



## **Die dunkle Seite des Lichts – Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen**

### **Zusammenfassung von Maria Liebrecht**

Der Großteil aller Organismen hat sich im Laufe der Evolutionsgeschichte an den Rhythmus des hellen Tages und der dunkeln Nacht angepasst. Erst vor rund 100 Jahren begann der Mensch seine Umwelt mit künstlichem Licht zu beleuchten, wodurch ein globaler heller Nachthimmel geschaffen wurde. Viele Organismen werden dadurch mit Lebensbedingungen konfrontiert, auf die sie sich evolutionsbiologisch noch nicht einstellen konnten (Hölker, 2013). Die rasante und weltweite Zunahme der Lichtverschmutzung hat viele Landschaften maßgeblich verändert und wirkt sich gravierend auf die Umwelt aus.

Die meisten Arten haben durch die Taktgeber Hell und Dunkel innere Uhren entwickelt, die durch die Wahrnehmung des natürlichen Tag-Nacht-Zyklus synchronisiert wurden (Hölker, 2013). Verschiedenste Mechanismen haben sich an diesen Rhythmus angepasst, wie z.B. Stoffwechsel, Hormonausschüttung, Wachstum oder Verhalten. Durch den Einfluss des künstlichen Lichts – können je nach spektraler Zusammensetzung – physiologische Reaktionen und Verhaltensantworten hervorgerufen werden, die einen negativen Einfluss auf Nahrungssuche, Paarungs- und Wanderverhalten sowie Fortpflanzungserfolg und Fitness haben (Navara and Nelson, 2007).

Ein Überblick über die wichtigsten Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zu den Auswirkungen von künstlichem Licht soll die Dringlichkeit des Handlungsbedarfs zu weniger Licht verdeutlichen.

### **Auswirkungen auf den Menschen:**

Das Hormon Melatonin wird abends in der Epiphyse bei niedriger Helligkeit produziert und ist für die Steuerung des menschlichen Tag-Nacht-Rhythmus verantwortlich. Das Hormon leitet die Ruhephase des Körpers ein, bewirkt Müdigkeit und ist für die Entschleunigung vieler Stoffwechselfvorgänge verantwortlich. Erhöht sich das Helligkeitsniveau am Morgen, werden die Ganglienzellen vom Licht stimuliert, wodurch die Melatoninproduktion wieder reduziert wird. Parallel dazu wird die Sekretion der Hormone Serotonin und Cortisol erhöht, wodurch der Körper und seine Funktion wieder aktiviert werden, denn diese Hormone wirken stimmungsaufhellend und motivierend. Senkt sich abends wieder das Helligkeitsniveau, so beginnt wieder die Melatoninproduktion und die Hormonproduktion von Serotonin und Cortisol wird wieder gesenkt. Dieser Kreislauf beschreibt im Wesentlichen den circadianen Zyklus (Goronczy, 2018).



- Bei einem Experiment wurde gezeigt, dass Probanden, die kurzwelligen Strahlungen ausgesetzt waren, weniger Melatonin gebildet haben als Testpersonen, die dem langwelligen Licht unterzogen wurden. Signifikante Melatoninunterdrückung fand insbesondere im bläulichen Bereich bei 460 nm statt, wohingegen die Wellenlängen > 550 nm keinen Einfluss auf die Melatoninproduktion haben. Der circadiane Rhythmus wird demnach nicht nur durch die Helligkeit, sondern auch durch die Wellenlänge der Strahlen gesteuert (Goronczy, 2018).
- Interessant ist auch die spektrale Zusammensetzung der kaltweißen LED. Diese besitzt in dem empfindlichen Wellenbereich bei 460 nm eine erhöhte Emission, womit diese Lichtquelle ohne Zweifel den circadianen Rhythmus beeinflusst (Goronczy, 2018).
- Melatonin ist unter anderem ein Krebsblocker und stärkt das Immunsystem. Wird es über den Tag bzw. in der Nacht zu wenig gebildet, ist diese Funktion entsprechend gemindert. Besonders das Brustkrebsrisiko bei Frauen steht unter Verdacht, zu steigen, wenn der Melatoninspiegel künstlich unterdrückt wird (Bullough et al. 2006, Glickmann et al. 2002, Kloog et al. 2008, Stevens et al. 2007, alle zitiert nach Goronczy, 2018).
- Eine Studie in Dänemark mit insgesamt 7.035 Frauen bestärkte den Verdacht, dass die Wahrscheinlichkeit an Brustkrebs zu erkranken, zusammen mit der Länge der Nachtarbeitszeit steigt. Schlussfolgernd konnte bei dieser Studie gezeigt werden, dass das Risiko an Brustkrebs zu erkranken steigt, umso länger man den natürlich circadianen Rhythmus und Melatoninspiegel unterdrückt. Ein wesentlicher Faktor, der zur Unterdrückung führt, ist die Kunstlichtbeleuchtung und die Aufhellung des Nachthimmels (Hansen 2001, zitiert nach Goronczy, 2018).
- Die Helligkeit einer leicht glimmenden Glühbirne bei Nacht lässt bereits nach 39 Minuten den Melatoninspiegel um 50 % sinken (Schulmeister et al. 2004, zitiert nach Goronczy, 2018).
- Sicher ist, dass Melatonin einen entscheidenden Einfluss auf das Krebswachstum und die Entwicklung hat. Bei einem Versuch des National Cancer Institute in Maryland wurden Krebstumore in Ratten implantiert. Davon wurde ein Teil der Ratten mit Melatonin behandelt, wobei das Krebswachstum dieser Ratten signifikant langsamer verlief als das der unbehandelten Tiere (Tamarkin et al. 1981, zitiert nach Goronczy, 2018).
- Versuche mit Ratten und Hühnern haben gezeigt, dass die Melatoninunterdrückung in der Nacht auch Auswirkungen auf den Stoffwechsel und die Entwicklung von Diabetes, Übergewicht und Herzinfarkt hat (vgl. Robbins et al. 1984, Rodriguez et al. 2007, Mustonen et al. 2002, alle zitiert nach Goronczy, 2018).



### Auswirkungen auf die Tierwelt:

Lichtverschmutzung stellt eine Gefährdung für *nachtaktive Tierarten* dar, die in Mitteleuropa 30% aller Wirbeltiere und sogar 60% aller Wirbellosen ausmachen (Hölker et al., 2010).

#### **Insekten:**

- *Milliarden von Insekten* werden durch Licht angezogen und unterliegen dem sogenannten „*Staubsaugereffekt*“ von **Beleuchtungen**. Sie müssen ihren Lebensraum verlassen, in dem sie oft nur dort ihr spezielles Nahrungsangebot finden. Zudem können sie dort nicht mehr ihrer Partnersuche nachgehen (Witting und Niekisch, 2014). Insekten sind an Lichtquellen eine leichte Beute an andere Tiere, sterben dort durch Verbrennungen oder Erschöpfung (Huemer et al., 2011). Nach Berechnungen von Eisenbeis (1999) sterben jährlich 150 Billionen Insekten an deutschen Straßenlaternen (Geiger et al., 2007).
- Straßenbeleuchtungen können *Barrieren für diverse Fluginsekten* darstellen. Da Attraktionsradien von Straßenlampen auf Nachtfalter ca. 23 m betragen, können bei einem herkömmlichen Abstand von 45 m Straßenbeleuchtungen Barrieren bilden (Degen et al., 2016, zitiert nach Schroer, 2018 Oberösterreichischer Umweltkongress).

#### **Vögel:**

- *Zwei Drittel* aller sonst meist *tagaktiven Vogelarten* wandern nachts, da sie den Tag nutzen, um Energievorräte für den Weiterflug aufzufüllen. Ganz wesentlich ist in der nächtlichen Orientierung der Sternenhimmel. Durch künstliche Beleuchtungen werden sie irritiert, kommen von ihrer Flugbahn ab und werden durch künstliche Beleuchtung in den Tod gelockt, weil sie geblendet, gefährliche Hindernisse nicht erkennen können oder im Lichtschein gefangen sind und stundenlang ihre Kreise ziehen, bis die Kräfte erschöpft sind (Posch et al., 2012).
- Die Schweizerische Vogelwarte Sempach hat bereits in den 1970er Jahren Probleme des *Reklamescheinwerfers* der Jungfraubahn auf einer Eiswand aufgeworfen. Dieser Scheinwerfer verursachte in Nebelnächten den Tod von tausenden *Zugvögeln* (BUWAL, 2005).
- *Plötzlich auftretende starke Lichtreize*, wie z.B. Skybeamer, wirken sich besonders negativ auf Vögel aus. In Schreckreaktionen *weichen Zugvögel* bis 45° von ihrer Route ab und reduzieren gleichzeitig die Geschwindigkeit. Durch Umwege gehen jedoch wertvolle Energiereserven verloren, auf welche die Tiere bei Ihrem Flug über das Mittelmeer und die Sahara dringend angewiesen sind (BUWAL, 2005).
- Eine Studie von Bruderer et al. (1999) zeigte die breite Variation möglicher Reaktionen von Zugvögeln durch den Einfluss von Licht. 25% der Vögel zeigten keine offensichtliche Reaktion; in 54% der Fälle verschob sich die Hauptrichtung weg von der Lichtquelle, 11% bewegten sich darauf zu, 7% zeigten Veränderung im Flug (durch Steigen oder Senken) und 3% verringerten die Geschwindigkeit.
- Deutsche Ornithologen berichten von der Notlandung von 2.000 Kranichen, die von *Flutlichtstrahlern* einer Ruine in Hessen (Ulrichstein) angezogen wurden. Mehrere



verwirrte Tiere flogen gegen die Mauer und starben. Ornithologen vermuten, dass die im Nebel irritierten Vögel das Flutlicht der Burgruine möglicherweise für eine große Wasserfläche hielten. Gerade bei schlechter Sicht wie Nebel, zieht der nächtliche Lichtstern über Städten Zugvögel magisch an (BUWAL, 2005).

- Die Auswirkungen der Beleuchtung des *Bonner „Post-Tower“* auf die Vogelwelt wurde von Oktober 2006 bis November 2007 beobachtet. Circa 1.000 Vögel (29 Arten) wurden im Untersuchungszeitraum an den erleuchteten Turm und Nebenanlagen gelockt und verloren dabei die Orientierung, *200 verunglückten dabei tödlich*. Sommergoldhähnchen und Rotkehlchen waren dabei besonders stark betroffen (Haupt, 2008).
- Insbesondere *Zugvögel* werden durch Kunstlicht abgelenkt. Nachts dient der Sternenhimmel als ihr Kompass, durch künstlich beleuchtete Strukturen werden sie irritiert und kommen von ihrer Flugbahn ab (Posch et al., 2012).

#### **Orientierung sonstiger Tierarten:**

- *Zugvögel, Fledermäuse* und *Wanderfischarten* (z.B. Lachs oder Aale) werden in ihrer Wanderung gestört und verlieren die Orientierung. Die Tiere verlieren dadurch wertvolle Zeit und verschwenden Energie, die im schlechtesten Fall nicht mehr zum Erreichen des Zielortes sowie für eine Fortpflanzung ausreichend ist (Hölker, 2013).
- *Frisch geschlüpfte Meeresschildkröten* halten die glitzernde Küstenpromenade für die sich im Meer spiegelnden Sterne. Statt ins offene Meer zu wandern, bewegen sie sich in Richtung Landesinnere und verenden dabei (Rich und Longcore, 2006).
- Kunstlicht durch beleuchtete Straßen können auch Lebensräume zerschneiden. Untersuchungen in Nordamerika haben gezeigt, dass *Pumas* künstlich erhellte Gebiete meiden und dadurch *wichtige Wildtierkorridore verloren* gehen (BUWAL, 2005).
- Nachtaktive Großsäuger, wie z.B. *Füchse, Rehe oder Dachse* meiden im Regelfall beleuchtete Räume. Dadurch *verringert* sich ihr *Aktionsradius* und *Nahrungsangebot*. Untersuchungen in der Schweiz zeigten, dass *beleuchtete Waldränder zehnmal seltener aufgesucht werden als unbeleuchtete Waldränder* (BUWAL, 2005).

#### **Fortpflanzung unterschiedlicher Tierarten:**

- Bei *Vögeln* könnte durch die künstliche Beleuchtung in der Nacht die Nestwahl beeinflusst werden. Die Nestdichte bei *Uferschnepfen* bis 300 Meter neben einer beleuchteten Straße war statistisch signifikant geringer als in unbeleuchteten Vergleichsflächen (De Molenaar et al., 2000).
- In einer Versuchsanordnung wurde beobachtet, dass *Frösche* mit dem Rufen aufhörten, als in einem nahegelegenen Stadion Flutlichtanlagen eingeschaltet wurden. Erst als die Tiere vom Licht abgeschirmt wurden, setzten sie ihre Rufaktivitäten fort (Longcore und Rich, 2004).
- Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Ornithologie in Seewiesen haben herausgefunden, dass *Vögel* unter nächtlicher Dauerbeleuchtung ihr Fortpflanzungsverhalten ändern. Männchen einiger Singvogelarten fangen unter Kunstlicht morgens früher an zu singen, weibliche Blaumeisen beginnen eher mit dem Brutgeschäft.



Blaumeisen-Männchen unter Kunstlichteinfluss sorgen außerhalb ihrer festen Partnerschaft für mehr Nachwuchs (Kempnaers et al., 2010).

- Der Laichschlupf des Atlantischen Lachs (*Salmo salar*) verzögert sich bis zu zwei Tage, wodurch eine Beeinträchtigung der Populationen entsteht, weil der Druck durch Räuber für Einzelgänger wächst (Riley et al., 2015, zitiert nach Schroer, 2018 Oberösterreichischer Umweltkongress)
- Bei Singvögeln beginnt die Reproduktionsphase 22 Tage früher und der Abschluss der Reproduktionsphase 12 Tage früher (Dominoni et al., 2013, zitiert nach Schroer, 2018 Oberösterreichischer Umweltkongress).
- Die Veränderungen des Tag-Nacht-Rhythmus mindert die Häufigkeit von Trächtigkeit bei Mäusen (Summa et al., 2012, zitiert nach Schroer, 2018 Oberösterreichischer Umweltkongress).

### **Auswirkungen auf Pflanzen:**

- *Pflanzen, z.B. Bäume* werfen unter nächtlicher Beleuchtung ihre Blätter später ab, wodurch eine verspätete Vorbereitung auf den Winter folgt, Frostschäden und Schwächung können die Folge sein (Rich and Longcore, 2006).
- Bei *Pflanzen* nehmen Photorezeptoren das Licht wahr und steuern dadurch wesentliche biochemische Prozesse, wie z. B. das Stellen der inneren Uhr, Samenkeimung, Stängelwachstum, Blattausdehnung, Übergang vom vegetativen in den Blühstatus, Blütenentwicklung, Fruchtentwicklung und Alterung. Neben dieser jahreszeitlichen Rhythmik, lässt sich auch ein Tagesrhythmus, wie z. B. in der Atmungsaktivität sowie im Stofftransport erkennen. Die Bedeutung von Belichtungszeitpunkt kann in Versuchen gezeigt werden: Im Dauerlicht (24 h) erlahmt das Photosynthesevermögen bei manchen Arten. Störllicht in der Mitte der Dunkelphase kann bei Pflanzen die Blütenbildung verhindern (Hotz & Bontadina, 2007).
- *Schädlinge, Nützlinge und Bestäuber der Pflanzen* werden durch Kunstlicht beeinflusst. Einige Pflanzenarten sind auf die Bestäubung, wie z.B. Nachtfalter (Zweiblättrige Waldhyazinthe, Taubenkropf-Leimkraut) angewiesen. Bleibt eine Bestäubung aus, kann sich die Vegetationszusammensetzung verändern und sogar zu einem Artenschwund führen. Gefährdet sind insbesondere Pflanzen, die auf einzelne Bestäuber (Insektenarten) angewiesen sind (Hahn & Brühl, 2016).

Stand: März 2019

Maria Liebrecht, MSc, war von Frühling 2018 bis Sommer 2019 als Karenzvertretung bei der Landesumweltanwaltschaft tätig.



## **Literatur:**

Bruderer, B., Peter, D. & Steuri, T. (1999): Behaviour of migrating birds exposed to x-band radar and a bright light beam. *The Journal of Experimental Biology*, 202, 1015-1022.

BUWAL (2005): Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 37 Seiten.

De Molenaar, J. G., Jonkers, D.A. & Sanders, M. E. (2000): Road illumination and nature. III. Local influence of road lights on a black-tailed godwit (*Limosa l. limosa*) population. Wageningen, The Netherlands: Alterra.

Eisenbeis, G. (1999): Freiland Ökologische Untersuchungen zum Thema „Insektenfreundliche Außenbeleuchtung im kommunalen Bereich. Forschungsbericht, Mainz.

Geiger, A., Kiel, E., F., & Woike, M. (2007): Künstliche Lichtquellen – Naturschutzfachliche Empfehlungen. Herausgeber und Verlag: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Natur in NRW. Nr. 4/2007. Seite 46.

Goronczy, E.E. (2018): Lichtverschmutzung in Metropolen. Analyse, Auswirkungen und Lösungsansätze. Verlag Springer, Seiten 154.

Haupt, H. (2008): „Post Tower“ und Vogelwelt. *Charadrius* 45, Heft 1, 2009: 1 [http://www.lichtverschmutzung.de/dokumente/PostTower\\_und\\_Vogelwelt.pdf](http://www.lichtverschmutzung.de/dokumente/PostTower_und_Vogelwelt.pdf)

Hahn, M. & Brühl, CA. (2016): The secret pollinators: an overview of moth pollination with a focus on Europe and North America. *Arthropod-Plant Interactions* 10:21-28. doi: 10.1007/s11829-016-9414-3.

Hotz, T. & Bontadina, F. (2007): Grundlagenbericht - Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Unpublizierter Bericht von SWILD als Grundlage für Grün Stadt Zürich und Amt für Städtebau Zürich. 79 Seiten.

Hölker, F., Wolter, C., Perkin E. & Tockner K. (2010): Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 681-682.

Hölker, F. (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für Ökosysteme und Biodiversität. Hrsg. in: Held, M., Hölker, F. & Jessel, B. (2013): Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 336. 188 Seiten.

Huemer, P., Kühtreiber, H. & Tarmann, G. (2011): Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nacht-aktive Insekten – Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol. Kooperationsprojekt Tiroler Landesumweltanwaltschaft & Tiroler Landesmuseen Betriebsgesellschaft m.b.H., 33 Seiten.

Kempnaers B., Borgström P., Loës P., Schlicht E. & Valcu M. (2010): Einfluss der Straßenbeleuchtung entlang eines Waldrandes auf das Singverhalten der Männchen von waldbütenden Singvogelarten. *Current Biology*, veröffentlicht online am 16. September 2010.

Longcore, T. & Rich, C. (2006): Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Covelo, California.





Longcore, T. & Rich, C. (2004): Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(4): 191-198.

Navara, K. J. & Nelson, R. J. (2007): The dark side of light at night: physiological, epidemiological and ecological consequences. *Journal of Pineal Research*. 43: 215-224.

Posch, T., Freyhoff, A. & Uhlmann, T. (2012): *Das Ende der Nacht: Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen*. Verlag John Wiley & Sons. 151 Seiten.

Schroer, S. (2018): Oberösterreichischer Umweltkongress 2018. G'scheites Licht für eine naturnahe Nacht. Session 3: Auswirkung von Lichtverschmutzung auf Natur und Gesundheit. Auswirkung auf unsere Ökosysteme.

Witting, R. & Niekisch, M. (2014): *Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 585 Seiten.

