

# Lichtverschmutzung als Thema im Schulunterricht

Thomas Posch

## Einleitung

Bekanntlich bedeutet der Titel unserer Zeitschrift – „Plus Lucis“ – nichts Anderes als „mehr Licht“. Der Mensch ist ein lichthungriges Wesen: im buchstäblichen und im übertragenen Sinne. Buchstäblich lichthungrig, weil er anscheinend nicht genug Licht bekommen kann. Er möchte – rund um den Globus – durch immer mehr Beleuchtung auch die Nacht zum Tag machen und nimmt zur dunklen Jahreszeit möglicherweise Lichttherapien in Anspruch, um seine Stimmung zu verbessern. Im übertragenen Sinne sind wir lichthungrige Wesen, weil wir immer wieder „Licht in eine Sache“ bringen wollen, „helle Köpfe“ sein wollen, nach „Aufklärung“ (englisch „enlightenment“!) verlangen. Kurz, sowohl physikalisches Licht als auch Licht im metaphorischen Sinne ist für den Menschen fast nur positiv besetzt. Wie soll es dann so etwas wie „Lichtverschmutzung“ geben? Ist das nicht ein Unding bzw. ein Unwort? Und was hat das alles mit dem Physikunterricht zu tun? Die folgenden Ausführungen versuchen dies zu klären.

## Was ist Lichtverschmutzung bzw. Lichtsmog?

Es gibt verschiedene Definitionen von Lichtverschmutzung. Die einleuchtendste ist: *Lichtverschmutzung ist jenes künstlich freigesetzte Licht, das die nächtliche Umwelt (unnötig) aufhellt und den biologisch wertvollen Tag-Nacht-Rhythmus von Menschen und anderen Organismen stört.* Klassische Beispiele dafür sind Skybeamer, die den Himmel aufhellen und Zugvögel von ihren Routen abbringen können, Kugelleuchten, die nach allen Richtungen strahlen und Nachtfalter von weither anlocken (was nach oben abgeschirmte Leuchten weniger tun), sowie Beleuchtung zu kommerziellen Zwecken, welche die ganze Nacht – auch lange nach Ladenschluss – in Betrieb ist und viel Energie verschwendet. Manche Länder gehen nun bereits gesetzlich dagegen vor, so etwa Frankreich und Slowenien. In Frankreich wurde 2013 ein Gesetz beschlossen, kraft dessen Werbebeleuchtung und Fassaden-Anstrahlungen ab 1h nachts abzuschalten sind. Weltweit gibt es mittlerweile rund 1 Milliarde Straßenlaternen. Moderne Beleuchtungssysteme machen es möglich, dank Optimierung des Strahlengangs, Vermeidung von Blendung und Dimmung im Laufe der Nacht etwa 70% der Energie, die für den Betrieb herkömmlicher

Laternen eingesetzt wird, einzusparen. Dies entspricht weltweit 750 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr [1].

Da Lichtverschmutzung oft zu Lichtglocken über Städten und Industriegebieten führt, welche ähnlich aussehen wie tagsüber Smog von Anhöhen aus betrachtet, wurde für diese Art der Umweltverschmutzung auch der Begriff „Lichtsmog“ geprägt [2], [3]. Diesem kürzeren Wort werde ich in den restlichen Ausführungen den Vorzug geben.

## Wie kann man Lichtsmog mit SchülerInnen messen?

Erst seit 10 Jahren ist „Lichtsmog“ hierzulande ein relevantes Thema in der Öffentlichkeit und auch in der Forschung geworden. Man erkannte immer mehr negative Folgen eines Übermaßes an Licht für Mensch und Umwelt – mehr dazu unten. Am unmittelbarsten kann man zunehmenden Lichtsmog daran erkennen, dass man selbst am klaren Nachthimmel immer weniger Sterne sieht. Doch wie lässt sich dieser Eindruck quantifizieren und diese relativ neue Form von Umweltverschmutzung messen?

Die kanadische Firma „Unihedron“ [4] bietet dafür ein sehr einfach zu bedienendes Instrument an. Es nennt sich „Sky Quality Meter“ (SQM) und kostet in der Basisversion rund 100 €. Was misst das Gerät und wie ist es zu bedienen?

Ein SQM ist nicht viel größer als ein Taschenrechner und verfügt über einen Sensor, der in einem Teil des optischen Spektralbereichs die Himmelshelligkeit (die Leuchtdichte des Himmels) misst. Der Sensor ist so empfindlich, dass für ihn der Taghimmel zu hell ist. Während der Dämmerung und in der Nacht erhält man jedoch sehr zuverlässig die Flächenhelligkeit des Himmels, z.B. im Zenit, als Funktion der Zeit. Hat man ein SQM mit USB- oder Ethernet-Schnittstelle, kann man damit im Laufe einer Nacht ohne manuelle Einzelmessungen Kurven wie in Abb. 1a erhalten. Nach dem Ende des steil abfallenden Teils der Dämmerung erhält man im flachen Bereich der Kurven ein Maß für die Nacht-Dunkelheit – und zwar in der astronomisch üblichen, logarithmischen Einheit „Magnituden pro Quadratbogensekunde“ ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ ). Je größer die gemessene Zahl, desto mehr natürliche Nachtdunkelheit hat sich an dem untersuchten Ort noch erhalten. Perfekter Nachthimmel ist durch bis zu  $21.7 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$  charakterisiert – dies ist in Mitteleuropa kaum erreichbar –, während in städtischen Ballungsräumen auch Werte von z.B.  $16.7 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$  gemessen werden, was einem im Vergleich zur natürlichen

Priv.-Doz. DDr. Thomas Posch ist Mitarbeiter am Institut für Astronomie der Universität Wien. Seine vielseitigen Interessen von Astromineralogie bis Erkenntnisfragen sind unter <http://homepage.univie.ac.at/thomas.posch> nachzulesen. E-Mail: [thomas.posch@univie.ac.at](mailto:thomas.posch@univie.ac.at)

Situation genau hundertmal helleren Himmel entspricht – fünf astronomische Magnituden entsprechen ja einem Faktor 100 in der Intensität.

Spannend kann es einerseits sein, eine Stadt zu festen Zeitpunkten räumlich in Bezug auf die Lichtsmog-Verteilung zu „kartographieren“ – dies wurde z.B. in Hongkong gemacht [5]. Lohnend ist aber auch die zeitliche Mittelung über die SQM-Messungen, durchgeführt an einem Ort während

vieler Nächte (wobei auch dabei die Dämmerungsbereiche ausgeschlossen werden sollten). Jeder Nacht kann dann ein Mittelwert der Himmelshelligkeit im Zenit zugeordnet werden. Über mehrere Monate hinweg lässt sich dann studieren, ob der Mond am untersuchten Standort überhaupt noch die Himmelshelligkeit moduliert oder ob der Lichtsmog bereits so stark ist, dass er gegenüber dem sog. „circularen“ Rhythmus völlig dominiert und diesen ausgelöscht hat. Die Abb. 1b – 1c zeigen ein Beispiel dafür (vgl. auch [6]).

## SQM-Lichtkurven

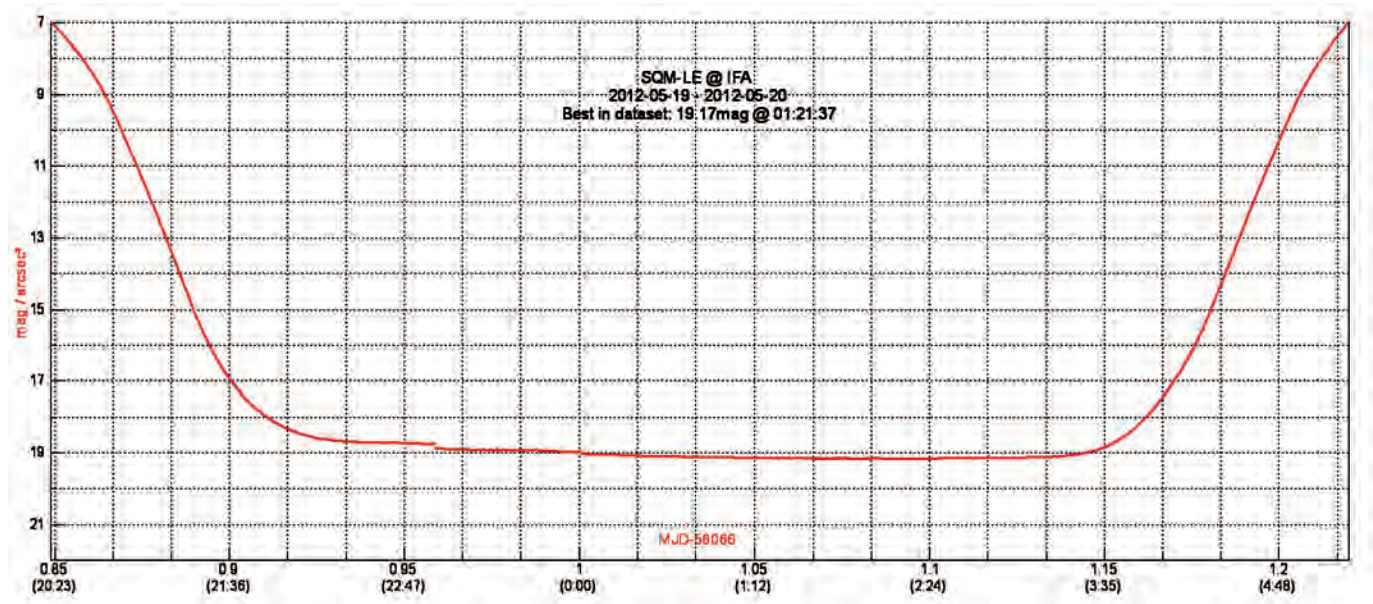


Abb. 1a: Ergebnis kontinuierlicher SQM-Messungen im Laufe einer einzelnen klaren Nacht kurz vor Neumond im Mai 2012. Helligkeiten in mag/arcsec<sup>2</sup>.

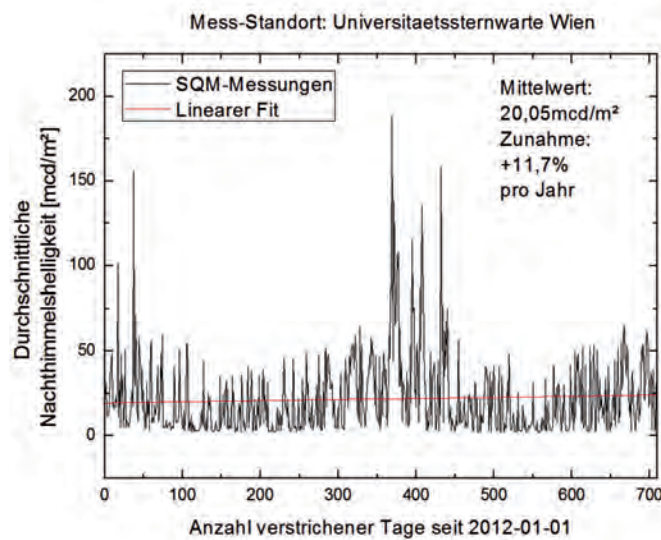


Abb. 1b: Langzeit-Entwicklung der nächtlichen Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit in Wien. Hohe Spitzen entsprechen hellen (schneereichen) Winternächten. Eine Modulation der Himmelshelligkeit durch die Mondphasen ist hier nicht mehr erkennbar. Helligkeiten umgerechnet in millicandela/m<sup>2</sup> und linear dargestellt.

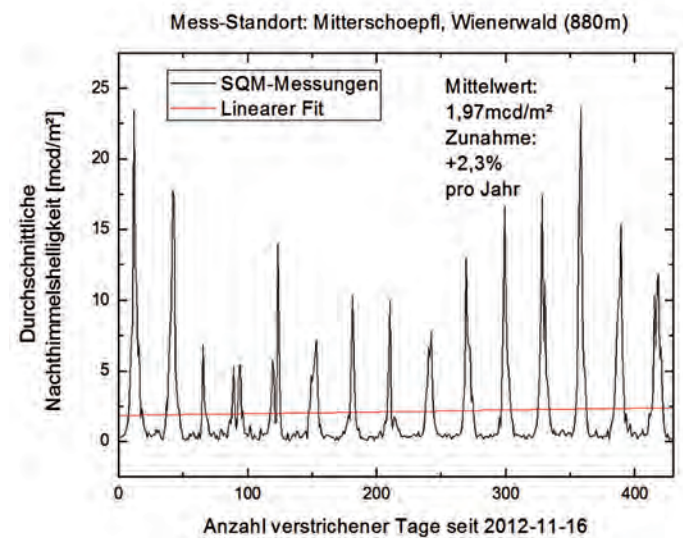


Abb. 1c: Langzeit-Entwicklung der nächtlichen Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit am Observatorium Mitterschöpfung im Wienerwald (880m über dem Meeresniveau). Die Modulation der mittleren Himmelshelligkeit durch die Mondphasen ist klar erkennbar.

## Das Thema „Lichtsmog“ im Unterricht – interdisziplinär betrachtet

„Lichtsmog“ ist in hohem Maße ein fächerübergreifendes Thema. Wesentliche Aspekte davon betreffen die Biologie (z.B. Licht und Insekten, Dunkelheit und Schlafqualität), aber auch die Physik und Astronomie. Kulturgeschichtliche Bezüge lassen uns verstehen, wie es zum Umgang unserer modernen Zivilisation mit künstlichem Licht gekommen ist [2].

Erfahrungsgemäß fühlen sich Schülerinnen und Schüler zumindest von einer, oft auch von mehreren Facetten des Themas Lichtsmog angesprochen. Wichtig ist, dass bei der Vermittlung die spielerischen und experimentellen Zugänge nicht zu kurz kommen. Wie erwähnt, ist es nun in Reichweite jedes Schülers / jeder Schülerin, die Lichtverschmutzung mit Geräten wie dem „Sky Quality Meter“ quantitativ zu erfassen. Auch die digitale Fotografie hat auf diesem Sektor neue Möglichkeiten der Visualisierung eröffnet [7].

Zusätzlich eignet sich praktisch jede Schulklasse mit der vorhandenen Ausstattung zu Experimenten, die mit Licht und Lichtverschmutzung im weitesten Sinne zu tun haben. Projiziert man z.B. eine astronomische Aufnahme auf eine Wand, ohne die Klasse abzudunkeln, so wird das projizierte Bild oft ebenso kontrast schwach erscheinen wie der Orion-Nebel, wenn man ihn in einer überbeleuchteten Großstadt beobachtet. Sukzessive Abdunkelung des Raumes bringt dann in demselben Maß neue Details zum Vorschein wie der (im Unterricht meist nicht mögliche) Übergang zur Beobachtung des Nachthimmels von dunklen, inneralpinen Gegenden aus.

Lichtverschmutzung und deren Vermeidung hat sehr viel mit der richtigen Wahl des Licht-Spektrums und somit des Leuchtmittels zu tun. Licht mit starken Blauanteilen hat im Außenraum eigentlich wenig verloren. Es zieht Nachtfalter viel stärker an als warmweißes Licht und senkt die Konzentration des Ruhe-Hormons Melatonin in unserem Körper,

was die Schlafqualität stark beeinträchtigt. Wie stark der Blau-Anteil einer Leuchte ist, lässt sich ebenfalls mit einfachen Mitteln in der Schulklasse untersuchen: so etwa mit einem aus CD-ROM-Segmenten und Keksschachteln (!) herstellbaren Hand-Spektroskops [8]. Richtet man dieses auf eine Energiesparlampe oder – äquivalent dazu – auf eine Leuchtstoffröhre, so zeigt sich ein wunderschönes Linienspektrum (vgl. Abb. 2). Anhand dessen kann man sehr gut erörtern, wie ein Lichtspektrum aussehen sollte, das möglichst wenige Insekten anzieht und den Nachthimmel möglichst wenig aufhellt – paradoxerweise nämlich eher so wie im Falle einer Glühbirne, mit dem Schwerpunkt der Emissionen fernab des blauen Spektralbereichs.



Abb. 2: Spektrum einer Energiesparlampe. Im Außenbereich eingesetzte Leuchtstoffröhren haben sehr ähnliche Spektren.

## Literatur

- [1] <http://www.darksky.org/assets/2013/WorldwideEnergyWaste.jpg> (Stand: Februar 2014)
- [2] Thomas Posch, Franz Hölker, Anja Freyhoff, Thomas Uhlmann (Hg., 2013): Das Ende der Nacht. Lichtsmog: Gefahren – Perspektiven – Lösungen. Berlin: Wiley-VCH Verlag.
- [3] <http://www.lichtverschmutzung.de> (Stand: Feb. 2014)
- [4] <http://www.unihedron.com> (Stand: Februar 2014)
- [5] <http://nightsky.physics.hku.hk> (Stand: Februar 2014)
- [6] Puschnig, J., Posch, Th., Uttenthaler, S. (2014): Night sky photometry and spectroscopy performed at the Vienna University Observatory. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer (im Druck). Vorabdruck: <http://arxiv.org/abs/1304.7716>
- [7] <http://www.twanight.org> (Stand: Februar 2014)
- [8] Köppen, J. (2010): Mit Spritzgebäck und Silberscheibe zum eigenen Spektroskop. Sterne und Weltraum 4/2010, S. 88-95

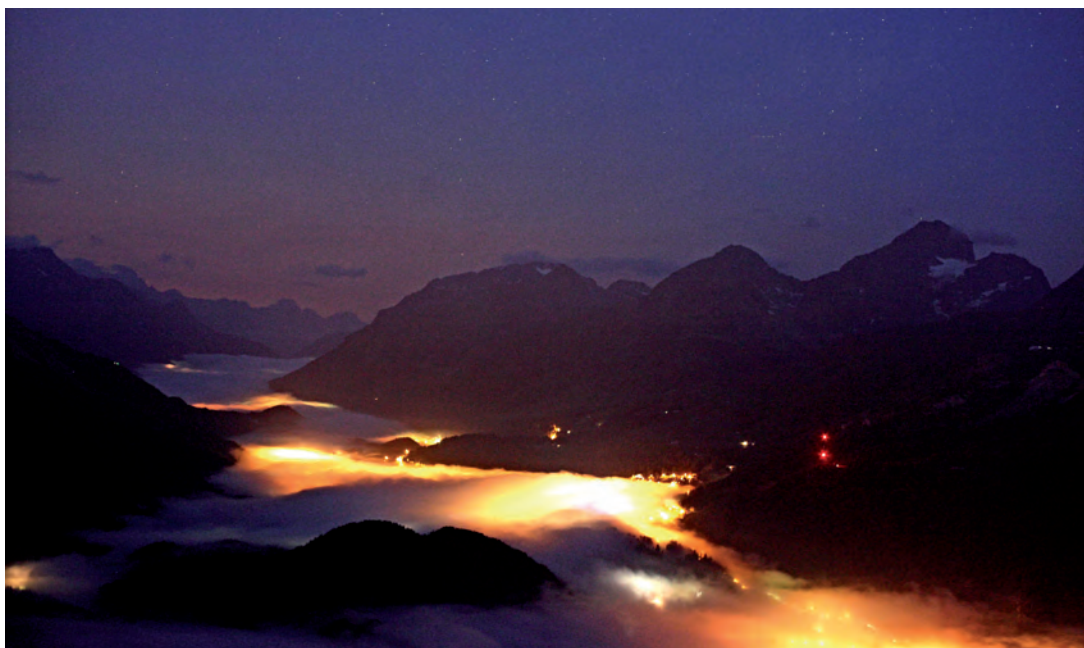


Abb. 3: Lichtsmog über dem Schweizer Oberengadin. Durch Bodennebel wird noch deutlicher, wieviel Licht hier von unten nach oben strahlt. (Foto: Thomas Posch)