford Medal) ist eine von der britischen Royal Society verliehene wissenschaftliche Auszeichnung. Sie wurde 1796 von Graf Rumford gestiftet und wird alle zwei Jahre (in geraden Jahren) an in Europa arbeitende Wissenschaftler für eine hervorragende Entdeckung zu den thermischen oder optischen Eigenschaften der Materie vergeben. Der Preis besteht aus einer vergoldeten Silbermedaille mit dem Reliefporträt des Stifters und ist mit einem Preisgeld von 1000 Pfund Sterling dotiert. Die Rumford-Medaille darf nicht mit dem Rumford-Preis der American Academy of Arts and Sciences verwechselt werden."[86]

[81] https://www.energie-umwelt.ch/definitionen/1383-lumen-und-lux, Zugriff am 17.12.2017
[82] https://www.timeanddate.de/astronomie/nautische-daemmerung, Zugriff am 17.12.2017
[83] https://de.wikipedia.org/wiki/Pech_(Stoff), Zugriff am 17.12.2017
[84] https://de.wikipedia.org/wiki/Retorte, Zugriff am 17.12.2017
[85] https://de.wikipedia.org/wiki/Royal_Society, Zugriff am 17.12.2017
[86] http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/1207772, Zugriff am 17.12.2017

Skybeamer: „Bei Skybeamer handelt es sich um Weißlicht, welches von bis zu 2.000 Watt starken Lampen erzeugt und durch Linsen und Reflektoren scharf gebündelt wird. Das Licht enthält einen beachtlichen UV-Anteil, welcher von den Vögeln nach heutigen Erkenntnissen besonders gut wahrgenommen werden kann. (..) Die ungewöhnlichen Lichtspiele am Himmel werden von immer mehr Diskothekenbetreiber gebaut, um Kunden anzuwerben.“[87]

Transponder: „Ein Transponder ist ein Funk-Kommunikationsgerät, das eingehende Signale aufnimmt und automatisch beantwortet bzw. weiterleitet. Der Begriff Transponder ist ein Kofferwort aus den Begriffen Transmitter und Responder.“[88]

Zisterne: Eine Zisterne (lat. cisterna für „unterirdischer Wasserbehälter“), ist eine Art Pufferspeicher. Bei langen Dürreperioden ohne Niederschlag oder bei nur schwer erreichbaren Wasserquellen, ist dies eine willkommene Alternative, um Wasser über einen längeren Zeitraum zu sammeln und bei Bedarf dann genutzt werden kann. Die ersten Zisternen wurden bereits in der Stein- und Bronzezeit (ca. 2'000 v. Chr.) gebaut. Eine der beeindruckendsten Zisternen ist die Yerebatan Sarnıcı in Istanbul, welche auch Drehort für den James-Bond-Film Liebesgrüße aus Moskau war.[89]

[87] Klein: Madeleine, 2004, Seite 25
[88] https://de.wikipedia.org/wiki/Transponder, Zugriff am 5.12.2017
[89] https://de.wikipedia.org/wiki/Zisterne, Zugriff am 19.12.2017

11 Internetverzeichnis und mündliche Quellen

https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96llampe, Zugriff am 1.11.17

https://de.wikipedia.org/wiki/William_Murdoch, Zugriff am 6.11.2017

https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2011/corporate/2011-05-Linderhof/factsheet_kohlebogenlampen.pdf, Zugriff am 11.11.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BChlampe, Zugriff am 11.11.2017

https://youtu.be/YoI88Oor4b4, Zugriff am 12.11.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Werner_von_Siemens, Zugriff am 12.11.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BChlampe, Zugriff am 12.11.2017

http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/lichtverschmutzung/, Zugriff am 13.11.2017

https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/regionalstatistik/regionale-portraets-kennzahlen/gemeinden/gemeindeportraets.html, Zugriff am 23.11.2017, (Einwohnerzahl Stand 2015)

https://www.cia.gov/library/publications/the-world-fact-book/fields/2212.html#xx, Zugriff am 29.11.2017

https://youtu.be/-xSv33prmGY, Zugriff am 29.11.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_optischen_Teleskope, Zugriff am 5.12.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Paranal-Observatorium#Very_Large_Telescope, Zugriff am 5.12.2017

http://www.fledermausschutz.ch/Fledermaeuse/Fledermaeuse.html

http://www.wwf.de/themen-projekte/artenlexikon/meeresschildkroeten/

http://naturschutz.ch/news/schildkroeten-schmugglern-auf-der-spur/118099

http://www.unterwasserwelt.de/html/meeresschildkroeten_fakten.html

https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ne.html, Zugriff am 10.12.2017

https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/prd/Deutsch/Statistik/Themen/Bevoelkerung/BEV321T3211_Auslaenderanteil_Bevoelkerung_nach-Herkunft-Stadtkreis-Stadtquartier.xlsx (Exceldatei), Zugriff am 10.12.2017

https://www.nzz.ch/storytelling/lichtveschmutzung-das-licht-und-seine-schattenseiten-ld.130166, Zugriff am 12.12.2017

http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/die-nacht-braucht-ihre-dunkelheit/, Zugriff am 15.12.2017

https://www.aphorismen.de/gedicht/53789, Zugriff am 29.11.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Fachhochschule_Nordwestschweiz, Zugriff am 17.12.2017

http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/lichtverschmutzung/, Zugriff am 10.12.2017

https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ted/Deutsch/taz/Stadtraum/Publikationen_und_Broschueren/Plan_Lumiere/Plan_Lum_Konzept_Anhang_2.pdf, Zugriff am 28.11.2017, („Anhang 2“ des Plan Lumière Gesamtkonzept)

https://www.elcom.admin.ch/dam/elcom/de/dokumente/2017/Rohdaten%20Tarife%202017%20(Stand%2001.02.2017).xlsx.download.xlsx/Rohdaten_Tarife_2017%20(Stand%2001.02.2017).xlsx, Zugriff am 16.12.2017, (Durschnitt aller Standart-Produkten aller Anbieter der Kategorien H1-H8. Stand 1.2.2017)

https://www.nzz.ch/storytelling/lichtveschmutzung-das-licht-und-seine-schattenseiten-ld.130166, Zugriff am 13.12.2017

https://www.iucn.org/

https://prediger.de/journal/2015/03/eu-verbot-quecksilberdampflampen-werden-zum-1-april-2015-verboten.html, Zugriff am 12.12.2017

https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19995395/index.html#a78, Zugriff am 17.12.2017, Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am 24. September 2017) Art. 74 Abs. 1

http://www.darksky.ch/dss/de/2012/04/schlechte-wegbeleuchtung-der-seehabe-baech-sz-wurde-korrigiert/, Zugriff am 16.12.2017

http://www.darksky.ch/dss/de/2017/03/kugellampen-abgeschirmt/, Zugriff am 16.11.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Transponder, Zugriff am 5.12.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Pech_(Stoff), Zugriff am 17.12.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Retorte, Zugriff am 17.12.2017

http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/734829, Zugriff am 17.12.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Royal_Society, Zugriff am 17.12.2017

http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/1207772, Zugriff am 17.12.2017

https://www.translatorscafe.com/unit-converter/de/luminance/1-2/, Zugriff am 17.12.2017

https://www.energie-umwelt.ch/definitionen/1383-lumen-und-lux, Zugriff am 17.12.2017

https://www.timeanddate.de/astronomie/nautische-daemmerung, Zugriff am 17.12.2017

https://de.wikipedia.org/wiki/Zisterne, Zugriff am 19.12.2017

Referat über Lichtverschmutzung von Rolf Schatz (Gemeinderat Langnau a. A. und Leiter der Geschäftsstelle von Dark Sky Switzerland). Organisiert durch die Gemeinde Aeugst am Albis (Frau Nadia Hausheer und Herr Ruedi Müller) am Donnerstag, 2. November 2017.

Gespräch mit Herrn Lukas Schuler am Freitag, 8. Dezember 2017 im Rahmen dieser Arbeit. Kontaktdaten des Gesprächspartners:

Herr Lukas Schuler
Präsident von Dark-Sky Switzerland
Dark-Sky Switzerland
Postfach
8135 Langnau am Albis
Telefon: 044 796 17 70 (allgemein Geschäftsstelle)
E-Mail: office@darksky.ch

12 Literaturverzeichnis

Bundesamt für Umwelt, BAFU (Hrsg.), 201x, Vollzugshilfe Lichtemissionen. Referenz/Aktenzeichen: P282-1581 (Enwurf zur Konsultation, Stand 12.04.2017)

Ebaur: John, 2016, Rücksichtsvolle Beleuchtungsplanung als möglicher Beitrag zur Reduzierung von Lichtverschmutzung im Außenraum, Masterarbeit (Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg)

Eckert: Anne (Prof. Dr.) / Brown: Steven A., 2011, Vom Nachtschwärmer zur Lerche. Die innere Uhr verändert sich mit dem Alter, (Publikation von q&more, Ausgabe 02.11)

Falchi: Fabio / Cinzano: Pierantonio / Duriscoe: Dan / Kyba: Christopher C. M. / Elvidge: Christopher D. / Baugh: Kimberly / Portnov: Boris A. / Rybnikova Nataliya A. / Furgoni: Riccardo, 2016, The new world atlas of artificial night sky brightness, (Downloaded from http://advances.sciencemag.org/ on December 10, 2017)

Fischer-Hirchert: Ulrich H. P. (Prof. Dr.) / Reinboth: Christian, 2009, Straßenbeleuchtung. Lektion 4. Lichtökologie und Lichtwahrnehmung

Gemeinde Aeugst am Albis (Hrsg.), 2017, Lichtstrategie Aeugst a. A.

Held: Martin / Hölker: Franz / Jessel: Beate, (Hrsg.), 2013, Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Paxsis

Klein: Madeleine, 2004, Lichtverschmutzung. Eine neue Umweltproblematik, Diplomarbeit (Fachhochschule Ludwigsburg)

Kobler: René L., 2002, Die Lichtverschmutzung in der Schweiz. Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze, Diplomarbeit (Fachhochschule beider Basel FHBB (Heute Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW[90]))

Lozán: José L. / Breckle: Siegmar-W. / Rachor: Eike, (Hrsg.), 2016, Warnsignal Klima: Die Biodiversität

Osterbrock: D.E. / Walker M.F. / Koski: A.T., 1976, The spectrum of light pollution at mount Hamilton. In „Publications Of The Astronomical Society Of The Pacific“, 88, S. 349-352.

Posch: Thomas / Freyhoff: Anja / Uhlmann: Thomas (Hg.), 2010, Das Ende der Nacht. Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen

[90] https://de.wikipedia.org/wiki/Fachhochschule_Nordwestschweiz, Zugriff am 17.12.2017

Rotta: Martin, 2011, Nachtbeleuchtung in der Schweiz, Masterarbeit (Universität Zürich UZH)

Schivelbusch: Wolfgang, 1983, Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert

Schobersberger: Wolfgang (Univ. Prof. Dr.) / Gufler: Veronika / Hoffmann: Georg, o.J., Wieviel Licht braucht der Mensch? – Bedeutung von Licht für die Gesundheit

Schwarzenegger: Christian / Schmohl: Denise / Thalmann: Urs / Vertone: Leonardo / Zanolini: Veio, 2009, Kriminalität und kommunale Kriminalprävention in Zürich. Eine kriminologische Regionalanalyse mit besonderer Ausrichtung auf das Zürcher Langstrassenquartier, (Projekt «Langstrasse PLUS»)

Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (Hrsg.), 2013, Vermeidung unnötiger Lichtemissionen im Aussenraum, (SIA 491, Referenznummer: SN 586 491:2013 de, 1. Auflage)

Wittig: Manfred / Niekisch: Manfred, 2014, Biodiversität: Grundlagen, Gefärdung, Schutz

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Nachthimmel über Brighton
Foto des Autors: Canon EOS 7D, F4.0, 213 Sek., ISO 100, 18mm, 16 .06.2014 22:39, (mit variablem ND-Filter)

Abbildung 2 Antike Öllampe
http://www.alteroemer.de/media/wysiwyg/ar/brennende-bronzezeit-oellampe_800.jpg

Abbildung 3 Die "Kerzenanzünder"
http://krisdedecker.typepad.com/.a/6a00e0099229e88833010536d7c8b1970b-pi

Abbildung 4 Erster *Gasometer* in Chur
http://www.chur.ch/de/images/4c6aa5c911ba0.jpg

Abbildung 5 Théâtre de la Gaîté
http://4.bp.blogspot.com/-HL0C5p7G-3Y/Uo0vgdaWWyI/AAAAAAAACLE/z_nF0c9txqo/s1600/PIXERECOURT+THEATRE+GAITE+APRES+1835.bmp

Abbildung 6 Nachglühende Kohlestäbe einer Kohlenbogenlampe
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Arc_lamp-afterglow_2_PNr%C2%B00038.jpg

Abbildung 7 Kohlenbogenlampe
https://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2011/corporate_communication/SOAXX201117/072dpi/SOAXX201117-04_072dpi.jpg

Abbildung 8 Bahnhof München (1885)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Hauptbahnhof_04.jpg

Abbildung 9 „Basispatent“ von Edison
http://www.land-der-erfinder.ch/wp-content/uploads/edison-electric-lamp-patent.jpg

Abbildung 10 Abend im Café Bauer 1898
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Lesser_Ury_1898_Abend_im_Cafe_Bauer.JPG

Abbildung 11 Logo IDA Sektion Schweiz
http://www.darksky.ch/dss/wp-content/uplo-ds/2016/10/Dark-Sky_Switzerland_Logo_dark_cut-1.png

Abbildung 12 Lick Observatory, Mount Hamilton, California, USA
http://www.dronestagr.am/wp-content/uploads/2013/08/LickObservatoryPanorama.jpg

Abbildung 13 Vorgaben und Empfehlungen für Schaufensterbeleuchtungen in Luzern
BAFU (Hrsg.), 201x, Vollzugshilfe Lichtemissionen.
Referenz/Aktenzeichen: P282-1581 (Entwurf zur Konsultation, Stand 12.04.2017), Seite 61

Abbildung 14 (unten) Weltkarte der künstlichen Helligkeit des Himmels (2016)
http://advances.sciencemag.org/content/advances/2/6/e1600377/F2.large.jpg?width=800&height=600&carousel=1

Abbildung 15 (oben) Visualisierung der Freundschaften auf Facebook
http://3.bp.blogspot.com/_Qy6biVXe3lE/TQpS-uTPEMI/AAAAAAAAAtE/AmaUnKBCBXk/s1600/Facebook+mapping+image.jpg

Abbildung 16 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit Nordamerikas
http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/F3.large.jpg

Abbildung 17 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit von Afrika
http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/F6.large.jpg

Abbildung 18 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit von Asien
http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/F7.large.jpg

Abbildung 19 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit von Australien und Neuseeland und Indonesien
http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/F8.large.jpg

Abbildung 20 Karte der künstlichen Himmelshelligkeit Südamerikas
http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/F4.large.jpg

Abbildung 21 Die Aufhellung des Nachthimmels durch Kunstlicht in der Schweiz (2015)
http://www.darksky.ch/dss/wp-content/uploads/2016/06/CH-artificial-sky-brightness-atlas-2015-1020x721.jpg

Abbildung 22 Ausschnitt von Abbildung 21
Quelle: Vgl. Abbildung 21

Abbildung 23 Kartographische Visualisierung der Bevölkerungsdichte der Schweiz
https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/12614_75_3501_70/20695.html

Abbildung 24 Grundkarte: vgl. Abbildung 21 transparentes Bild: Kartographische Visualisierung der Bevölkerungszahlen (2016) der Schweiz
Quelle: Grundkarte vgl. Abbildung 21/ transparentes Bild:
https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/12611_72_71_70/20748.html

Abbildung 25 Aufnahme des Suomi-Satellit des Kantons Zürich (vergrössert)
https://www.nzz.ch/storytelling/lichtveschmutzung-das-licht-und-seine-schattenseiten-ld.130166 (Screenshot)

Abbildung 26 Aufnahme des Suomi-Satellit der Stadt Zürich (vergrössert)
https://www.nzz.ch/storytelling/lichtveschmutzung-das-licht-und-seine-schattenseiten-ld.130166 (Screenshot)

Abbildung 27 Zirkadiane Rhythmen
Schobersberger: Wolfgang (Univ. Prof. Dr.), Gufler: Veronika, Hoff mann: Georg, o. J., Wieviel Licht braucht der Mensch? – Bedeutung von Licht für die Gesundheit, Seite 3

Abbildung 28 Komponenten des zirkadianen Systems
http://rs1.chemie.de/images/19635-76.jpg

Abbildung 29 Lichtwellenspektrum
http://basics.designismakingsense.de/website/uploads/2013/12/lichtwellenspektrum.png

Abbildung 30 Wichtigste Ursachen des Unsicherheitsgefühls
Schwarzenegger: Christian / Schmohl: Denise / Thalmann: Urs / Vertone: Leonardo / Zanolini: Veio, 2009, Kriminalität und kommunale Kriminalprävention in Zürich Eine kriminologische Regionalanalyse mit besonderer Ausrichtung auf das Zürcher Langstrassenquartier (Projekt «Langstrasse PLUS»), Seite 42

Abbildung 31 Gestörter natürlicher Rhythmus durch die Beleuchtung
BAFU (Hrsg.), 201x, Vollzugshilfe Lichtemissionen. Referenz/Aktenzeichen: P282-1581 (Entwurf zur Konsultation, Stand 12.04.2017), Seite 117

Abbildung 32 Mögliche Auswirkungen von künstlichem Licht an einem Fliessgewässer
Held: Martin / et al., 2013, Seite 75

Abbildung 33 Nachtfalter die verwirrt um eine Laterne fliegen
http://welt-der-wunder.s3.eu-central-1.amazonaws.com/user_upload/Artikel/00_Wissen/FRAGE_DER_WOCHE/37_FdW-Motte_iStockkunakos_20150827__2_.jpg

Abbildung 34 Skybeamer anlässlich der Weinbergnacht in Bad Dürkheim
https://www.seitenstopper.de/wp-content/uploads/photo-gallery/Fotos/2017/2017-03-10-Weinbergnacht/A02_05616-v01-01so-Weinbergnacht-2017.jpg

Abbildung 35 Die Eier von Meeresschildkröten
http://naturschutz.ch/wp-content/uploads/Schildkr%C3%B6teneier-600x450.jpg

Abbildung 36 Frisch geschlüpfte Schildkröten die dem künstlichen Licht folgen.
http://cdn.shopify.com/s/files/1/0736/4679/files/sea_turtle_light_pollution_large.jpg?4376133662962044688

Abbildung 37 Die Milchstrasse
https://cdn-images-1.medium.com/max/1600/1*iVErZPEPIQW4MABiS7uAmA.jpeg

Abbildung 38 Sternbild Orion im Vergleich
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Light_pollution_It%27s_not_pretty.jpg

Abbildung 39 Standort der VLT in Chile
https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=5&lat=-3295630&lon=-7434982&layers=0BTFFFFFFF

Abbildung 40 Standort der Mauna-Kea-Observatorium
https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=8&lat=2226998&lon=-17300153&layers=0BTFFFFFFF

Abbildung 41 Die vier VTL auf dem Berg Cerro Paranal
https://cdn.eso.org/images/screen/eso9951a.jpg

Abbildung 42 Legende zu Abbildung 40 und Abbildung 39
https://www.lightpollutionmap.info/img/help_rightmenu_legend.jpg

Abbildung 43 Kugellampen in einem Wohnquartier
http://www.darksky.ch/dss/wp-content/uploads/2016/08/Kugelleuchte_mehrflammig.jpg

Abbildung 44 Aufnahmen der Stadt Calgary vom Weltall im Vergleich
https://img.nzz.ch/S=W1960/O=75/http://nzz-img.s3.amazonaws.com/2017/11/22/e40e7ee3-34fd-4054-96c6-282e246873f4.png

Abbildung 45 "Lichtschablone"
https://pbs.twimg.com/media/DDgqle7WAAABZVe.jpg:large

Abbildung 46 Nicht abgeschirmte Kugellampe
http://www.darksky.ch/dss/wp-content/uploads/2017/03/Kugellampe_vor_Tanne_vorher.jpg

Abbildung 47 Abgeschirmte Kugellampe
http://www.darksky.ch/dss/wp-content/uploads/2017/03/Kugellampe_vor_Tanne_gedeckelt.jpg

Abbildung 48 Funktionsprinzip einer Bedarfsgesteuerten Strassenbeleuchtung
BAFU (Hrsg.), 201x, Vollzugshilfe Lichtemissionen. Referenz/Aktenzeichen: P282-1581 (Entwurf zur Konsultation, Stand 12.04.2017), Seite 38

Abbildung 49 Flyer der Dark-Sky Switzerland
http://www.darksky.ch/dss/wp-content/uploads/2016/08/Flyerausgerollt_k.jpg

Abbildung 50 Beispiele für Emission, Transmission, Immission
Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (Hrsg.), 2013, Seite 7

Titelbild
https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/712130main_8246931247_e60f3c09fb_o.jpg