Woher kommt das Licht?
Räumliche Betrachtung der Lichtverschmutzung

Helga Kuechly, Christopher Kyba und Franz Hölker

1. Einführung

In der Nacht ist die künstliche Beleuchtung eines der deutlichsten Kennzeichen für menschliche Aktivität auf der Erde. Wie bei vielen anderen anthropogenen Umweltveränderungen sind auch bei der künstlichen Beleuchtung die unmittelbaren Vorteile weit offensichtlicher als ihre unerwünschten Nebenwirkungen. Auch wenn über ein Drittel der Menschen in Deutschland die Milchstraße noch nie mit eigenen Augen gesehen hat (Emnid & P.M. Magazin 2002), sind sich nur wenige der Nachteile der künstlichen Beleuchtung bewusst. Daher verwundert es nicht, dass trotz energieeffizienterer Technologien die Kosten für die künstliche Beleuchtung nicht zurückgegangen sind – vielmehr werden heute immer mehr Straßen und Wege, Gärten und Gebäude beleuchtet.

Aber woher kommt das Licht genau? Lichtquellen und Lichtintensitäten, die Verteilung und die zeitliche Veränderung von Lichtemissionen lassen sich sehr gut mittels räumlicher Datenerhebung identifizieren, darstellen und analysieren. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die Verfahren und diskutiert Möglichkeiten zur Quantifizierung von Lichtverschmutzung.

2. Messung der räumlichen Verteilung von Lichtverschmutzung

Auf die zunehmende Erhellung des Nachthimmels durch künstliche Beleuchtung in Städten (engl. *skyglow*) wurden zunächst Astronomen aufmerksam. In den 1970er Jahren haben sie die ersten Messungen zur Lichtverschmutzung durchgeführt. Die Himmelshelligkeit wird mit Lichtmessgeräten (*Sky Quality Meter*, SQM) oder anderen photometrischen Methoden aufgenommen und kann anschließend räumlich und zeitlich analysiert werden. Karten helfen dabei, die räumlichen Muster und die Ausbreitung des Lichtdoms zu veranschaulichen.

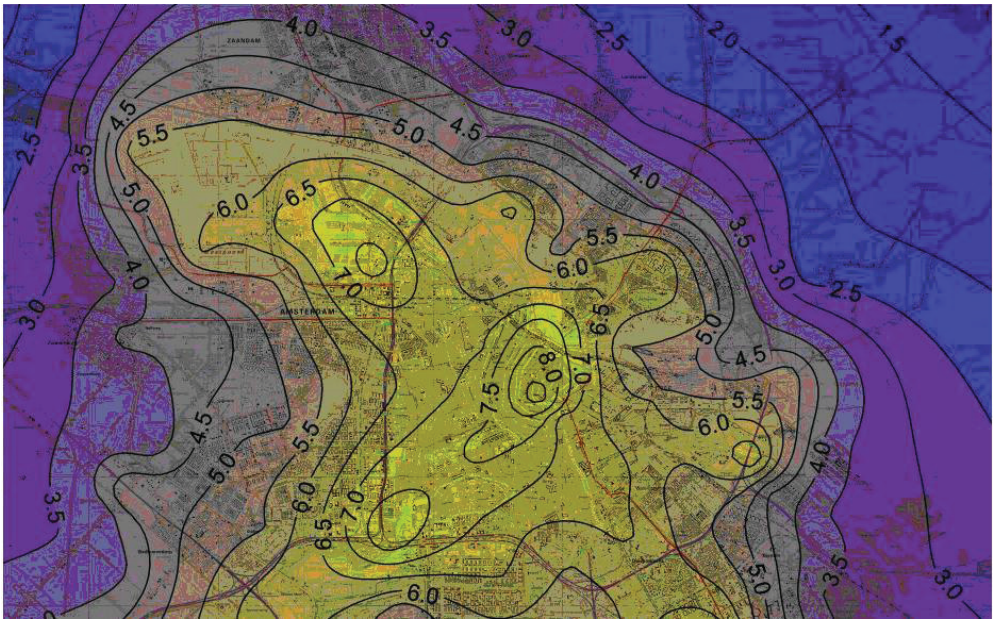

Abbildung 1: Karte mit Isolinien der Himmelshelligkeit (in mcd/m^2) für die Stadt Amsterdam

Quelle: Spoelstra & Schmidt im Auftrag der Stadt Amsterdam 2010:
http://www.amsterdam.nl/publish/pages/316255/lichtvervuiling.jpg

Daten zur Himmelshelligkeit werden an vielen Orten der Welt fast täglich aufgenommen und gesammelt, wie beispielsweise bei der Messnetzkampagne *SQM-Network*. Ein erster Eindruck über die Lichtverschmutzung kann aber schon allein durch einfaches Zählen der sichtbaren Sterne eines Sternbildes gewonnen werden, wie dies im Rahmen der internationalen Bürgerkampagne *GLOBE at NIGHT* durchgeführt wird.

Darüber hinaus können mit Hilfe von Satelliten flächendeckende Informationen über Lichtemissionen gewonnen werden. So liefert seit über 20 Jahren das *Operational Linescan System* des *Defense Meteorological Satellite Program (DMSP-OLS)*, der weniger bekannte argentinische *Satelite de Aplicaciones Cientificas* (*SAC-D)* und das neue im Oktober 2011 in Betrieb gegangene *Visible/Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS)* auf dem Wetter- und Umweltsatelliten *Suomi NPP* weltweite Daten von der Erde bei Nacht.

Auch Astronauten der *Internationalen Raumstation ISS* dokumentieren die nächtliche Situation von vielen Städten. Mit der Mission *Nightsat* und *Nightpod* sind weltweit beeindruckende Nachtaufnahmen entstanden.

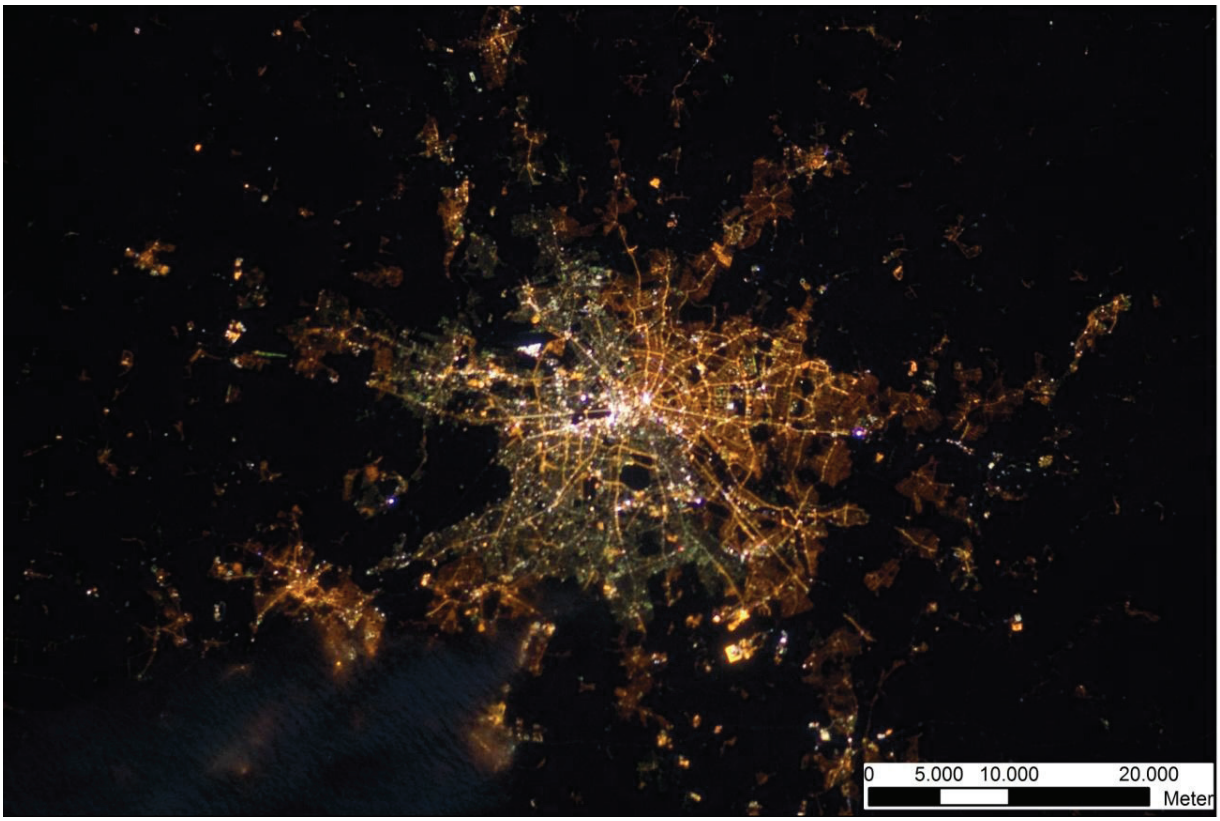

Abbildung 2: Berlin bei Nacht von der Raumstation ISS 2012 (Maßstab 1 : 500.000)

Quelle: ESA/NASA, 2012

Nachtaufnahmen in weit höherer Auflösung können mit flugzeuggestützten Luftbildern erreicht werden. Diese existieren bisher jedoch nur für wenige Städte, wie zum Beispiel die Aufnahmen des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* von München oder die des Projektes *Verlust der Nacht* über Berlin.

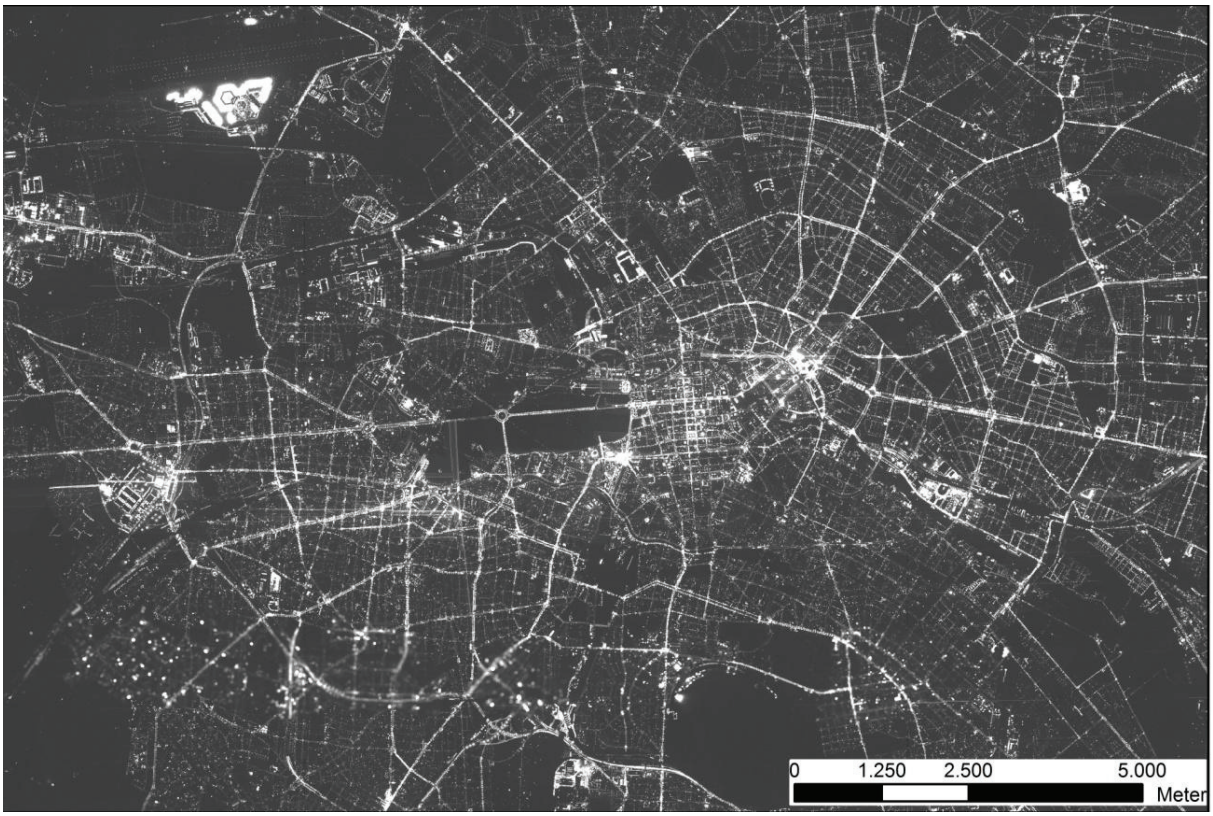

Abbildung 3: Luftbildaufnahme von Berlin bei Nacht (Maßstab 1 : 100.000)

Quelle: IGB/ FU Berlin, 2010

3. Räumliche Analyse von Lichtquellen

Eine räumliche Analyse der Lichtquellen und Lichtintensitäten wurde bislang nur in einigen wenigen Pilotprojekten durchgeführt. Manchmal bieten besondere Ereignisse oder Veranstaltungen auch interessante Analysemöglichkeiten: Wenn es beispielsweise zu einem länger andauernden Stromausfall kommt oder einzelne Beleuchtungsarten für kurze Zeit abgeschaltet werden. So halbierte sich in Reykjavik (Island) die Himmelshelligkeit als die Straßenbeleuchtung anlässlich eines Filmfestivals für kurze Zeit abgeschalten wurde (Hiscocks und Guðmundsson 2006).

Die bis heute zuverlässigste aber zugleich auch aufwändigste Methode Lichtemissionen zu ermitteln, ist die so genannte bodengestützte Untersuchung, bei der jede einzelne Lichtquelle untersucht wird. In Flagstaff (USA) ergab eine solche Untersuchung, dass die gesamte Lichtverschmutzung der Stadt zu 36 Prozent von kommerzieller Beleuchtung ausging. Beleuchtete Sportplätze trugen zu 32 Prozent zur nächtlichen Helligkeit bei, Verkehrswege zu zwölf und private Haushalte zu neun Prozent (Luginbuhl et al. 2009).

Die Auflösung der aktuell zur Verfügung stehenden Satellitendaten ist zu gering, um die Identifizierung einzelner Lichtquellen zu ermöglichen. Lediglich die Aufnahmen der Raumstation ISS könnten hierzu herangezogen werden.

Vom Flugzeug aus aufgenommene Luftbilder sind dagegen für Analysen der Lichtverschmutzung sehr gut geeignet (Levin und Duke 2012). Sie haben eine hohe Auflösung und sind im Vergleich zu bodengestützten Untersuchungen mit einem wesentlich geringeren Zeitaufwand verbunden.

Im interdisziplinären Forschungsverbund *Verlust der Nacht* wurde erstmals mit Hilfe von Luftbilddaten eine Analyse der Lichtemissionen von Berlin durchgeführt (Kuechly et al.

2012). In dem Untersuchungsgebiet, das 42 Prozent der Fläche der Stadt abdeckt, wurden unterschiedliche Stadtstrukturen, wie beispielsweise Straßen, Industriegebiete und Grünflächen, untersucht und besonders helle Lichtquellen identifiziert. Fast ein Drittel des nach oben gerichteten Lichtes kam dabei von Straßen, einschließlich der Straßenbeleuchtung, Auto-Schein-werfern und Werbeanzeigen. Der Anteil der Industrie- und Gewerbegebiete lag bei 16 Prozent und der von öffentlichen Gebäuden bei neun Prozent. Zu den besonders hellen Lichtquellen gehörten Innenstadtbereiche, wie beispielsweise der Potsdamer Platz, die aus ästhetischen Gründen oder zu Werbezwecken besonders stark beleuchtet sind, sowie Flughäfen und Baustellen, bei denen die Beleuchtung vor allem der Betriebssicherheit dient. Wälder, Park-anlagen und Friedhöfe bildeten im Kontrast dazu wertvolle Dunkelräume in Berlin.

4. Ausblick

Die Identifizierung der Hauptemittenten könnte vor allem bei der Planung von Handlungsmaßnahmen zur Verminderung der Lichtverschmutzung in einer Region herangezogen werden. Gerade bei der Beleuchtung von öffentlichen Räumen, wie Verkehrswegen und Gebäuden hat die Politik die größten Einflussmöglichkeiten. Die Erarbeitung von Lichtkonzepten in vielen deutschen Städten wie auch in Berlin zeigt, dass die Bereitschaft besteht, öffentliche Beleuchtung in urbanen und naturnahen Raumtypen zu regulieren. Hoch aufgelöste Nachtaufnahmen können hierbei die Konzeptualisierung und Priorisierung von Maßnahmen entscheidend unterstützen.

Literatur

Doll CNH (2008): CIESIN Thematic Guide to Night-time Light Remote Sensing and its Applications. CIESIN Thematic Guide to Night-time Light Remote Sensing and its Applications: 1-2.

Hiscocks PD, Guðmundsson S (2010): The contribution of street lighting to light pollution. J. Roy. Astron. Soci. Can. 104: 190-196.

Kuechly HU, Kyba CCM, Ruhtz T et al. (2012): Aerial survey and spatial analysis of sources of light pollution in Berlin, Germany. Remote Sens. Environ. 126: 39-50.

Luginbuhl CB, Lockwood GW, Davis DR et al. (2009): From the ground up I: Light pollution sources in Flagstaff, Arizona. Publ. Astron. Soc. Pac. 121: 185-203.

Levin N, Duke Y (2012): High spatial resolution night-time light images for demographic and socio-economic studies. Remote Sens. Environ. 119: 1-10.

Links

DLR: http://www.dlr.de/eoc/en/DesktopDefault.aspx/tabid-5475/13188_read-33514/gallery-1/gallery_read-Image.60.20900/

ESA/NASA (2012): Tracking cities at night from the Space Station. http://www.esa.int/SPECIALS/PromISSe/SEM3HNEWF0H_0.html

Globe at Night: http://www.globeatnight.org/map/

Nightpod: http://www.esa.int/esaHS/SEM3HNEWF0H_iss_0.html

Nightsat: http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/nightsat.html

NOAA OLS – Operational Linescan System: http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/sensors/ols.html

P.M. Magazin, TNS-Emnid (2002): http://www.presseportal.de/pm/24835/405697/grune_jahr_p_m_magazin?search=nachts+wird+zu+viel+Energie+verschwendet

SQM-Network: http://www.sqm-network.com