

Der Homo LUXus und die Nacht.

Braucht die natürliche Dunkelheit Schutz?

Roland Bodenmann, Lichtplaner SLG
Schwarzenburg, 26. Oktober 2017



Inhalt

1. Kultur des Lichts
2. Natürliches Licht und «Kunstlicht»
3. Lichtemissionen - Ursachen
4. Lichtemissionen - Wirkungen
5. Kunstlicht Recht und Normen
6. Fazit



Bild © Maarten Hogenkamp (05.10.2016)

1.1 Feuer

Am Anfang all unserer technologischen Errungenschaften steht die Beherrschung von Feuer.¹

Künstliches Licht ist kultiviertes Feuer. Im Dunkeln verspricht es Wärme, Sicherheit, Geborgenheit. Diese nie hinterfragte Gewissheit steckt tief in uns allen.

1) EVERETT, D. (2012): Language. The Cultural Tool, DVA München

1.2 Feuerzeug



La Guerre du feu - Jean-Jacques Annaud (1981) - Quelle: <https://www.videobuster.de/dvd-bluray-verleih/65276/am-anfang-war-das-feuer> (11.02.2017)

1.3 Vom Feuer zum Licht - Höhlenmenschen?

Die Nachweise der ersten Leuchten stammen bereits aus der Frühgeschichte der Menschen.

Felsmalereien in der Höhle von Lascaux, ($\approx 18'000$ Jahre alt)

Bild 1 (Öllampe): Fotografie Bodenmann (09.10.2017)

Bild 2 (Gemälde): https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6hle_von_Lascaux (14.02.2017)

1.3 Vom Feuer zum Licht - Höhlenmenschen?

Die Nachweise der ersten Leuchten stammen bereits aus der Frühgeschichte der Menschen.



Felsmalereien in der Höhle von Lascaux, ($\approx 18'000$ Jahre alt)

Bild 1 (Öllampe): Fotografie Bodenmann (09.10.2017)

Bild 2 (Gemälde): https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6hle_von_Lascaux (14.02.2017)

1.4 Öffentliche Beleuchtung (1761)



Quelle: <http://wodka.over-blog.com/2016/01/la-nuit-en-peinture.html> (28.01.2017) - Un port de mer au clair de lune (Claude Joseph Vernet)

1.5 Die Pflicht zum Licht

Licht im Aussenraum musste bis anhin kaum legitimiert werden.

Das hat auch kulturgeschichtliche Gründe. Wer beispielsweise im Mittelalter in den Städten ohne Licht im Dunkeln ging, machte sich «dunkler Absichten» verdächtig und konnte bestraft werden.¹

Seit der Einführung der LED sind Leuchten und Lampen noch günstiger und die technischen Möglichkeiten noch vielfältiger geworden.

Licht im Aussenraum ist allgegenwärtig. **Alles ist möglich, aber nicht alles ist sinnvoll!**

1) ILLI, M. (1998-2015): HLS Historischen Lexikon der Schweiz, Bern.

1.6 Alles ist möglich - Öffentliche Beleuchtung



Quelle: <http://sustainablediary.blogspot.ch/2013/01/synolkia-communal-lighting-installation.html>

1.7 Alles ist möglich - Private Beleuchtung



Quelle: <https://www.aqua-luce.ch/luce-webseite/galerie>

1.8 Alles ist möglich - Weihnachtsbeleuchtung



Quelle: weihnachtsbeleuchtung-Fotomacar-shutterstock_92121568

Szenenwechsel

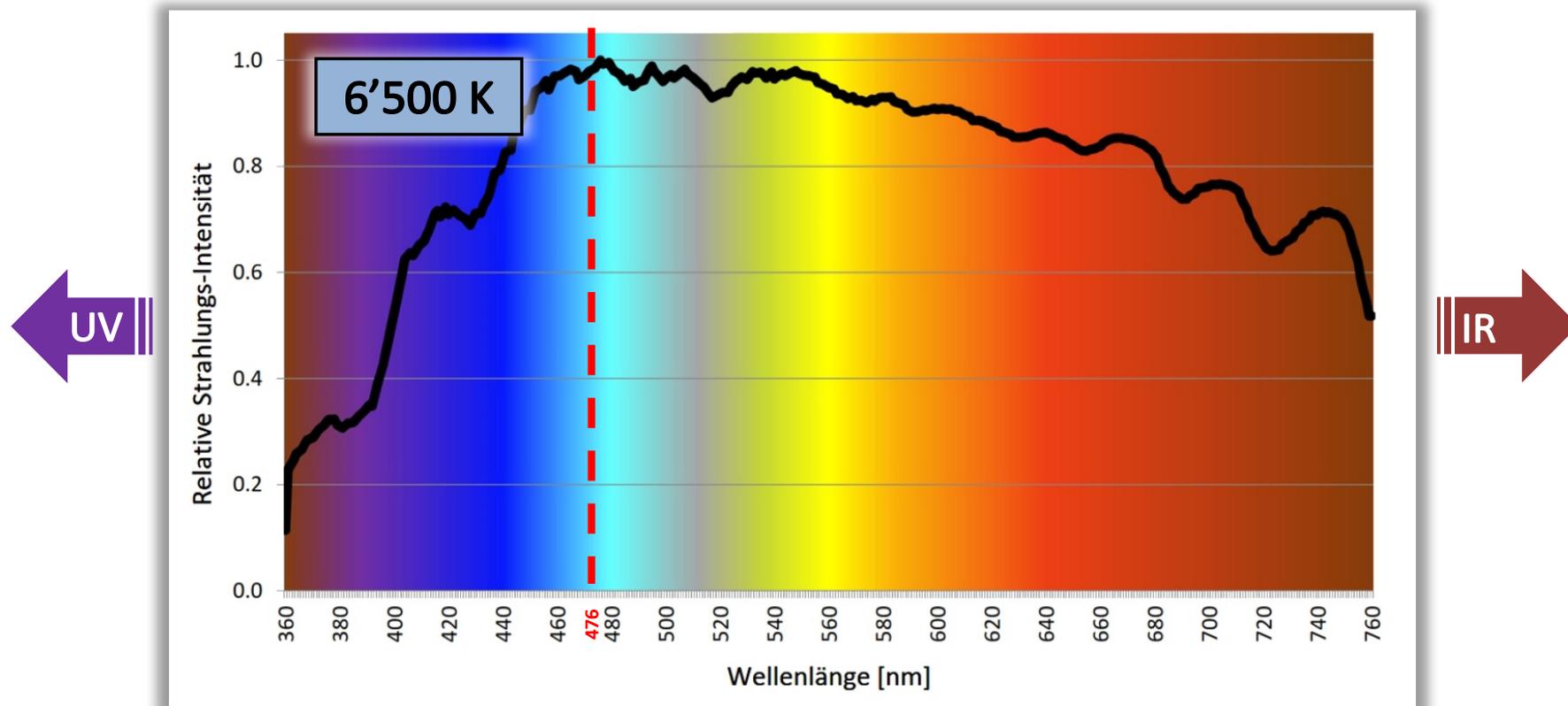
1. Kultur des Lichts
2. **Natürliches Licht und «Kunstlicht»**
3. Lichtemissionen - Ursachen
4. Lichtemissionen - Wirkungen
5. Kunstlicht Recht und Normen
6. Fazit



Bild © Maarten Hogenkamp (05.10.2016)

2.3 Tageslicht

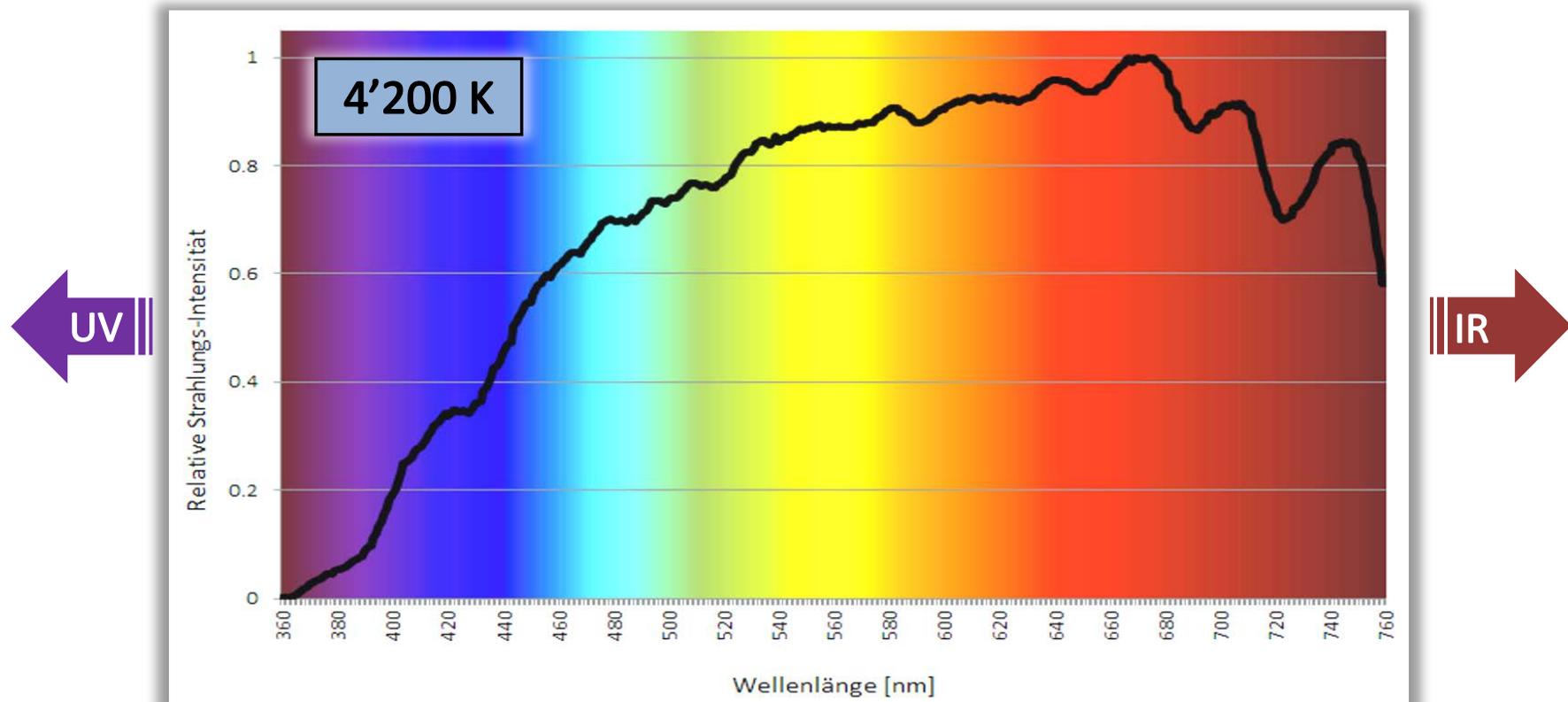
Unabhängig von der Jahres- und Tageszeit hat Tageslicht seine höchste Intensität im blauen Spektralbereich. Die Farbtemperatur liegt bei ca. 6'500 K.



1) Messung vom 20.10.2016 um 14:00 Uhr (Messgerät: UPRtek MK350 LED BJ 2014 | Messung: © Roland Bodenmann)

2.4 Mondlicht

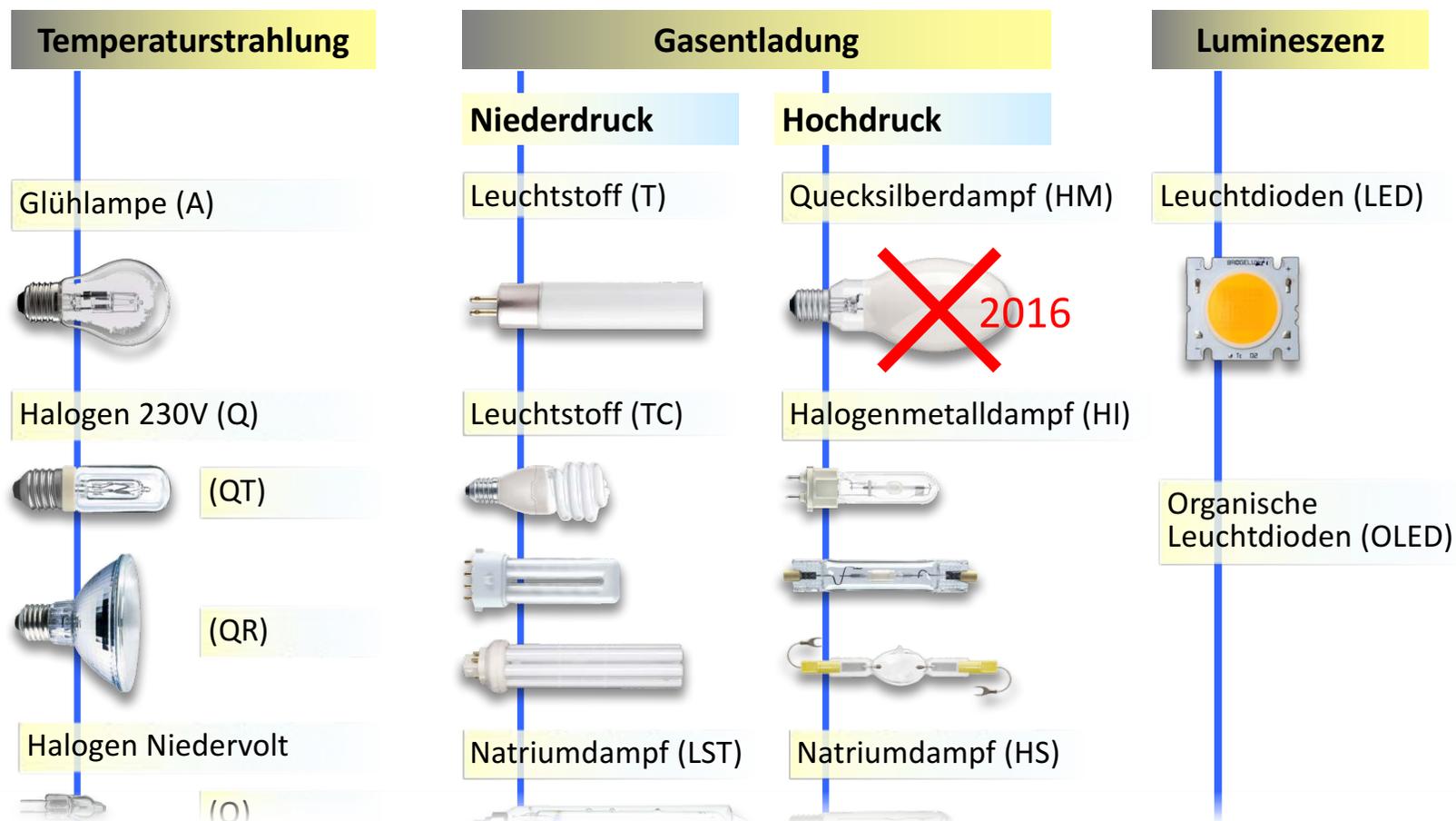
Das Tageslicht ist auch die Quelle für das natürliche Nachtlcht, dass vom Mond reflektiertes Sonnenlicht ist. Die Mondbeschaffenheit beeinflusst das Spektrum. Die Farbtemperatur ist deshalb tiefer bei ca. 4'200 K.



1) Messung vom 11.05.2017 um 02:33 Uhr (Messgerät: UPRtek MK350 LED BJ 2014 | Messung: © Dr. Lukas Schuler)

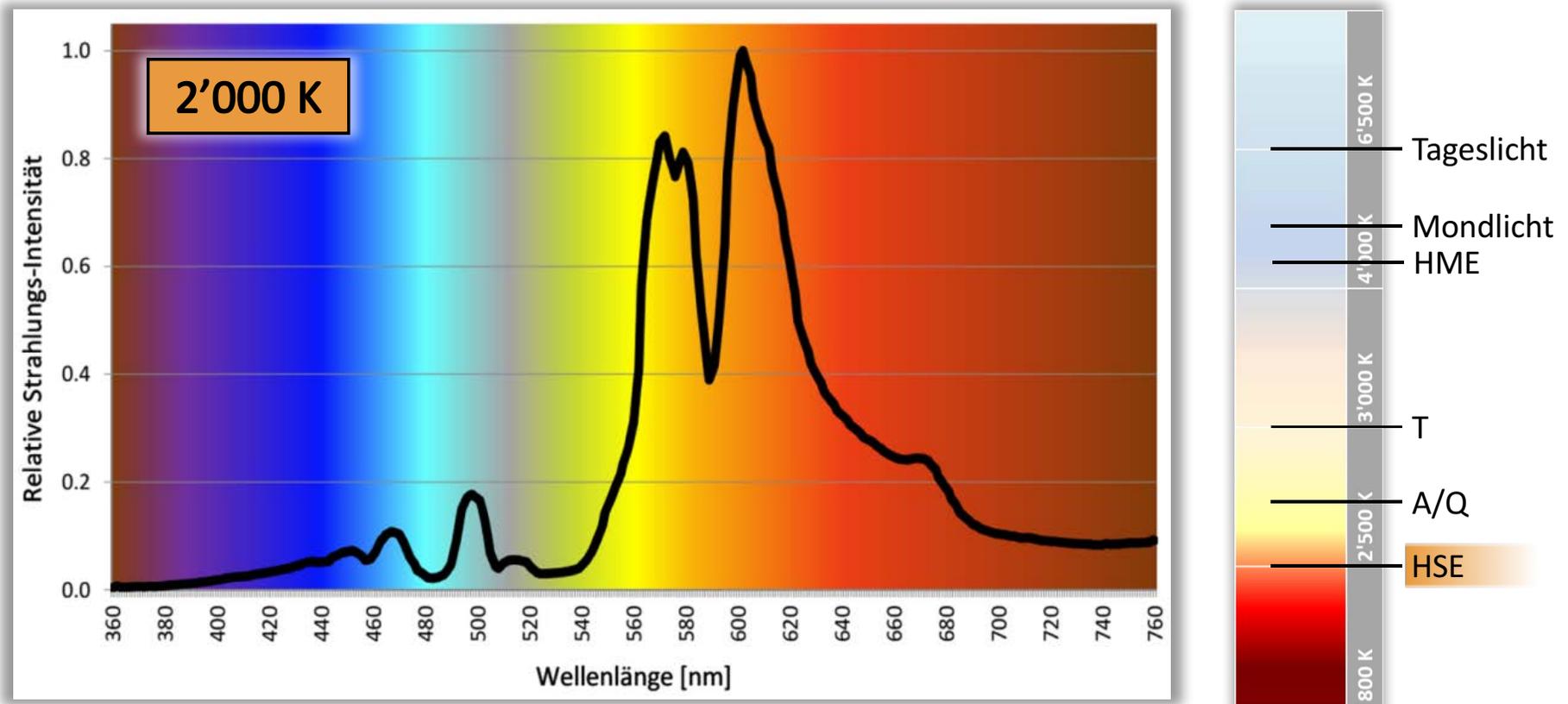
2.5 Künstliche Lichtquellen

Die Erfindung und Markteinführung der LED hat in der künstlichen Beleuchtung eine eigentlich Revolution ausgelöst. In der Aussenbeleuchtung hat das zu einem ungeahnten Erneuerungs-Schub und in der Gesetzgebung zu einem Erneuerungs-Druck (Energie-Effizienz) geführt.



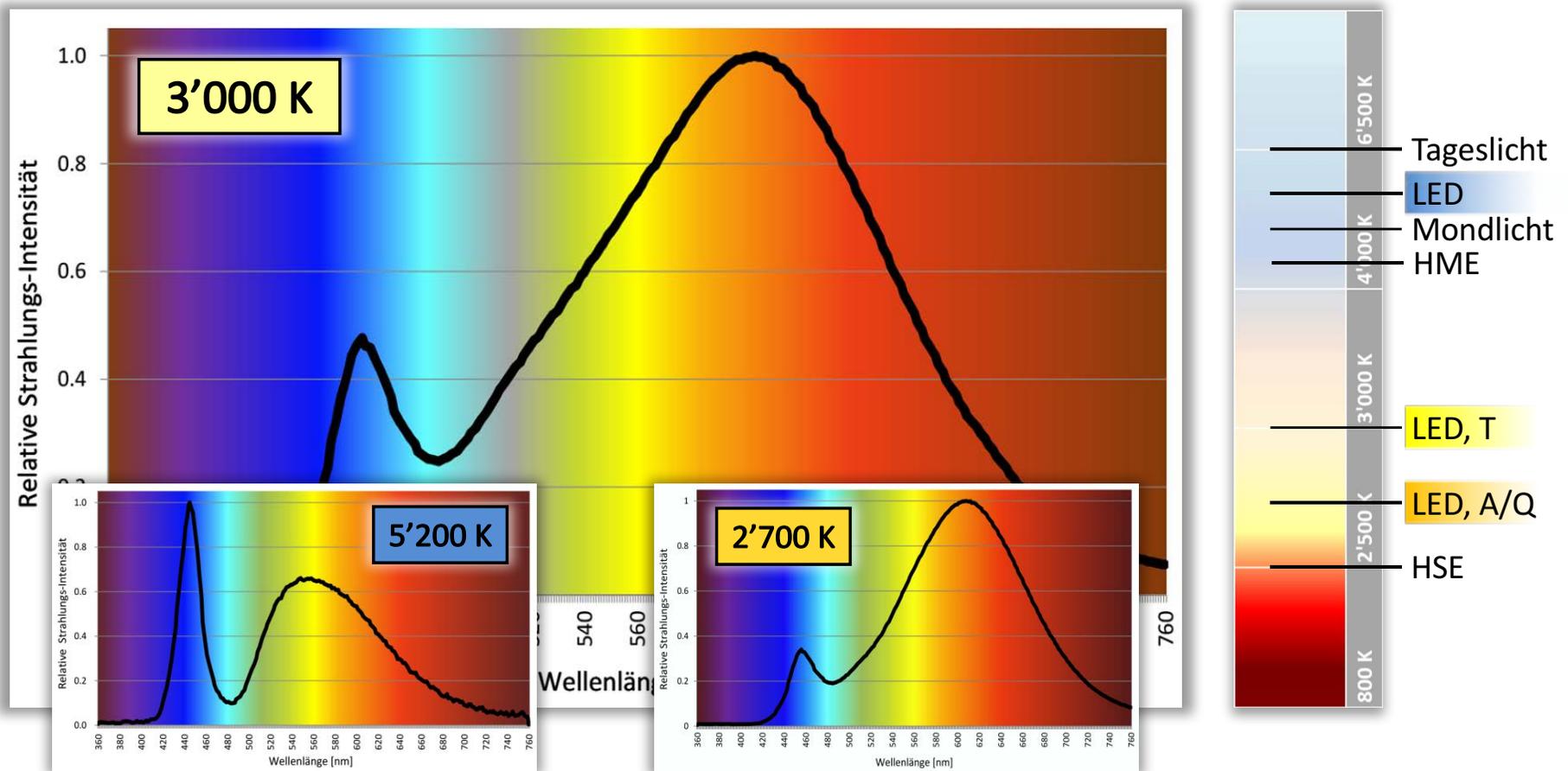
2.6 Lichtquellen im Vergleich – Natriumhochdruckdampf-Lampen (HS)

Bei der Natriumdampf-Flamme liegt die höchste Strahlungs-Intensität im Gelb-Orangen Spektralbereich. Der UV-Anteil ist vergleichsweise gering. Sie wurden/werden vor allem in der Strassenbeleuchtung eingesetzt.



2.7 Lichtquellen im Vergleich – LED-Lampen (Konversions-Technik)

Die Lichterzeugung basiert auf monochromen blauen LED mit Leuchtstoff-Beschichtung. Der hohe Blauanteil resultiert aus dieser Technik, die unterschiedliche Farbtemperaturen zulässt. Kein UV- und IR-Anteil. Hohe Energieeffizienz.



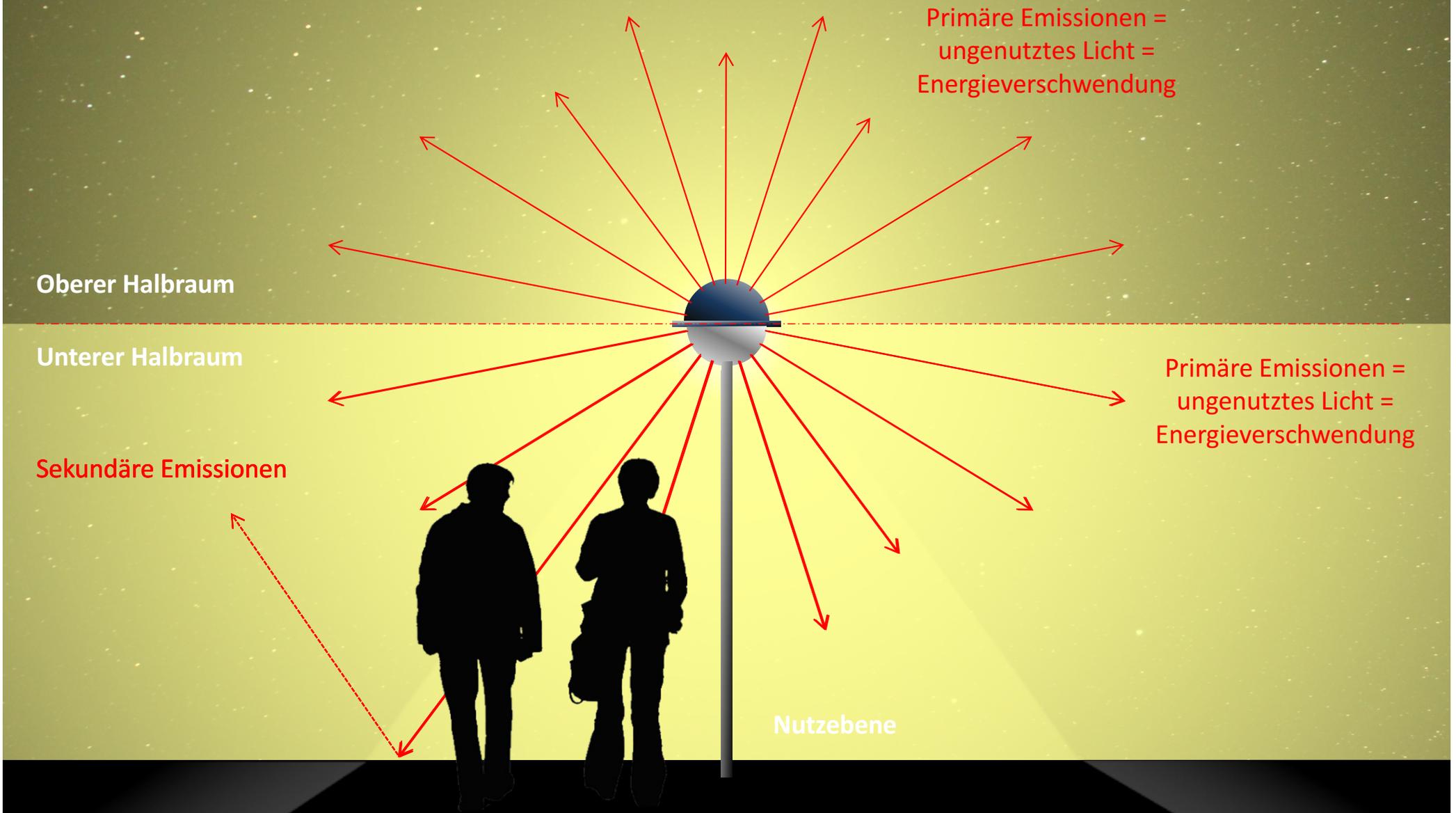
Szenenwechsel

1. Kultur des Lichts
2. Natürliches Licht und «Kunstlicht»
3. **Lichtemissionen - Ursachen**
4. Lichtemissionen - Wirkungen
5. Kunstlicht Recht und Normen
6. Fazit

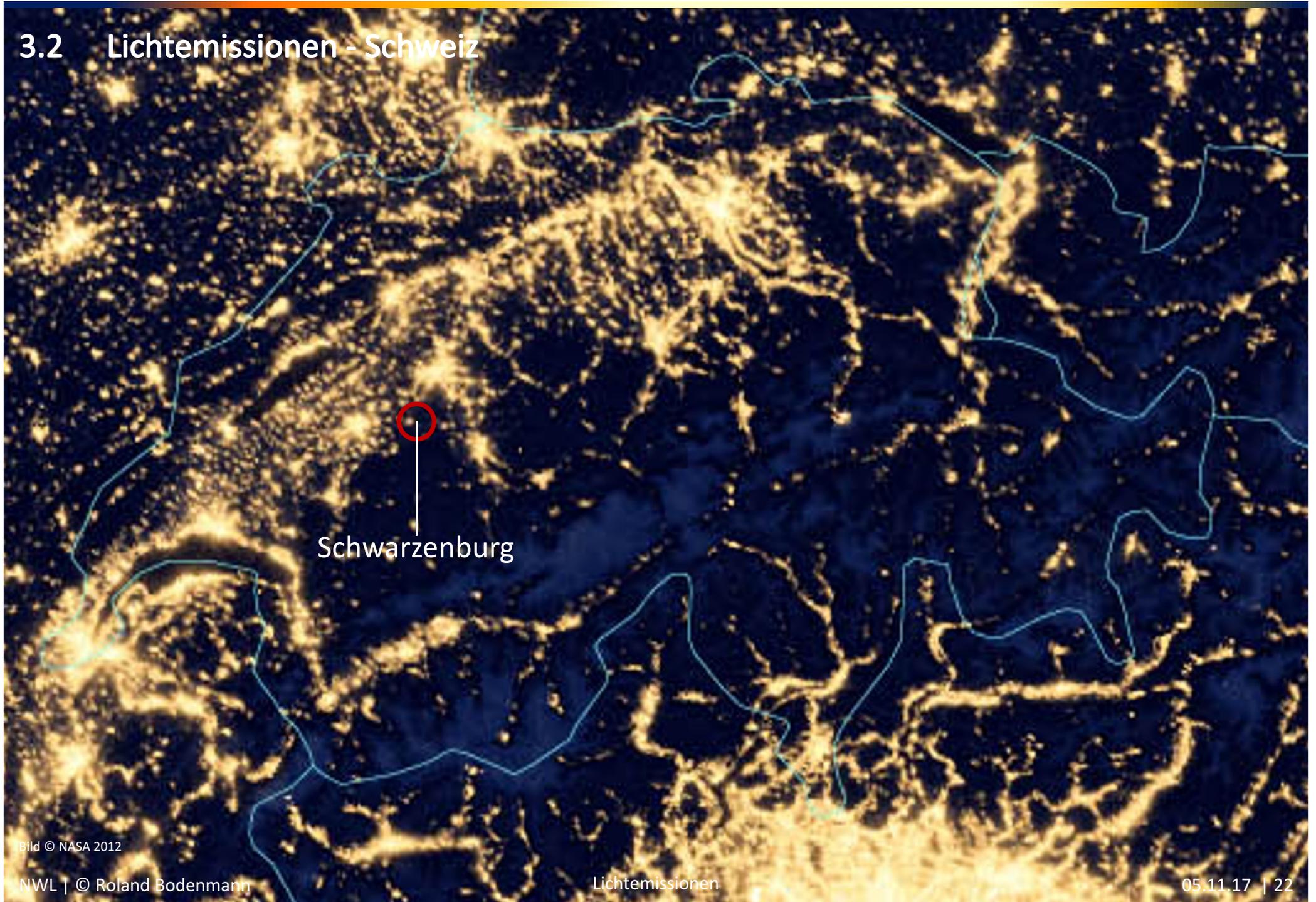


Bild © Maarten Hogenkamp (05.10.2016)

3.1 Lichtemissionen - Theorie



3.2 Lichtemissionen - Schweiz



3.3 «Taglicht» zu «Nachtlicht»



Helligkeits-Verhältnis
Tag zu Nacht:
400'000 : 1

Vollmond zu Sternenlicht:
Sonne zu Sternenlicht:

250 : 1
100'000'000 : 1

3.4 Lichtemissionen - Kunstlicht versus natürliches Licht

Die künstliche Beleuchtung der Nacht folgt den Bedürfnissen des Menschen. Für das «Tagtier» sind diese Ansprüche viel höher als für die nachtaktive Fauna.

Für die Beleuchtung von Quartierstrassen etwa gilt folgende normative Vorgabe:

Tabelle 3 — P-Beleuchtungsklassen^{N2}

Klasse	Horizontale Beleuchtungsstärke		Zusätzliche Anforderungen falls Gesichtserkennung erforderlich ist	
	\bar{E}^a [minimaler Wartungswert]	E_{\min} [Wartungswert]	$E_{v,\min}$ [Wartungswert]	$E_{sc,\min}$ [Wartungswert]
	lx	lx	lx	lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0 ^{N2}
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2 ^{N2}
P7	unbestimmte Anforderung	unbestimmte Anforderung		

^a Um Gleichmäßigkeit sicherzustellen, darf der tatsächliche Wert des Wartungswertes der mittleren Beleuchtungsstärke das 1,5-fache des für die Klasse vorgesehenen Mindestwertes \bar{E} nicht überschreiten.

Was bedeutet nun eine mit 5 Lux (Wartungswert) beleuchtete Quartierstrasse?

Es entspricht der Helligkeit von **20 Vollmonden!**

3.5 Lichtemissionen - Selbstversuch



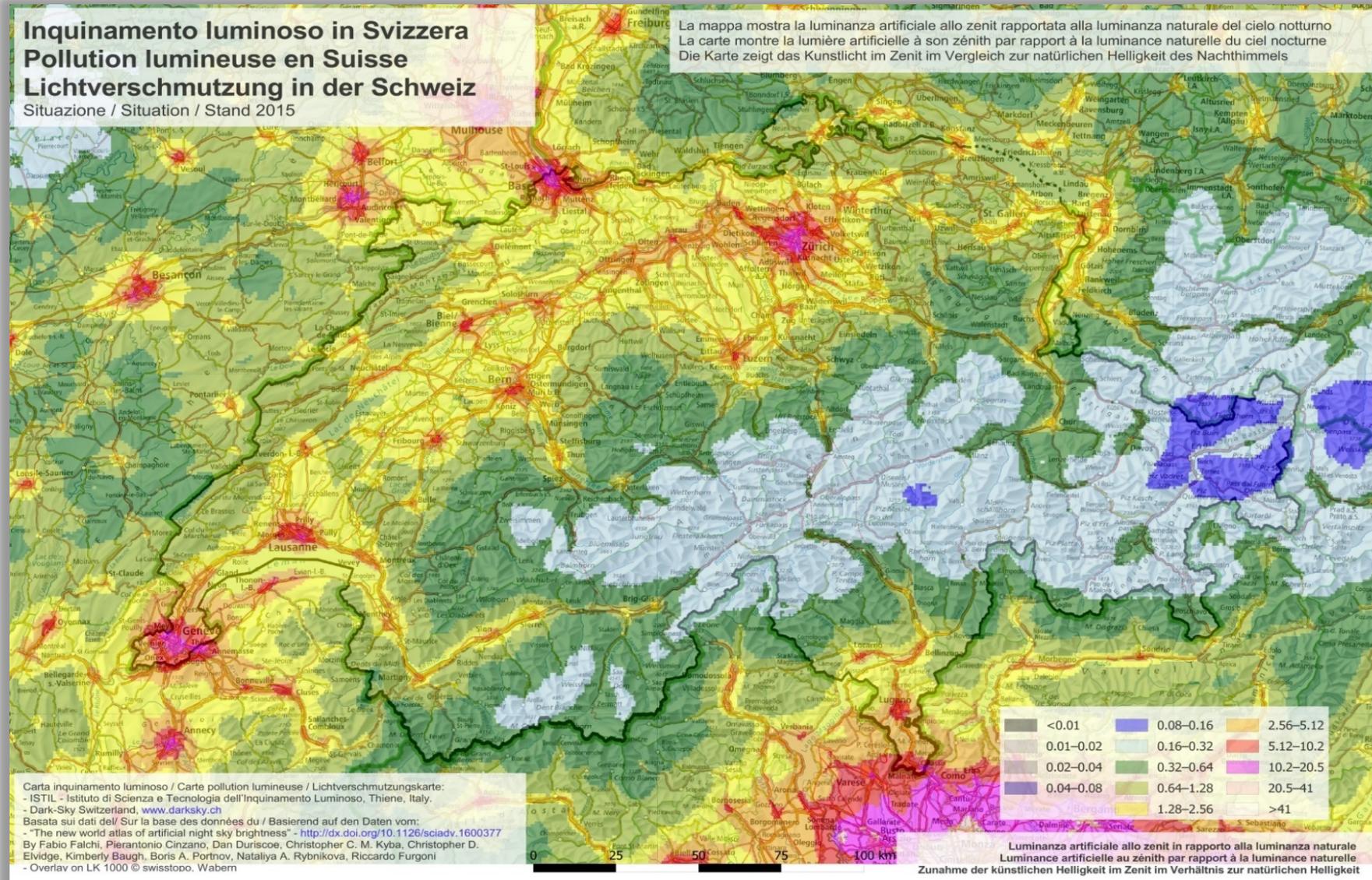
Quelle: wistia.com (13.10.2017)

3.6 | Öffentliche Beleuchtung im Wandel

Chur macht ernst und ersetzt innert kurzer Zeit die gesamte ÖB mit interaktiv gesteuerten Leuchten (4'000 K). Damit wird der Energieaufwand und dank der präzisen Lichtlenkung die **Lichtemission substanziell reduziert**.

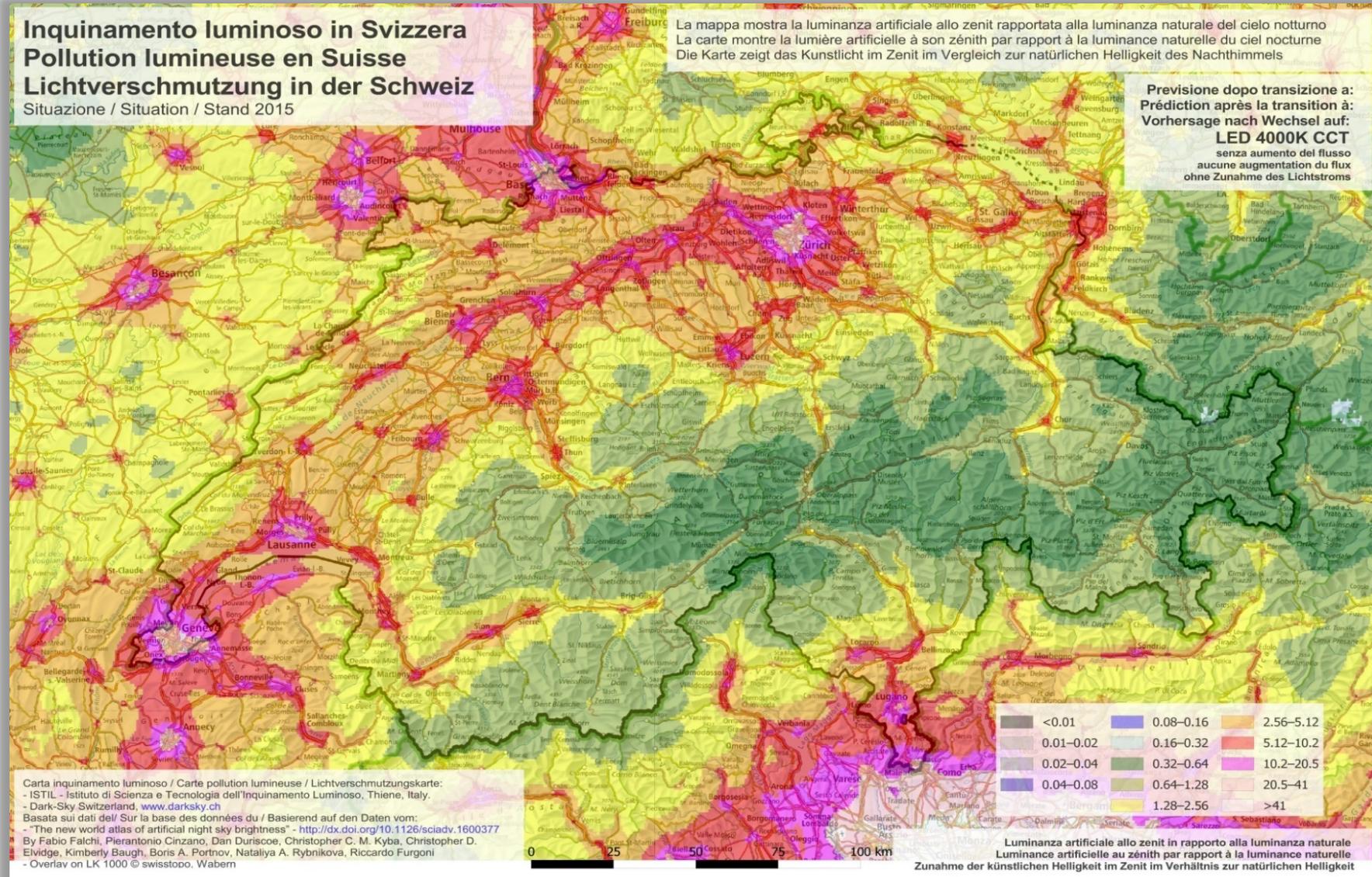
Andererseits hat aber das LED-Spektrum auch Konsequenzen – durch den hohen Blauanteil wird das Licht nun stärker in der Atmosphäre reflektiert und damit gestreut.

3.7 Die Konsequenzen – Stand heute



Quelle: Dark-Sky Switzerland (2016)

3.8 Die Konsequenzen – Prognose nach Umrüstung auf 4'000 Kelvin



Quelle: Dark-Sky Switzerland (2016)

Szenenwechsel

1. Kultur des Lichts
2. Natürliches Licht und «Kunstlicht»
3. Lichtemissionen - Ursachen
- 4. Lichtemissionen - Wirkungen**
5. Kunstlicht Recht und Normen
6. Fazit



Bild © Maarten Hogenkamp (05.10.2016)

4.1 Lauterbrunnental Richtung Thun und Bern

Lichtemissionen strahlen weit über den Siedlungsraum hinaus

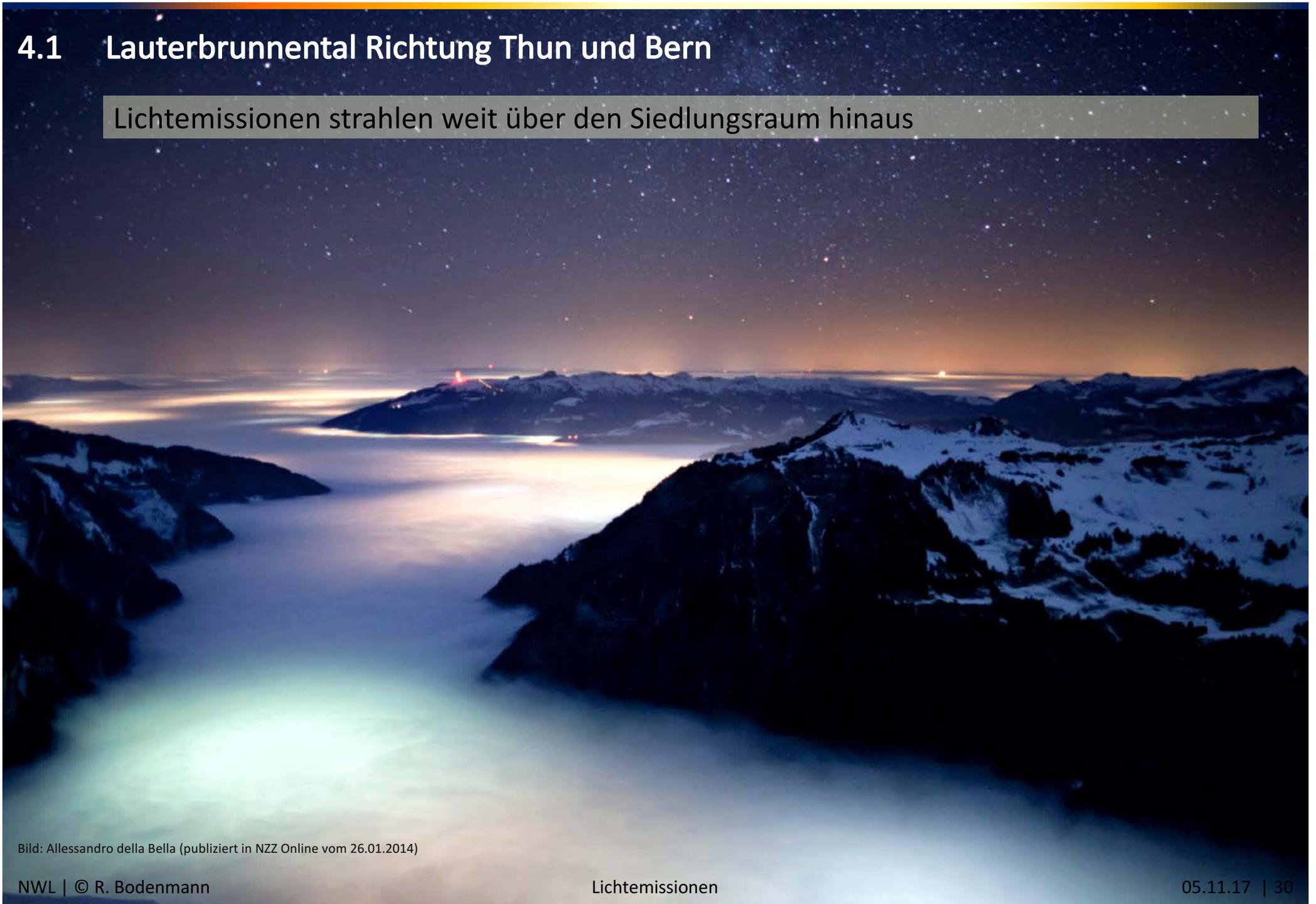


Bild: Alessandro della Bella (publiziert in NZZ Online vom 26.01.2014)

4.2 Visuelle Empfindlichkeit der nachtaktiven Fauna

Die visuelle Wahrnehmung der Lebewesen hat sich je nach Lebensraumbedingungen unterschiedlich entwickelt. Nicht alle nutzen die gleichen Wellenlängen und sind gleich empfindlich.

Nach CDC (FR), 2015 ¹	UV	«sichtbares» Licht						IR
Wellenlänge [nm]	< 400	400-420	420-500	500-575	575-585	585-605	605-700	> 700
Fische (Süßwasser)	👁️	👁️	👁️	👁️	👁️	👁️	👁️	
Fische (Meerwasser)	👁️	👁️	👁️	👁️				
Zooplankton	👁️	👁️	👁️					
Amphibien + Reptilien	👁️	👁️	👁️	> 500	👁️	👁️	👁️	👁️
Vögel	👁️	👁️	👁️	👁️		👁️	👁️	👁️
Säugetiere (o. Fledermäuse)	👁️	👁️	👁️	👁️			👁️	
Fledermäuse	👁️	👁️	👁️	👁️				
Insekten	👁️	👁️	👁️	👁️				

verträglichstes Spektrum



Vermutet, aber nicht bestätigt

Netzwerk Licht
Lichttechnische Beratung

LED 5200K LED 4000K LED 2700K LED/HSE 2000K

1) MOONS et al, JRC Technical Reports: Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Street Lighting and Traffic Signals – Tabelle 1-5, (2016)

4.3 Auswirkungen von Lichtemissionen auf nachtaktive Tiere

Auf **Insekten** zeigt der Einfluss von Strassenbeleuchtungen unterschiedlich negative Auswirkungen: Verbrennen, Erschöpfungstod und Inaktivität durch «Umschalten auf Tagesruhe». Diese Insekten fressen und reproduzieren sich nicht mehr und werden selbst leichte Beute ihrer Jäger. ¹

Vögel sind eigentlich mehrheitlich tagaktive Augentiere. Vogelzüge sind aber auch nachts unterwegs, da sie am Tag rasten und fressen müssen. Bei schlechtem Wetter verringern sie die Flughöhe und orientieren sich an Landmarken. Beleuchtete Objekte lenken ab und führen oft zu Kollisionen. ²

Von den **Fledermäusen** in Mitteleuropa sind die meisten lichtscheu. Beleuchtete Ausflughöhlen der Sommerquartiere verzögern das Ausfliegen und reduzieren den Jagderfolg und damit die Aufzucht der Jungen. ³

Beleuchtete Flugkorridore zwischen Quartier und Jagdrevier werden gemieden. Umwege mit längeren Flugzeiten und erhöhtem Energiebedarf sind die Folge.

1) EISENBEIS, G., EICK, K. (2011): Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Strassenbeleuchtung unter Einbezug von LEDs

2) HÜPPOP H., KLENKE R. UND NORDT A. (2012): Vögel und künstliches Licht

3) HOTZ, T., BONTADINA, F. (2007): Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Unpublizierter Bericht von SWILD als Grundlage für Grün Stadt Zürich und Amt für Städtebau Zürich

4.4 Lichtverschmutzung bedroht die Bestäubung

Künstliches Licht stört nachtaktive Insekten beim Bestäuben von Pflanzen und reduziert die Anzahl produzierter Samen und Früchte. Dieser Verlust der nächtlichen Bestäubungsleistung kann auch durch tagaktive Bestäuber nicht kompensiert werden. Pflanzen werden dadurch in ihrer Fortpflanzung beeinträchtigt.

Fazit: «Es müssten dringendst Massnahmen entwickelt werden, um die negativen Folgen der jährlich zunehmenden Lichtemissionen für die Umwelt zu reduzieren».



Quelle: http://www.unibe.ch/aktuell/medien/media_relations/medienmitteilungen/2017/medienmitteilungen_2017/lichtverschmutzung_bedroht_die_bestaeubung/index_ger.html (21.10.2017)

4.5 Insekten – Dramatischer Rückgang der Biomasse

Die Biomasse der fliegenden Insekten **in Schutzgebieten** in Deutschland hat in den letzten 30 Jahren um gut 75% abgenommen. Das Verschwinden von Bienen und Schmetterlingen bedroht auch Vögel und Fledermäuse.

Für die Schweiz liegen solche langfristigen Biomasse-Analysen zwar nicht vor. Das BAFU (Glenn Litsios) hält es für wahrscheinlich, dass zumindest im Mittelland, das ähnliche Lebensräume wie die deutschen Untersuchungsgebiete ausweise, die Resultate nicht gross anders ausfielen. Etwa die Hälfte der durch Rote Listen bewerteten Insektenarten in der Schweiz sei vom Aussterben bedroht, sagt er. und dem Aussterben gehe immer ein Rückgang der Populationen voraus.

Quelle: NZZ vom 20. 10.2017 Wo sind die Insekten hin? Untersucht wurden bis 2016 37 Gebiete mit total 1'500 Proben

Bild: <https://www.nzz.ch/schweiz/mit-dem-gesetz-gegen-unnoetige-lichtemissionen-1.18137410>

4.6 Auswirkungen auf die Biodiversität

Allein in der Schweiz ist über ein Drittel der Pflanzen-, Tier- und Pilzarten bedroht. Sie leiden darunter, dass ihre Lebensräume zerstört, übernutzt oder so verändert werden, dass ihre Lebensgrundlagen verloren gehen.

Künstliches Licht ist nur einer von vielen Einflüssen, die die nachtaktive Fauna im Siedlungsraum stört und schädigt. Da Licht in der Nacht von den meisten Menschen positiv bewertet wird, werden die negativen Auswirkungen von Emissionen oft marginalisiert oder gar bestritten.

Eine Fehleinschätzung, wie das BAFU in einem Bericht vom 29.11.2012 schreibt:

«Oft sind nicht die Lichtemissionen alleine für das Verschwinden einer Art an einem bestimmten Ort verantwortlich. In der Summe der Auswirkungen ist es aber möglicherweise der Faktor, der den Ausschlag gibt.»¹

1) BAFU (2012): Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen (nicht amtlich publizierte Fassung)

4.7 Der Wert der Biodiversität

«Die ... Biodiversität ... ist ein Geschenk der Natur und von unschätzbarem volkswirtschaftlichem Wert. Ganz selbstverständlich profitieren wir von diesem Vermögen, aus dem wertvolle Leistungen und Produkte hervorgehen.»¹

- ★ Biodiversität liefert Lebensmittel
- ★ Bestäubung von Kulturpflanzen
- ★ Medikamente basierend auf Pflanzen, Tieren und Bakterien
- ★ Natürliche Gewässer reduzieren Hochwasserspitzen
- ★ Wälder und Moore sind CO₂-Speicher
- ★ Biodiversität ist ein wichtiger Standortfaktor (Lebensqualität)

Der Schutz der Biodiversität dient der Erhaltung und Steigerung des wirtschaftlichen Wohlstands. Die EU hat ausgerechnet: Eine Hektare Schutzgebiet im EU-Raum erbringt im Schnitt einen jährlichen Ertrag von 2'500 bis 3'400 Euro.



NZZ am Sonntag, 20.09.2015

1) SCHWARZ, F. (2015): Investitionen in die Biodiversität lohnen sich; Gastkommentar NZZ vom 22.05.2015

Szenenwechsel

1. Kultur des Lichts
2. Natürliches Licht und «Kunstlicht»
3. Lichtemissionen - Ursachen
4. Lichtemissionen - Wirkungen
5. **Recht und Normen**
6. Fazit



Bild © Maarten Hogenkamp (05.10.2016)

5.1 Justitia – Ist sie blind?



Quelle: <https://www.google.ch> (Urheber unbekannt)

5.2 Don Quichote



Quelle: Südostschweiz Graubünden 18.02.2013 (Region S.6)

Szenenwechsel

1. Kultur des Lichts
2. Natürliches Licht und «Kunstlicht»
3. Lichtemissionen - Ursachen
4. Lichtemissionen - Wirkungen
5. Kunstlicht Recht und Normen
6. **Fazit**



Bild © Maarten Hogenkamp (05.10.2016)

6.1 Lichtemissionen und Waldlandschaft

Welchen Einfluss hat die 24-Stunden-Gesellschaft auf die Nachtlandschaft Wald?

- **Lichtemissionen wirken auf grosse Distanz und macht am Waldrand nicht halt.**

Welche Auswirkungen hat künstliches Licht auf die Tiere und die Waldökologie?

- **Dieselben wie im Siedlungsraum. Die kleinräumige Schweiz hat fast keine unversehrten Naturlandschaften mehr.**

Wie können wir Lichtemissionen vermindern?

- **Bewusster Umgang mit funktional notwendig Licht. Soviel wie nötig, so wenig wie möglich. Der nächste Lichtschalter liegt näher als Sie denken!**

Wie wichtig ist das Thema «Licht» für den Wald?

- **Wichtig, denn: Wir haben nur eine Biosphäre, der Wald ist kein geschützter Ort.**

Braucht die natürliche Dunkelheit Schutz?

- **Siehe oben ...**

