

# VERLUST der NACHT



(So sieht die Milchstraße aus. Hätten Sie's gewusst?)

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2012

Zukunftsprojekt

**ERDE**

## Inhalt

Beteiligte Institute	2
Grußwort der Bundesministerin für Bildung und Forschung	3
Kurzinformationen und Zahlen zum Thema Lichtverschmutzung	4
Kulturgeschichte und Literaturwissenschaften	6
Astronomie – der Blick zu den Sternen	8
Forscherporträt Dr. Christopher Kyba	10
Chronobiologie – der Takt des Lebens	12
Forscherporträt Dr. Barbara Griefahn	14
Ökologie – Ökosysteme und Biodiversität	16
Forscherporträt Daniel Lewanzik	18
Ökonomie – Kosten und Nutzen künstlichen Lichts	20
Forscherporträt Dr. Dietrich Henckel	22
Lichttechnik	24
Forscherporträt Dr. Steffen Franke	26
Forscherporträt Stefan Heller	28
Gedanken zum Thema Licht, Dunkelheit, Nacht & Sterne	30
Bildquellen	32
Impressum	32



**IGB Berlin**  
Leibniz-Institut für  
Gewässerökologie  
und Binnenfischerei  
Müggelseedamm 310  
12587 Berlin  
Telefon: 030 - 64 18 15  
www.igb-berlin.de



**IZW Berlin**  
Leibniz-Institut für Zoo-  
und Wildtierforschung  
Alfred-Kowalke-Straße 17  
10314 Berlin  
Telefon: 030 - 5 16 80  
www.izw-berlin.de



**IfADO Dortmund**  
Leibniz-Institut für  
Arbeitsforschung  
an der TU Dortmund  
Ardeystraße 67  
44139 Dortmund  
Telefon: 02 31 - 1 08 40  
www.ifado.de



**AIP Potsdam**  
Leibniz-Institut für  
Astrophysik Potsdam  
An der Sternwarte 16  
14482 Potsdam  
Telefon: 03 31 - 749 90  
www.aip.de



**UFZ Leipzig**  
Helmholtz-Zentrum  
für Umweltforschung  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig  
Telefon: 03 41 - 23 50  
www.ufz.de



**INP Greifswald**  
Leibniz-Institut für Plasmaforschung  
und Technologie  
Felix-Hausdorff-Straße 2  
17489 Greifswald  
Telefon: 03834 - 55 43 00  
www.inp-greifswald.de



**IRS Erkner**  
Leibniz-Institut für  
Regionalentwicklung  
und Strukturplanung  
Flakenstraße 28 - 31  
15537 Erkner  
Telefon: 033 62 - 79 30  
www.irs-net.de



**ISR TU Berlin**  
Technische Universität Berlin  
– Institut für Stadt- und Regionalplanung  
Fachgebiet Stadt- und Regionalökonomie  
Hardenbergstraße 40 A  
10623 Berlin  
Telefon: 030 - 31 42 80 84  
www.isr.tu-berlin.de



**LI-TU Berlin**  
Technische Universität Berlin  
– Institut für Energie- und  
Automatisierungstechnik  
Fachgebiet Lichttechnik  
Einsteinufer 19  
10587 Berlin  
Telefon: 030 - 31 42 22 77  
www.li.tu-berlin.de



**ISS-FU Berlin**  
Freie Universität Berlin  
– Institut für Weltraumwissenschaften  
Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10  
12165 Berlin  
Telefon: 030 - 83 85 66 66  
www.fu-berlin.de/iss

## Grußwort

Schon seit Urzeiten will der Mensch Licht ins Dunkel bringen, zunächst mit Feuer und Fackeln, dann mit Gaslaternen und heute mit LEDs und Energiesparlampen. Mit der Einführung des elektrischen Lichts ging die Nacht nach und nach verloren. Dabei wird beim Einsatz künstlichen Lichts hauptsächlich der Nutzen gesehen. Doch was geschieht, wenn die natürliche Nacht verbannt, wenn die Nacht zum Tag gemacht wird?

Künstliches Licht bewirkt Veränderungen im Verhalten vieler Tiere und beeinflusst ganze Ökosysteme. Mediziner und Chronobiologen sehen im Verlust der Nacht eine Bedrohung für den natürlichen Schlaf-Wach-Rhythmus. Untersuchungen zeigen Verbindungen zwischen der 24-Stunden-Gesellschaft und Zivilisationskrankheiten wie Störungen des Herzkreislaufsystems, Diabetes und Krebs.

Insbesondere Lichtverschmutzung ist ein komplexes, sozial-ökologisches Problem, dem bisher in seiner disziplinären Breite zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Um besser zu verstehen, welche ökologischen und medizinischen Folgen künstliches Licht in der Nacht hat, fördern wir den in seiner Zusammensetzung und Ausrichtung einzigartigen interdisziplinär

aufgestellten Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ im Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“. In dem Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ bringen 10 Forschungseinrichtungen das Wissen von Naturwissenschaftlern, Gesellschaftswissenschaftlern, Stadtplanern und Ingenieuren zu einem beispielhaften, transdisziplinären Projekt zur Erforschung des künstlichen Lichts und seiner Auswirkungen bei Nacht zusammen. Dabei werden auch die negativen Folgen für Mensch und Natur durch die sogenannte Lichtverschmutzung untersucht.

Dieser Forschungsansatz hat Früchte getragen. In den vergangenen vier Jahren ist der Verbund international zu einem wichtigen Ansprechpartner zum Thema Lichtverschmutzung geworden. Insbesondere durch die BMBF-Kampagne im Wissenschaftsjahr 2012 „Zukunftsprojekt Erde“ konnte der Verbund Forschungsergebnisse und -ansätze erfolgreich einer breiten Bevölkerung nahebringen. Einen Überblick über das Thema Lichtverschmutzung und die konkrete Forschung von „Verlust der Nacht“ gibt diese Broschüre, die einen interessanten Einstieg ermöglicht in ein spannendes Forschungsfeld von großer gesellschaftlicher Bedeutung.

Prof. Dr. Johanna Wanka  
Bundesministerin für Bildung und Forschung

- Als Lichtverschmutzung bezeichnet man die Verschmutzung des natürlichen nächtlichen Lichts von Mond und Sternen durch künstliche Lichtquellen.
- Die Lichtverschmutzung, gemessen an der Lichtemission in den Welt- raum, steigt jährlich um 3-6% an.
- 7% des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland werden für Innen- und Außenbeleuchtung aufgewendet. Das entspricht 2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> oder der vierfachen Energieproduktion des Kernkraftwerks Brock- dorf.

## Kurzinformationen und Zahlen zum Thema Lichtverschmutzung

- Der weltweite Energieverbrauch für Beleuchtung verursacht 1900 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.
- Seit Juli 2013 regelt ein Gesetz die kommerzielle und ästhetische Beleuchtung in Frankreich zwischen 1:00 und 7:00 Uhr. Dadurch sollen 3 Twh/Jahr, also in etwa 335.000 Tonnen CO<sub>2</sub>/Jahr eingespart werden können.
- In den USA und Kanada sterben laut Schätzungen bis zu 7 Millionen Vögel pro Jahr durch Kollision mit beleuchteten Funktürmen.
- Laut einer EMNID-Umfrage haben 1/3 der Deutschen noch nie die Milchstraße gesehen. Bei den Unter-Dreißig-Jährigen waren es sogar 40% der Befragten.
- In einer dunklen Nacht kann man 3000-4000 Sterne sehen. In einer hellen Stadt gerade mal 100.



- Die energieeffizientesten Lampen sind die gelben Natriumdampf- Niederdrucklampen mit 180 Lumen/Watt. Sie ziehen auch am wenigsten Insekten an. Wegen ihres monochromatisch gelben Lichtes sind sie aber eher unbeliebt.
- „Bei etwa acht Millionen Straßenlaternen in Deutschland werden in einer Sommernacht Milliarden von Insekten ihrem Lebensraum entzogen.“

Beispiele für Beleuchtungsstärken:

Heller Sonnentag	100.000 - 200.000 Lux
Bedeckter Wintertag	3.500 Lux
Büro- / Zimmerbeleuchtung	500 Lux
Wohnzimmerbeleuchtung	50 Lux
Straßenbeleuchtung	10 - 100 Lux
Vollmondnacht	weniger als 0,5 Lux
Sternklarer Nachthimmel	0,001 Lux
Bewölkter Nachthimmel	0,00013 Lux

## Kulturgeschichte und Literaturwissenschaften

Licht löst überwiegend positive Assoziationen aus. In Religion, Philosophie und Literatur gilt es als Sinnbild der geistigen und spirituellen „Erleuchtung“ – man denke nur an das vielbeschworene „Licht der Aufklärung“. Auch die künstliche Beleuchtung war von Beginn an Teil dieser Symbolik. Brachten Jahrhunderte lang Fackeln, Kerzen und Öllampen ein eher bescheidenes Licht ins Dunkel, so konnte die Nacht spätestens mit der Etablierung des elektrischen Lichts seit den 1880er Jahren gleichsam zum Tage gemacht werden. Diese Revolution der Beleuchtungssysteme trug ganz erheblich zum Wandel der Arbeits- und Lebensweisen in der Industriegesellschaft bei und ermöglichte nicht nur Nacht- und Schichtarbeit, sondern auch neue Vergnügungsmöglichkeiten. Das elektrische Licht wurde geradezu zum Symbol der Moderne, von Fortschritt, Wohlstand und einer aufregenden, glitzernden Großstadtkultur. Metropolen wie die „Elektropolis“ Berlin waren nicht nur faktisch Orte umfassender künstlicher Beleuchtung, sie wurden als solche auch bewusst in Szene gesetzt (vgl. Werbewoche „Berlin im Licht“ 1928).

Je mehr die hell erleuchtete (städtische) Nacht zum Normalfall wurde, desto stärker wurde Dunkelheit – und damit auch die „finstere Nacht“ – mit negativen Erscheinungen wie (ländlicher) Rückständigkeit, Krieg (Verdunkelung), Chaos (Stromausfälle) und Not (Energieknappheit) in Verbindung gebracht. Freilich war die negative Beurteilung von Nacht und Dunkelheit nicht universal. So ehrten nicht nur die Romantiker die Nacht als Zeit der Introspektion, der Geheimnisse und der Liebenden, die erst im Schutz der Dunkelheit zueinander finden können. Auch die negativen Effekte der neuartigen künstlichen Beleuchtung auf Mensch und Tier, Stadtbild und Landschaft

wurden früh thematisiert, etwa die Blendungswirkung der ersten Elektrolampen, die anfangs ein äußerst grelles Licht ausstrahlten. So kritisiert der schottische Dichter Robert Louis Stevenson schon 1878 angesichts



Francois Kollar. Die Lichter der Stadt. Werbung für Ovomaltine. 1932.  
Fotomontage. Privatsammlung.

erster Experimente mit elektrischer Beleuchtung im öffentlichen Raum von Paris das neue Licht als „alpträumerhaft“ und dem nächtlichen Flanieren und Philosophieren äußerst abträglich: Es scheint als ob die gerade erst gewonnene Nacht bereits im 19. Jahrhundert durch ‚zu viel‘ und ‚falsches‘ Licht wieder verlorenzugehen drohte.

Auch Natur- und Heimatschützer wandten sich immer wieder gegen die nächtliche Illumination von Gebäuden oder das künstliche Licht in der Landschaft (z. B. Flutlichtanlagen). Besonders heftig wurde in den 1910er und 20er Jahren die Leuchtreklame als „Verschandelung“ des Stadtbildes attackiert. Diese Proteste führten bereits zu dieser Zeit zur Verabschiedung erster Regelwerke gegen den unkoordinierten Lichterwettbewerb in den urbanen Zentren. Geschichte, Kunst und Literatur spiegeln also einerseits die Anziehungskraft der neuen Beleuchtungsträger, andererseits aber auch kulturkonservative Aversionen gegen die von ihnen geprägte Großstadtmoderne. Die Faszination der illuminierten Nacht, aber auch die Kritik von

„Lichtverschmutzung“ sind somit beides keine neuen Phänomene, sondern besitzen eine lange historische und literarische Tradition.

Ute Hasenöhr (IRS)

Susanne Bach (Universität Kassel)

Folkert Degenring (Universität Kassel)

# ASTRONOMIE

– der  
Blick  
zu  
den  
Sternen

**A**stronomie ist eine faszinierende „Zumutung“, und das seit tausenden von Jahren. Die Betrachtung des Himmelsgeschehens, der Lauf von Sonne, Mond und Planeten, der damit zusammenhängende Wechsel der Jahreszeiten, das Auftreten von Sonnen- und Mondfinsternissen sowie der Wechsel des Sternenhimmels im nächtlichen und jährlichen Rhythmus haben Menschen seit jeher bewegt, über das Universum als Ganzes und ihre Stellung darin nachzudenken. Eine neue Interpretation bekannter Phänomene oder neue Entdeckungen aufgrund veränderter Beobachtungsmethoden muteten der Menschheit zum Teil sehr schmerzhaft Neuorientierungen zu. Die kopernikanische Wende („Und sie bewegt sich doch“) ist darin nur ein, wenn auch besonders einprägsames und weithin bekanntes Beispiel.

Die scheinbar regelmäßigen Bewegungen von Sonne, Mond und der Erde haben menschlichem Handeln den Takt vorgegeben. Als die Zeit beherrscht und durch die Konstruktion genau gehender Uhren beliebig verfügbar war, war auch das Problem der Navigation auf hoher See allein durch die Beobachtung von Sternen gelöst.

Die Erfindung des Teleskops hat den Prozess der Welterkenntnis enorm vorangetrieben. Nicht nur, dass man einsehen musste, dass die Erde sich um die Sonne dreht. Die Sonne entpuppte sich als ein ziemlich normaler Stern unter Milliarden von anderen Sternen, die gemeinsam unsere Milchstraße, unsere Galaxis, bilden.

Aber auch unsere Milchstraße ist nur eine unter vielen Milliarden anderer Welteninseln, die aufgrund eines riesigen Anfangsschwunges voneinander wegstreben. Die allgemeine Expansion des Universums, die rätselhafte Dunkle Materie, die vielleicht noch merkwürdigere Dunkle Energie, sie alle wurden durch intensives, geduldiges Beobachten von Himmelskörpern gefunden und werden in einem sich ändernden Weltbild interpretiert.

Die heutige Astronomie sucht nach extrasolaren Planeten, sie ringt um ein Verständnis der sich im Laufe der kosmologischen Epochen herausgebildeten Strukturen, sie sucht nach Erklärungen für die Dunkle Energie, die den Energiehaushalt des Universums beherrscht, um nur einige herausragende Beispiele gegenwärtiger astronomischer Forschung zu nennen.

Um Astronomie betreiben zu können, muss man die Sterne sehen können. So banal das auch klingen mag, es ist keine Selbstverständlichkeit. Der in unseren Ortschaften und insbesondere in den Ballungsräumen verbreitete Lichterglanz produziert einen permanenten Dämmerungshimmel, in dem genauso wie in der natürlichen Dämmerung die leuchtschwachen Sterne und Nebel untergehen. Die Folgen aus dem zunehmend vorhandenen Streulicht, für die berufsmäßige Astronomie ist es Lichtmüll, sind weitreichend. Auf der Flucht vor dem Regen und der überall verbreiteten Lichterflut ist daher die Berufsastronomie in die entlegensten und

unwirtlichsten Ecken unseres Planeten oder gar in den Weltraum ausgewichen. Diese Art Astronomie ist nur wenigen Spezialisten vorbehalten und sie ist teuer. Sie beschert uns jedoch nach wie vor die unwälzenden Erkenntnisse zum Bau des Universums. Aber auch die entlegensten Beobachtungsstandorte sind gefährdet und müssen durch entsprechende Beleuchtungsverordnungen vor unerwünschtem Streulicht geschützt werden.

Die Hobbyastronomen und alle anderen verbleiben mit dem ‚Resthimmel‘. In den Zentren unserer Städte sind selbst bei klarem Himmel nur noch einige Dutzend Sterne erkennbar im Vergleich zu einigen Tausend an einem Standort, der nicht lichtverschmutzt ist. Gestützt auf Beobachtungen der Lichtabstrahlung aus dem Weltraum kann man schließen, dass etwa die Hälfte der Europäer prinzipiell nicht in der Lage ist, die Milchstraße am Nachthimmel zu erkennen. Der Anblick eines sternübersäten Nachthimmels und der Milchstraße als natürliches Phänomen war jedoch noch vor 100 Jahren ganz selbstverständlich.

Das Foto auf der gegenüberliegenden Seite mag als Gleichnis dienen. Die im Tal sitzen nicht im Dunkeln, sie sitzen im selbstgemachten Hellen und sind damit nicht in der Lage, das Wunder über ihren Köpfen zu entdecken.



Vielleicht sind die sogenannten Sterneparks ein Weg nach vorn. Derlei Dark Sky Parks sind in der Schwäbischen Alb, der Eifel, der Rhön, und im Westhavelland geplant. Einerseits helfen sie, sich der Entfremdung von den natürlichen Lebensgrundlagen bewusst zu werden, andererseits aber werden die verbliebenen guten Beobachtungsstandorte in Deutschland geschützt. Durch Information kann dabei eine Akzeptanz für den Schutz des Nachthimmels als Kulturgut erreicht und durch die Entwicklung von Infrastruktur ein heimischer Astrotourismus entwickelt werden.

Axel Schwope (AIP)

## FORSCHERPORTRÄT

Skyglow, Lichtsmog, Himmelshelligkeit, Lichtglocke, Himmelsglühen, Lichtdom – viele Synonyme, ein Experte: Dr. Christopher Kyba, Wissenschaftler an der Freien Universität zu Berlin, erforscht die nächtliche Helligkeit über Städten und hat sich für Verlust der Nacht insbesondere mit dem Himmel über Berlin beschäftigt.

# „Ich hörte nachts die Vögel singen“



*Sie messen Himmelshelligkeit. Was für eine Idee steckt dahinter, wem soll das nutzen?*

Meine Vision ist, in wenigen Jahren eine Website bereitstellen zu können, auf der beispielsweise eine Biologin einen beliebigen Ort eingibt und die Information erhält, wie hell es dort ist, und zwar für eine klare und eine bewölkte Nacht. Diese Unterscheidung ist wichtig, denn einige Tierarten sind evolutionär darauf ausgerichtet, dunkle Nächte zur Verfügung zu haben, und das waren vor der Erfindung des elektrischen Lichts die bewölkten Nächte. Inzwischen sind diese Nächte fast überall auf der Welt heller als die unbewölkten – Wolken reflektieren Lichtstrahlung. Wie hell bewölkte Nächte an verschiedenen Orten sind, dazu gibt es bislang jedoch kaum Daten.

*Woher kommen die Daten für Ihr Projekt?*

Wir arbeiten mit Angaben zur Himmelshelligkeit von Globe at Night, einem großen Citizen Science-Projekt, an dem sich Privatpersonen aus aller Welt beteiligen. Diese Daten werden verglichen mit der modellierten Annahme. Zwar weichen die einzelnen Angaben stark voneinander ab, der Mittelwert ist jedoch sehr genau. Wir konnten sogar schon dazulernen: Für einige Gebiete war die modellierte Schätzung zu hell. Im Mai 2013 haben wir zudem eine Android-App gestartet, mit der Smartphonebesitzer die Lichtglocke in ihrer Stadt messen können. Diese Daten werden ebenfalls über Globe at Night gesammelt. Und außerdem messen wir selbst die Himmelshelligkeit an sechs Orten in Berlin und Umgebung, unter anderem in Berlin-Steglitz und am Hackeschen Markt.

*Und, wie hell ist es in der City?*

Eine unbewölkte Nacht in Steglitz ist 10 Mal heller als in natürlicher Umgebung, und eine bewölkte nochmal 11 Mal heller als die unbewölkte Steglitzer Nacht. Wie hell die bewölkte Nacht in der Natur ist, dazu können wir im Moment noch keine gesicherte Aussage machen, weil es kaum unbesiedelte Orte in Europa gibt und wir noch nicht genügend Daten aus dem Projekt zusammen haben.

*Gibt es in einer Stadt wie Berlin überhaupt noch dunkle Orte?*

Generell sind Berlin und Deutschland allgemein im Vergleich zu Ländern wie die USA oder Spanien sehr sparsam beleuchtet. In Berlin sieht man nachts immer noch viel mehr Sterne als in London oder Madrid. So kann man auf dem großen, unbeleuchteten Feld im Park am Gleisdreieck oder

im Spreebogenpark gegenüber dem Hauptbahnhof überraschend gut Sterne beobachten, obwohl man mitten in der City steht.

*Auf Ihrer Website finden sich viele Nachtaufnahmen beleuchteter Orte in Berlin, zum Beispiel der Potsdamer Platz...*

... der nachts unglaublich hell erleuchtet ist. Als ich einmal für Messungen im Tiergarten unterwegs war und mich einer Wiese näherte, die an den Potsdamer Platz grenzt, hörte ich dort Vögel singen, weil es so hell war – und das mitten in der Nacht!

*Ein weiteres Bild zeigt Flutlichter, die zur Beleuchtung der Kirche am Südsterne in Berlin-Kreuzberg eingesetzt werden. Sie zeigen nach oben...*

... was ganz schlecht ist, allein schon wegen des Energieverbrauchs – hier wird eine Menge Licht erzeugt, aber nicht genutzt, denn die Scheinwerfer sind gar nicht auf die Kirche ausgerichtet. Wenn man neben ihr steht und nach oben blickt, sieht man den Himmel nicht mehr! Für Zugvögel können diese Flutlichter gefährlich sein. In vielen Kleinstädten ist die Kirche die wichtigste Quelle für den Skyglow, aber nicht weil sie beleuchtet wird, sondern weil sie schlecht beleuchtet wird. Ein Beispiel, wie man es besser machen kann, ist der Berliner Dom. Hier werden kleine, gut orientierte Lichter eingesetzt, die auf Besonderheiten ausgerichtet sind.

*Hat sich Ihre Sichtweise auf die Nacht durch das Projekt geändert?*

Ja, ich merke, dass die Nacht eigentlich ein Ort ist, wie das Meer oder die Berge. Sie ist ein Ort auf der Welt, den wir erforschen und beeinflussen können! Mit diesem Konzept sollten Wissenschaftler aller einschlägigen Disziplinen zusammenarbeiten, um die Nacht gemeinsam besser zu verstehen.

Die App zum Mitmessen: „Verlust der Nacht“, kostenloser Download für Android Smart Phones im Google Play Store.



# CHRONOBIOLOGIE

- Der Takt des Lebens



Seit Anbeginn des Lebens gibt es auf der Erde einen periodischen Wechsel zwischen Tag und Nacht. An diesen fundamentalen Rhythmus mussten sich die Organismen in vielerlei Hinsicht anpassen. Am offensichtlichsten ist dabei die Anpassung der Sinnesorgane an die unterschiedlichen Lichtverhältnisse, viel grundlegender ist jedoch, dass die gesamte Physiologie einem 24 Stundenrhythmus folgt.

Erzeugt wird dieser Rhythmus durch innere Uhren, die sehr exakt ticken – allerdings nicht im 24 Stundenrhythmus sondern, je nach Tierart, kürzer oder länger. Deshalb wird dieser Rhythmus zirkadian genannt (lat. circa = etwa, dies = Tag). Zu dem existieren in jedem Organismus mehrere Uhren mit unterschiedlichen Rhythmen. Damit alle diese Rhythmen miteinander und mit dem Sonntag übereinstimmen, müssen sie täglich synchronisiert werden. Dies geschieht durch Licht, weshalb Licht auch als Zeitgeber bezeichnet wird.

Bei Menschen und anderen Säugetieren sitzt die Masterclock, die übergeordnete Uhr, die den gesamten Körper kontrolliert, im Zwischenhirn, genauer genommen im Hypothalamus, oberhalb der Sehnerven. Die Struktur wird Nucleus Suprachiasmaticus, kurz SCN, genannt. Der SCN erhält über die Retina Informationen über die Helligkeit. Daran sind aber nicht die Stäbchen und Zapfen beteiligt, sondern andere Rezeptoren, die nichts mit der visuellen Wahrnehmung zu tun haben.

Sobald es dunkel wird, produziert der Körper das Hormon Melatonin. Es versetzt den Körper in einen Ruhezustand: Herz und Lunge arbeiten weniger, die Körpertemperatur sinkt ab, wir werden müde. Gleichzeitig wird unser Immunsystem aktiv und der Körper beginnt, sich von der Arbeit des Tages zu regenerieren.

Licht, selbst künstliches Licht, unterdrückt die Bildung von Melatonin. Während unsere Vorfahren den täglichen Wechsel von hellem Sonnenlicht von bis zu 200.000 Lux und bei Nacht von weit unter einem Lux erfuhren, leben wir heute in einem ständigen Dämmerlicht. Den Tag verbringen wir meist in Büros bei ca. 500 Lux, und nächtliche Beleuchtung liegt selten unter 10 Lux.

Dieser geringe Unterschied in der Lichtintensität erschwert die tägliche Synchronisierung unserer inneren Uhr – wir ticken dann nicht mehr richtig. Ein solcher Zustand wird als zirkadiane Disruption, also eine Unterbrechung des zirkadianen Rhythmus bezeichnet. Ein weiteres Beispiel für einen solchen Zustand ist der Jetlag. Oft sprechen wir heute vom sozialen Jetlag, da Schichtarbeit und nächtliche soziale Aktivitäten unseren biologischen Rhythmus unterdrücken. Die moderne 24-Stunden-Gesellschaft, die auf den ersten Blick viele ökonomische und lebensgestalterische Vorteile mit sich bringt, stellt also einen Eingriff in unsere grundlegenden Körperfunktionen dar.

Dass eine zirkadiane Disruption Schlafstörungen verursachen kann, verwundert nur wenig, doch die Folgen sind noch viel weitgreifender. Studien zeigen, dass in hellerleuchteten Gebieten und bei Schichtarbeitern das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes sowie Brust- und Prostatakrebs steigt. Da Melatonin einen direkten aktivierenden Einfluss auf unser Immunsystem hat, wird vermutet, dass wir durch nächtliches Licht allgemein anfälliger für Infektionen werden. Welchen Einfluss die nächtliche Beleuchtung im öffentlichen Raum hat, wird noch diskutiert. Einige Wissenschaftler vermuten im Licht den direkten Auslöser für die Erkrankungen, andere sehen das Außenlicht nur als eine Begleiterscheinung unserer Rund-um-die-Uhr-Lebensweise und vermuten größere Probleme durch die abendliche Innenbeleuchtung.

Die Produktion von Melatonin wird jedoch nicht durch jedes Licht unterdrückt, sondern nur durch Wellenlängen um 460 nm, also blauem Licht. Dieses Licht findet sich in Quecksilberdampf Lampen und weißen LEDs. Es signalisiert unserem Körper, wach zu bleiben und verhindert die Vorbereitung auf den Ruhezustand. Gelbes Licht, wie beispielsweise aus Natriumdampf Lampen oder Amber LEDs, hat nur geringen Einfluss auf die Melatoninproduktion.

Dass künstliche Außenbeleuchtung einen Einfluss auf die biologischen Rhythmen von Tieren hat, konnte in einigen Studien bewiesen werden. So verlassen manche Fledermausarten ihr Tagquartier später, wenn der Eingang beleuchtet ist. Dadurch bleibt weniger Zeit für die Nahrungssuche. Amseln hingegen beginnen in Städten verfrüht mit dem Morgengesang. Doch nicht immer fängt der frühe Vogel den Wurm – der schläft um diese Zeit nämlich noch.

Tödlich kann nächtliche Beleuchtung für manche Nager enden. Basierend auf dem zirkadianen Rhythmus folgen viele Körperfunktionen einem Jahresrhythmus. Dazu gehört unter anderem das Absenken der Stoffwechselrate als Vorbereitung für den Winter. Eine Studie in Israel zeigte, dass künstlich gleichmäßig gehaltene Tageslängen in einem Feld diese Umstellung verhinderten. Die Wühlmäuse erfroren. Wir beginnen gerade erst zu untersuchen, wie weitreichend die Auswirkungen künstliches Licht auf die innere Uhr vieler Organismen hat. Deutlich wird aber bereits jetzt, dass der Aspekt der Chronobiologie von Mensch und Tier nicht vernachlässigt werden sollte.

Annette Krop-Benesch (IGB)





FORSCHERPORTRÄT

## „Die Nacht muss wieder

Bereits seit Jahrzehnten forscht Univ.-Prof. em. Dr. med. Barbara Griefahn, Leiterin der Projektgruppe „Chronobiologie“ am Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo), zu Themen der Arbeits- und Gesundheitsmedizin. Bei Verlust der Nacht hat sie sich damit beschäftigt, welche Auswirkungen künstliche Beleuchtung in der Nacht auf den Menschen hat.



*Frau Professor Griefahn, Sie beschäftigen sich in Ihrer Forschung schon länger mit dem Thema Nacht, zum Beispiel in Untersuchungen zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Schichtarbeit. Was haben Sie in Ihrem Projekt für Verlust der Nacht herausgefunden?*

Wir wollten wissen, ob die Lichtintensitäten, denen Menschen in Städten nachts auf der Straße ausgesetzt sind, etwas an der Hormonproduktion ändern, das heißt insbesondere an der Produktion von Melatonin. Und wir haben herausgefunden, dass die Melatoninsynthese durch urbane Beleuchtungen etwas reduziert sein kann.

*Für welche Lichtintensität gilt dieser Befund?*

Für ein Beleuchtungsniveau ab 30 bis 50 Lux, was der nächtlichen Beleuchtung städtischer Straßen durch Laternen, Reklame, Schaufenster

## dunkler werden“

etc. entspricht. Lichtintensitäten, die darunter liegen, haben wir nicht untersucht. Da aber nicht alle Probanden auf diese geringen Intensitäten reagieren, gehen wir davon aus, dass es sich hier um eine Schwellenintensität handelt, oberhalb derer negative Folgen nicht mehr auszuschließen sind.

*Schildern Sie bitte, wie so eine Untersuchung abläuft – was müssen die Probanden tun?*

Wir haben unsere Probanden in der Zeit von 22 bis 6 Uhr untersucht, also während der Zeit, in der normalerweise das Hormon Melatonin gebildet wird. Die Probanden saßen – bei auf 30 bzw. 50 Lux eingestellter Beleuchtung – im Labor und waren angehalten, ihre Augen offen zu halten. Jede Stunde gaben sie eine Speichelprobe ab. Diese Probe untersuchten wir daraufhin, inwieweit die Melatoninsynthese beeinträchtigt ist. Und es zeigte sich, dass die Unterdrückung der Melatoninbildung zwar gering, aber nachweisbar ist.

*Was bedeutet das für die Gesundheit?*

Es bedeutet zunächst, dass die Melatoninsynthese nicht vollständig ist. Was dies im Einzelnen für Folgen hat, wissen wir noch nicht. Dazu bräuchte man großangelegte Untersuchungen mit einer vierstelligen Zahl von Probanden. Da jedoch Melatonin unter anderem das Wachstum

von Tumorzellen behindert, kann die Unterdrückung der Melatoninsynthese langfristig, das heißt über Jahrzehnte, zur Entwicklung von bösartigen Tumoren beitragen. Dieses Ergebnis war für mich durchaus überraschend: Als wir mit diesen Untersuchungen begannen, hätte ich nicht damit gerechnet, dass die Melatoninsynthese bereits bei einer so geringen Lichtintensität beeinträchtigt wird.

*Hat die verminderte Bildung von Melatonin noch andere Auswirkungen?*

Melatonin hat eine Vielzahl von Funktionen. Die Synthese dieses Hormons hat den schon erwähnten onkostatistischen Effekt, der das Wachstum von Tumoren hemmt; es synchronisiert alle physiologischen Funktionen im Körper auf einen 24 Stunden-Rhythmus. Zudem hat es gewisse Funktionen im Immunsystem sowie im Herz-Kreislauf-System, und auch die sexuelle Reifung wird von Melatonin mitgesteuert. Wenn es in geringerem Maße gebildet wird, fehlt Melatonin entsprechend bei all diesen Körperfunktionen. Nun sind chronische Erkrankungen multifaktoriell. Für den Herzinfarkt wurden z. B. mehr als 100 Risikofaktoren identifiziert. Den Beitrag der nächtlichen Beleuchtung und auch vieler anderer Risikofaktoren wie etwa des Lärms können wir derzeit nicht beziffern. Deswegen plädiere ich dafür, unsere Umwelt umfassend im Sinne einer Gesundheitsförderung zu gestalten, wobei die Reduktion der nächtlichen Beleuchtung nur ein Element sein kann.

*Sie sind schon emeritiert, aber immer noch in der Forschung aktiv. Macht Ihnen das so viel Freude?*

Ich bekomme für das, was ich hier tue, keinen einzigen Euro – es muss mir also wohl Freude bereiten, sonst täte ich das nicht. Zurzeit forsche ich viel über Schichtarbeit. Mein Ziel ist es, Lichtszenarien zu entwickeln, die den zirkadianen Rhythmus so beeinflussen, dass wir Schichtarbeit besser vertragen können. Auch hier bleibe ich dem Thema Nacht treu – der Tag-Nacht-Rhythmus hat einfach eine fundamentale Bedeutung für unsere Gesundheit.

# ÖKOLOGIE

16

## – Ökosysteme und Biodiversität

Der weltweite rasant zunehmende Einsatz von künstlichem Licht in den vergangenen Jahrzehnten hat viele Nachtlandschaften grundlegend verändert – und das mit vermutlich gravierenden Folgen für die biologische Vielfalt. Die Lichtverschmutzung – verstanden als die Verschmutzung der natürlichen nächtlichen Beleuchtungsverhältnisse durch künstliches Licht mit negativen Auswirkungen auf Organismen – nimmt zu, so dass viele Organismen in erdgeschichtlich kürzester Zeit mit Lebensbedingungen konfrontiert wurden, auf die sie sich evolutionsbiologisch noch gar nicht haben einstellen können.

Die überwiegende Zahl der Tiere und Pflanzen hat sich im Laufe der Evolution an den täglichen Wechsel von Hell und Dunkel angepasst. Zeiten der Nahrungssuche, Wanderung oder Ruhe wurden ebenso darauf ausgerichtet wie Zeiten der Partnersuche und Fortpflanzung. So sind rund 30% aller Wirbeltiere und mehr als 60% aller Wirbellosen nachtaktiv und von daher besonders von Lichtverschmutzung betroffen. Problematisch ist sowohl (i) der direkte Einfluss einer Leuchtquelle auf Tiere und Pflanzen als auch (ii) sogenannte Lichtlocken, die für ein erhöhtes Beleuchtungsniveau über und in den Städten verantwortlich sind.

(i) **Direktes Licht:** Punktuelle Leuchtquellen bewirken Verhaltensänderungen wie Desorientierung, Anlockung, Erstarrung oder Abschre-

ckung. Dies kann sich auf tägliche oder jahreszeitliche Wanderungen, Nahrungsaufnahme, Kommunikation und Fortpflanzung auswirken. So stellt beispielsweise Brückenbeleuchtung entlang von Flüssen eine potentielle Migrationsbarriere dar, bei der Wanderfischarten viel Zeit und Energie verbrauchen. Irritiert werden auch Vögel, die auf ihren Zügen einem Sternenkompas folgen, oder Insekten, wenn sie durch Straßenbeleuchtung desorientiert werden. Bei etwa acht Millionen Straßenlaternen in Deutschland werden Milliarden von Insekten ihrem Lebensraum entzogen („Staubsaugereffekt“) und können dort nicht mehr der Nahrungs- und Partnersuche nachgehen. Viele Insekten reagieren dabei besonders empfindlich auf kurzwelliges blaues und UV-Licht. Als Folge können sie Fischen und Vögeln als Nahrungsgrundlage fehlen. So kommt es zu einer Artenverschiebung, bei der es auch Profiteure gibt. Etliche Spinnenarten bauen ihre Netze bevorzugt an Straßenlaternen, um desorientierte und erschöpfte Insekten zu erbeuten. Auch einige Fledermausarten profitieren von angelockten Insekten. Nahrungsnetze werden somit durch Lichtverschmutzung verzerrt, und Ökosysteme können aus dem Gleichgewicht kommen. Die um licht sensible Insekten „beraubte“ Landschaft wird artenärmer.



(ii) **Lichtlocken:** Gegenwärtig wird der Nachthimmel weltweit durch einen 3 - 6 prozentigen Zuwachs an Beleuchtung jedes Jahr stetig heller. Verantwortlich dafür ist eine Vielzahl privater und öffentlicher Leuchtquellen. In Berlin kommt beispielsweise ein Drittel des nach oben gerichteten Lichtes von Straßen. Der Anteil der Industrie- und Gewerbegebiete liegt bei 16 Prozent. Dieses nach oben abgestrahlte Licht wird durch atmosphärische Moleküle, Aerosole und Wolken gestreut und zu einem großen Teil nach unten „reflektiert“ und lässt so den urbanen Himmel als Lichtglocke erscheinen. Besonders optisch dichte Wolken erhöhen das Beleuchtungsniveau dramatisch. Das Lichtniveau kann dann an eine Vollmond- oder Dämmerungssituation herankommen. Im Laufe der Evolution haben jedoch Wolken den Nachthimmel verdunkelt, da sie das Licht der Gestirne abschirmen. Seitdem der Mensch die Nacht künstlich beleuchtet, ist dies in städtischen Regionen genau umgekehrt, was wiederum Auswirkungen auf Ökosysteme haben kann. In Seen kann schon das Beleuchtungsniveau einer städtischen Lichtglocke die täglichen vertikalen Wanderungen des Zooplanktons deutlich beeinflussen. Als Folge der zunehmenden nächtlichen Beleuchtung können „Ökosystemeleistungen“ beeinträchtigt werden. Dazu zählen die Bestäubung von Wildpflanzen durch Nachtfalter, Käfer und Fledermäuse oder die Pro-

duktivität eines Ökosystems. Aber auch der kulturelle Wert einer dunklen Nacht geht durch Lichtverschmutzung für immer mehr Menschen verloren. Zudem sind evolutionäre Folgen zu erwarten. Künstliches Licht in der Nacht kann beispielsweise wichtige Selektionsfaktoren beeinflussen. Manch städtisches Meisenmännchen beginnt bei künstlichem Licht früher zu singen. Normalerweise haben Frühaufsteher bei der Paarung die besten Chancen, da sie als Partner Qualität versprechen. Wenn aber ein Irrläufer zu einem begehrten Liebhaber wird, gerät die natürliche Selektion durcheinander. Zwar wird es in urbanen Zentren zukünftig viele licht sensible Arten nicht mehr geben, aber einige Arten, insbesondere jene mit kurzen Generationszeiten wie Wasserflöhe und Insekten, werden sich möglicherweise evolutionär an die neue Lichtsituation anpassen – oder haben es bereits getan.

Der Verlust der Nacht hat wahrscheinlich deutliche, wenn auch bisher fast vollständig übersehene Folgen für Ökosysteme und Biodiversität. Licht zur falschen Zeit, auf einem zu hohen Lichtniveau oder mit einer unnatürlichen spektralen Zusammensetzung kann hier zu deutlichen Beeinträchtigungen führen. Für eine zukünftige naturverträgliche Außenbeleuchtung ist es daher notwendig, in naturnahen Räumen andere Kriterien zum Schutz lichtempfindlicher Organismen und Nachtlandschaften zugrunde zu legen als in urbanen Räumen. Berücksichtigt werden sollte daher sowohl der räumliche Zusammenhang (Gewässer, Park, Wohngebiet) als auch der tages- und jahreszeitliche Kontext (Kern-Nachtstunden, Vogelzugzeiten). Es müssen dringend Schwellenwerte festgelegt werden. Erst wenn man weiß, wie viel Licht zu welcher Zeit notwendig und zumutbar ist, kann eine optimale Beleuchtung für unterschiedliche raumzeitliche Kontexte und den dort lebenden Tieren und Pflanzen entwickelt werden. Weitere Stellschrauben sind die Wahl des Leuchtmittels, maßgeschneiderte Spektren und nach oben abgeschirmte Leuchten.

Franz Hölker (IGB)

17



## FORSCHERPORTRÄT

Daniel Lewanzik ist Diplom-Biologe und forscht am IZW über Fledermäuse. Für seine Dissertation hat er im Rahmen von Verlust der Nacht Untersuchungen gemacht, mit deren Ergebnissen er Aufschlüsse darüber liefern will, wie Lichtverschmutzung auf diese nachtaktive Säugetierart wirkt.

„Fledermäuse sind für mich die spannendsten Tiere, die es gibt“

*Sie sind Fledermaus-Forscher. Haben Sie sich damit einen Kindheitstraum erfüllt?*

Ja, ich wollte bereits als Kind Forscher werden und mit Tieren arbeiten, aber die Faszination für Fledermäuse musste bei mir erst erweckt werden. Das geschah, als Christian Voigt, der mich jetzt bei meiner Doktorarbeit betreut, an der Uni eine Vorlesung über Fledermäuse hielt. Die war so toll und interessant, und ich dachte: „Das sind die spannendsten Tiere überhaupt“. Ich sprach ihn an, ob es möglich wäre, bei ihm eine Diplomarbeit über Fledermäuse zu schreiben. So bin ich dann auch zu Verlust der Nacht gekommen.

*Was fasziniert Sie am meisten an diesen Tieren?*

Dass Fledermäuse so ‚heimliche‘ Tiere sind, über deren Lebensweise vieles noch unbekannt ist; man sieht ja meist nicht mehr als einen Schatten am Himmel. Außerdem sind sie unglaublich divers. Sie sind nach den Nagetieren die artenreichste Säugetiergruppe mit über 1200 Arten und kommen praktisch überall vor, besetzen alle möglichen Nahrungsnischen. Die bei uns heimischen Fledermäuse fressen vor allem Insekten, in den Tropen ernähren sie sich von Nektar, von Früchten oder auch von kleinen Wirbeltieren wie Fröschen – und manche Arten natürlich auch von Blut.

*Haben Sie Ihre Untersuchungen auf den Versuchsflächen im Westhavelland gemacht?*

Ja, dort schauen wir uns an, wie sich das Licht auf die Artenzusammensetzung der Fledermäuse und auf ihre Jagdaktivität auswirkt und untersuchen, über welche räumlichen Abstände der Effekt des Lichts reicht. Außerdem analysieren wir die Interaktivität mit Insekten – nutzen Fledermäuse den reich gedeckten Tisch, wenn Insekten in großer Zahl aus dem Wasser schlüpfen und vom Licht der Laternen ‚gefangen‘ werden?

*Mit welcher Methode arbeiten Sie dabei?*

Mit akustischen Untersuchungen. Pro Feld haben wir mehrere Batcorder im Einsatz, die an verschiedenen hellen Stellen – in der Feldmitte, am Feldrand, in unterschiedlichen Abständen vom Feld – aufgebaut sind und mit denen wir die Ultraschallrufe der Fledermäuse aufnehmen. Anhand dieser Rufe können wir analysieren, welche Arten dort herumgeflogen sind, und ihre Jagdaktivität messen.

*Wie?*

Wenn eine Fledermaus ein Insekt erbeutet, stößt sie eine bestimmte Rufsequenz aus, den sogenannten feeding buzz. Die einzelnen Rufe innerhalb des feeding buzz folgen schneller aufeinander und sind stärker frequenzmoduliert als die Rufe zur Echoortung, die die Fledermäuse während ihres Fluges zur Orientierung aussenden. Von der Zahl der feeding buzzes können wir auf die Jagdaktivität schließen. Außerdem begleiten wir in sechs Städten in ganz Deutschland – unter anderem Berlin und Coburg – die Umrüstung von Straßenlaternen auf LED-Beleuchtung, um herauszufinden, welche Folgen das für die jeweiligen Fledermauspopulationen hat. Da bin ich gerade bei den Rufanalysen – das dauert länger als erhofft.

*Können Sie schon eine Schätzung machen?*

Schwierig. Wie Fledermäuse auf Licht reagieren, ist sehr Art-spezifisch, das kann man kaum pauschalisieren. Bestimmte Arten wie die Hufeisennasen und Mausohrfledermäuse scheinen beleuchtete Gebiete zu meiden. Zwergfledermäuse, die häufigste heimische Art in vielen besiedelten Gebieten, sind jedoch nicht so sensibel gegenüber Licht. Man kann im Sommer schön beobachten, wie sie von einer Laterne zur anderen fliegen und dort die Insekten absammeln.

*Einen Teil Ihrer Untersuchungen haben Sie in Costa Rica gemacht. Erzählen Sie mehr davon!*

Dort habe ich untersucht, wie sich Licht auf die Verbreitung von Samen durch Fledermäuse auswirkt. Gerade in den Tropen wird viel Land gerodet und als Weiden genutzt, die nach wenigen Jahren ausgelaugt sind und wieder verlassen werden. Das Brachland ist dann der Erosion ausgesetzt. Für die Wiederbewaldung spielen Fledermäuse eine wichtige Rolle, denn sie verbreiten die Samen der von ihnen verzehrten Früchte. Wir haben herausgefunden, dass die Fledermäuse deutlich weniger Früchte ernten, wenn die Pflanzen beleuchtet sind. Das kann weitreichende Folgen haben. Weitere Untersuchungen stehen noch aus.

*Hat sich Ihr Verhältnis zur Nacht durch die Forschung für das Projekt verändert?*

Ja, sehr, ich bin mir der Schönheit der Nacht viel bewusster geworden! Mittlerweile genieße ich die seltenen Momente wirklicher Dunkelheit und schätze es, wenn man den Sternenhimmel in seiner vollen Pracht sehen kann.

# Ökonomie

## – Kosten und Nutzen künstlichen Lichts

**K**ünstliches Licht besitzt seit jeher eine Symbolkraft für den Menschen. Der Beginn der künstlichen Beleuchtung in unseren Städten vor rund hundert Jahren verkörpert den Einzug in die Moderne. Mittlerweile ist künstliche Beleuchtung eine Selbstverständlichkeit und ein Leben ohne sie nur noch schwer vorstellbar. Künstliches Licht ist meist positiv besetzt und gilt als Sinnbild für Wohlstand und Fortschritt. Heutzutage mehren sich jedoch auch kritische Stimmen gegenüber der stetig steigenden Zahl neuer Lichtquelle weltweit, die – vor allem im Außenraum – auch gravierende negative Folgen haben. „Lichtverschmutzung“ ist heute ein allgemein anerkanntes Konzept, unter dem die unterschiedlichen negativen Auswirkungen auf Mensch und Natur sowie unerwünschtes oder störendes künstliches Licht zusammengefasst werden.

Fragt man nach dem Nutzen und den Kosten künstlicher nächtlicher Beleuchtung im Außenraum, bedarf es zunächst einer Aufschlüsselung der verschiedenen Wirkungen von Licht. Nicht jeder Effekt von Licht ist dabei schon umfassend untersucht. In vielerlei Hinsicht besteht noch reichlich Forschungsbedarf, um die verschiedenen Lichtwirkungen exakt benennen zu können. Unstrittig ist, dass Licht die Abkopplung vom Tag-Nacht-Rhythmus ermöglicht. Mit Licht kann zu jeder Tages- und Nachtzeit gearbeitet werden. Auch verschiedene nächtliche Freizeitaktivitäten



werden durch Licht erst ermöglicht. Beides schafft Wertschöpfung. Darüber hinaus werden mit künstlichem Licht Geschäfte und Einkaufsstrassen, Vergnügungstätten, Bauwerke und ganze Städte in Szene gesetzt, um zum Konsum zu animieren, Atmosphären zu schaffen und Identität zu fördern. Ob nächtliche Beleuchtung Sicherheit schafft, ist nicht pauschal zu sagen. An Konfliktstellen im Straßenverkehr mag es noch am ehesten

der Fall sein. Auch was das persönliche Sicherheitsempfinden der Passanten betrifft, scheint eine qualitativ hochwertige Beleuchtung tatsächlich einen positiven Beitrag leisten zu können. Die These, dass künstliches Licht auch die Kriminalität reduzieren kann, ist jedoch aktuell noch umstritten. Die vielfältigen positiven Aspekte haben aber auch ihren Preis. Diese „Schattenseite“ der künstlichen Beleuchtung wird immer deutlicher erkennbar. Durch den steigenden Einsatz von immer mehr Licht und Lichtquellen, deren Lichtstrahl unzureichend zielgerichtet wirkt oder auf reflektierende Oberflächen trifft, werden riesige Lichtglocken über unseren Städten geschaffen. Diese Lichtglocken sind Zeugnis verschwendeter Energie. Zudem hindern sie uns daran, astronomische Phänomene wie die Milchstraße beobachten zu können. Die Zahl der sichtbaren Sterne ist in europäischen Großstädten mittlerweile von etwa 3.000 auf rund 100 Sterne zurückgegangen (Hänel 2000). Dies hat nicht nur Folgen für die Wissenschaft, die nur noch unter schwierigen Bedingungen wissenschaftliche Beobachtungen durchführen kann; auch verliert die Menschheit ein Kultur- und Naturgut von besonderer spiritueller Bedeutung. Auch die Tierwelt leidet unter der mangelnden Sichtbarkeit des Sternenhimmels, da er den Tieren als Orientierungshilfe in der Nacht dient. Die nächtliche Beleuchtung hat darüber hinaus weitere zum Teil erhebliche Auswirkungen auf das Verhalten der Tiere, weshalb Wissenschaftler von Veränderungen ganzer Ökosysteme ausgehen. Und schließlich wird auch der Mensch durch Licht in der Nacht beeinflusst. Durch die Ausdehnung der aktiven Zeiten in die Nachtstunden kann der Körper zum Teil nicht ausreichend regenerieren, die Chronobiologie gerät aus dem Gleichgewicht. Dies kann im schlimmsten Fall zu Krebs führen.

Bislang verfügt die Wissenschaft noch nicht über ausreichend Kenntnisse, um Kosten und Nutzen nächtlicher Beleuchtung exakt gegenüberstellen zu können. So lange einzelne Effekte noch nicht im Detail beziffert werden können, ist auch deren ökonomische Bewertung nicht möglich. Dennoch sind wir heute bereits in der Lage Zusammenhänge und Verknüpfungen des komplexen und interdisziplinären Systems zu skizzieren und erste Handlungsempfehlungen für den Umgang mit künstlicher Beleuchtung auszusprechen.

Merle Pottharst, Robert Hänsch, Benjamin Könecke (alle TU Berlin)

Quelle:

Hänel, Andreas (2000): The Situation of Light Pollution in Germany. In: *Memorie - Della Società Astronomical Italian - Journal of the Italian Astronomical Society*, Jg.71, Heft 1, S.153–159.



FORSCHERPORTRÄT

## „Nächtliche Beleuchtung auf Vollmondniveau wäre völlig ausreichend“

Prof. Dr. Dietrich Henckel leitet das Fachgebiet Stadt- und Regionalökonomie an der Technischen Universität zu Berlin und betreut das Teilprojekt „Kosten des Verlusts der Nacht“. Der Volkswirt beschäftigt sich bereits seit 20 Jahren mit der Frage, was die Veränderung von Zeitstrukturen für Stadt und Gesellschaft bedeuten.

*In Ihrem Projekt erfassen Sie die kostenmäßigen Wirkungen von Außenbeleuchtung. Was kann man sich darunter vorstellen – ist das nicht extrem komplex?*

Ja, die ökonomischen Effekte sind so heterogen und so unterschiedlich verursacht, dass eine eindeutige Zurechnung schwierig ist. Wir haben deswegen vor allem klassifiziert: Was sind die möglichen positiven und negativen Effekte von Beleuchtung? Was sind direkte Kosten, zum Beispiel Energie und Instandhaltung, was indirekte Kosten, zum Beispiel Kosten durch Krankheitsfolgen? Am Thema Sicherheit wird die empirische Ambivalenz deutlich: Beleuchtung wird in der Regel mit Sicherheit assoziiert, kann aber auch zum Unsicherheitsfaktor werden, etwa wenn man durch Licht geblendet wird. Auch flackerndes Licht ist sehr störend.

*Sie haben im Projekt die Umrüstung von Straßenlaternen in drei Berliner Gebieten begleitet. Worum ging es dabei?*

Die Umstellung ging von verschiedenen Beleuchtungsniveaus aus: In einem der beiden Gebiete in Schulzendorf, einer Gemeinde im Berliner Umland, wurde Straßenbeleuchtung erst eingeführt, dort gab es zuvor lediglich eine Notbeleuchtung. Das zweite Schulzendorfer Gebiet sowie ein weiteres Areal in der Leibnizstraße mitten in der City wurden von Quecksilberdampf- auf LED-Beleuchtung umgestellt. Wir hatten die einmalige Gelegenheit, die Anwohner vor und nach der Umrüstung nach ihrer Zufriedenheit mit der nächtlichen Beleuchtung zu befragen. Am zufriedensten waren die Schulzendorfer, bei denen die Straßenbeleuchtung neu eingeführt wurde – die deutliche Aufhellung wurde sehr positiv aufgenommen. In den Gebieten, wo umgestellt wurde, war das Bild uneinheitlich. Manche Anwohner waren zufrieden, andere merkten gar nicht, dass eine Veränderung eingetreten war, und manchen war es zu hell.

*Wenn man die Perspektive auf Europa ausweitet – wird die Nacht insgesamt immer heller?*

Ja, das Helligkeitsniveau in ganz Europa nimmt kontinuierlich zu, um etwa 5 Prozent pro Jahr. Um gegenzusteuern gibt es Überlegungen, mancherorts Beleuchtung einzusetzen, die per SMS oder Bewegungsmelder aktiviert wird, oder in der Nacht nur jede 2. Lampe anzustellen. Meiner Meinung nach wäre es am sinnvollsten, das Niveau der vorhandenen Straßenbeleuchtung insgesamt zu senken. Das ist die einfachste Lösung, und die effektivste – die wichtigste Funktion von Beleuchtung, Kontraste zu bilden, bleibt dabei erhalten. Es hilft auch, sich auf die Anfänge der

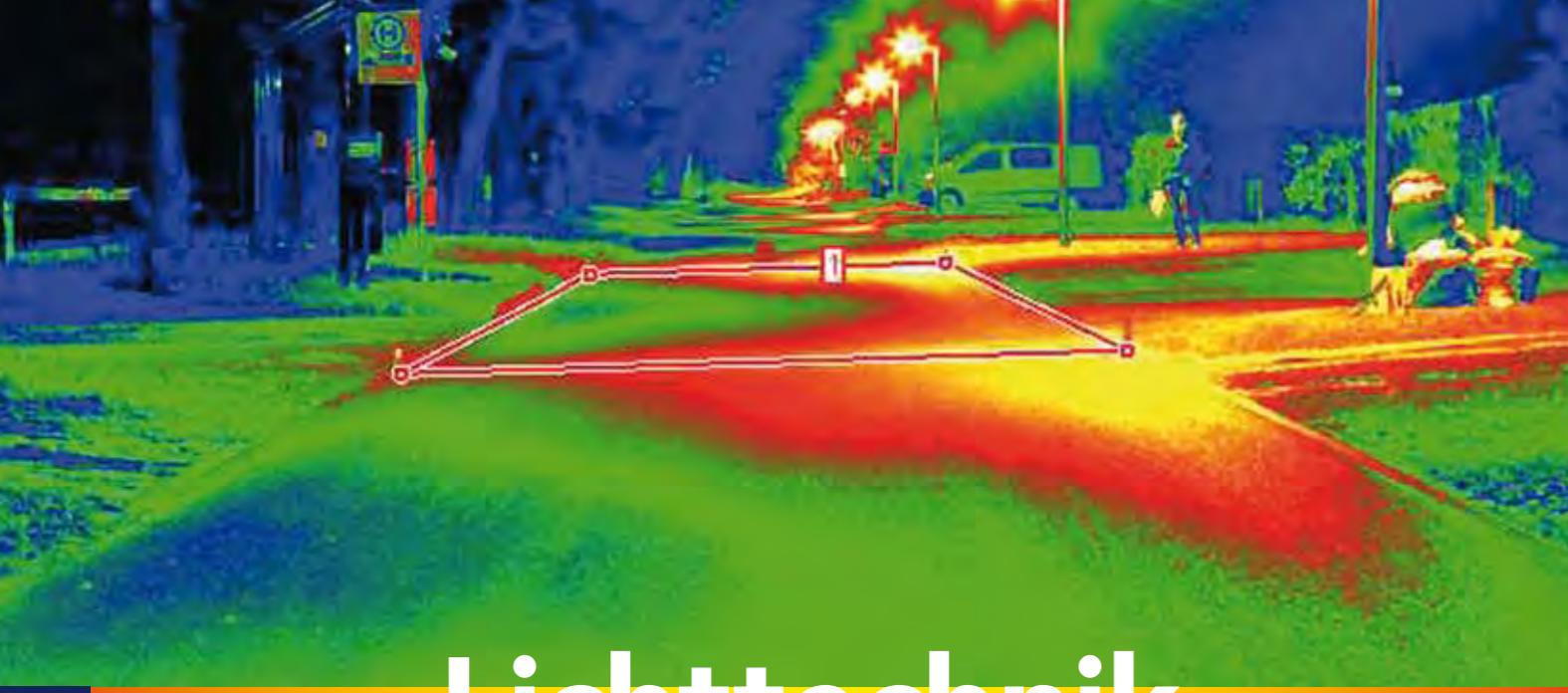
künstlichen Straßenbeleuchtung zu besinnen: Das anvisierte Helligkeitsniveau war das eines Vollmondes. Wenn der schien, wurde auch die Straßenbeleuchtung abgestellt. Reicht das aus? Ja, aber das ist uns Städtern natürlich nicht so präsent. Als ich letztens auf Zypern war, in einer Gegend ohne Straßenbeleuchtung, machte ich einen nächtlichen Spaziergang bei Vollmond. Dabei achtete ich bewusst auf die Sichtqualität und war erstaunt, wie gut ich alles erkennen konnte.

*Gab es im Projektverlauf Ergebnisse, die Sie besonders überrascht haben?*

Die Ergebnisse einer Bewohnerbefragung durch meine Studenten am Alexanderplatz, einem der hellsten Orte Berlins: Erstaunlicherweise fühlten die Anwohner sich kaum gestört durch die nächtliche Beleuchtung. Zum Teil behaupteten sie sogar, zu DDR-Zeiten sei es heller gewesen. Für das gleiche Projekt verbrachte eine Studentin eine Nacht auf einem Dach direkt am Alex und filmte die ganze Nacht lang mit einer Kamera, die alle 30 Sekunden ein Bild machte. Auf dem daraus entstandenen Zeitraffervideo sieht man genau, wie deutlich das Beleuchtungsniveau über die Nacht wechselt! Zum Beispiel wird die Beleuchtung des Fernsehturms um 3 Uhr abgestellt, was enorm viel ausmacht. Es gibt offensichtlich mehr Steuerungsmöglichkeiten, als man gemeinhin annimmt.

*Was bedeutet es für Sie, über die Nacht zu forschen?*

Für mich ist die Nacht ein Superthema, weil sie so vielfältig und widersprüchlich ist. Ich habe mich viel mit der 24-h-Gesellschaft befasst, in der es möglich ist, alles zu jeder Zeit zu machen – das wäre ohne künstliche Beleuchtung gar nicht denkbar. Dennoch oder gerade deswegen bleibt das Dunkel der faszinierende andere Raum: Die Eroberung der Nacht ist ein Pioniertopos, der immer noch Gültigkeit hat.



# Lichttechnik

Obwohl künstliches Licht den Menschen schon seit vermutlich über 600.000 Jahren in Form des Feuers begleitet, waren die Möglichkeiten der künstlichen Beleuchtung lange Zeit stark begrenzt. Zwar beschäftigten sich viele Philosophen und Wissenschaftler mit dem Wesen des Lichts, doch in technischer Hinsicht waren über den größten Teil der kulturellen Entwicklung der Menschheit hinweg keine Fortschritte zu verzeichnen. Bis Ende des 18. Jahrhunderts standen der Menschheit lediglich Kerzen und Öllampen zur Verfügung, die nur spärliches Licht verbreiteten.

Erst im Zuge der Industrialisierung kamen technische Neuerungen auf, die die künstliche Beleuchtung deutlich revolutionierten. So entwickelte Aimé Argand 1783 den Argand-Rundbrenner, eine Öllampe die 6-10 candela lieferte (tatsächlich in etwa das 6-10fache einer „Standardkerze“).

Kurze Zeit später, in den frühen 1790ern, wurde erstmalig Gasbeleuchtung in einer Fabrikanlage verwendet. Obgleich die Lichtstärke dieser Gaslampen weit unter denen heutiger lag, traten sie einen Siegeszug um die ganze Welt an: ab circa 1815 wurden die ersten Städte mit einer Straßenbeleuchtung versehen, 1860 waren Gasleuchten in ganz Europa verbreitet. Gründe für diesen Siegeszug waren, unter anderem, wesentlich geringere Kosten des Brennmaterials, geringerer Wartungsaufwand und die Rußfreiheit gegen-

über Öl- oder Wachsleuchten.

Sollte man einen Zeitpunkt für den Beginn der Lichttechnik festlegen wollen, läge dieser wohl in den 1880er Jahren. Einerseits wurde die Gasbeleuchtung durch die Entwicklung des Glühstrumpfes 1885 durch Carl Auer von Welsbach revolutioniert, der eine vielfach höhere Lichtausbeute (ein Maß für die gewonnene Lichtmenge pro eingesetzter Wattleistung) erlaubte. Andererseits erfolgte fast zeitgleich die Erfindung der praktikablen elektrischen Glühlampe 1879 durch Thomas Alva Edison.

Zunächst wurde die Gasbeleuchtung weiter eingesetzt, da sie bereits etabliert war. Jedoch führten die eindeutigen Vorteile und Weiterentwicklungen des elektrischen Lichts dazu, dass bereits ab den 1900er Jahren zunehmend auf elektrische Beleuchtung umgestellt wurde, in den 1960er Jahren schließlich war die Umstellung der Straßenbeleuchtung in Deutschland auf elektrisches Licht im Wesentlichen vollzogen. Ungefähr parallel zur Einführung der Glühlampen erfolgte auch die Entwicklung der sogenannten Gasentladungslampen, zunächst in Form der „Neonröhren“ als Werbemittel in den 1920ern, später dann allgemein in Form der Leuchtstoffröhren insbesondere in der Arbeitsplatzbeleuchtung, später als „Energiesparlampen“ in allen Bereichen der Beleuchtung und als Natriumdampf- und Quecksilberhochdrucklampen in der Straßenbeleuchtung. Die neueste Revolution brachten



schließlich die LED-Lampen, die seit der Entwicklung der weißen LED in den 1990ern eine rasante Entwicklung erfahren haben und seit einigen Jahren sämtlichen anderen Leuchtmitteln Konkurrenz machen.

Die zeitgenössische Lichttechnik ist ein weitgefächertes Fachgebiet mit Anknüpfungspunkten an vielfältige Industrie- und Forschungsgebiete. Kernthemen sind:

### Die Erforschung der menschlichen Wahrnehmung des Lichts:

Erst Anfang der 2000er wurde entdeckt, dass im menschlichen Auge, zusätzlich zu den Helligkeits- und Farbrezeptoren, noch ein weiterer Rezeptor vorhanden ist, der bei der Steuerung des Wach-Schlafrhythmus des Menschen eine bedeutende Rolle spielt. Weitere Faktoren, wie zum Beispiel die Auswirkung der Lichtfarbe auf das Temperaturempfinden, sind weitestgehend unerforscht.

### Die Weiterentwicklung bestehender Leuchtmittel:

Neben der steten Effizienzsteigerung – moderne LED- und Leuchtstofflampen haben eine 10fach höhere Lichtausbeute als Glühlampen – stehen zunehmend auch Umweltaspekte wie Schadstoffvermeidung und Rezyklierbarkeit, und die Verbesserung der Farbwiedergabe.

### Die Verbesserung der Lichtlenkung:

Frühere Leuchten strahlten ihr Licht oftmals in unerwünschte Richtungen ab, das sogenannte Streulicht. Neben der Energieverschwendung und Lichtverschmutzung, die dies mit sich bringt, werden Menschen und Tiere auch direkt beeinträchtigt: Anwohner können nicht schlafen, Autofahrer werden geblendet, Schattenbildungen auf Straßen verdecken Fußgänger, am Arbeitsplatz treten Ermüdungserscheinungen auf. Moderne Leuchten können zum Beispiel durch exakt geplante Reflektoren sowohl ein Maximum bezüglich Effizienz als auch Gleichmäßigkeit des Nutzlichts erreichen, und Streulicht vermeiden. Insbesondere die LED-Technologie bietet hier neue Möglichkeiten durch die Option, Licht in bisher unerreichter Präzision

an die Stellen zu bringen, wo es benötigt wird.

### Die Begutachtung bestehender und Entwicklung neuer Beleuchtungskonzepte:

Künstliches Licht, insbesondere in der Arbeitsplatz- und Straßenbeleuchtung, wird nicht zu jeder Zeit und jedem Ort im gleichen Maße benötigt. Neuartige Beleuchtungskonzepte bieten hier die Möglichkeit, zum Beispiel die Straßenbeleuchtung verkehrsabhängig zu regeln, oder Arbeitsplatzbeleuchtung mit der natürlichen Tageslichtbeleuchtung optimal zu koordinieren. Das Fachgebiet Lichttechnik leistet hier Hilfe sowohl in der Bewertung bestehender Anlagen durch Messungen der Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte, als auch bei der Planung neuer Konzepte durch Simulationen.

Sebastian Schneider (TU Berlin)



## FORSCHERPORTRÄT

# „Licht wirkt auf Menschen und Tiere unterschiedlich“

Der Lichtspezialist Dr. Steffen Franke vom Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie in Greifswald entwickelt und untersucht bei Verlust der Nacht Beleuchtungsanlagen, die bei Labor- und Freilandversuchen zum Einsatz kommen.



*Herr Dr. Franke, wie sind Sie zum Projekt Verlust der Nacht gekommen?*

Durch ein anderes Vorhaben, das auch mit der Nacht zu tun hat: Vor dem Projekt „Verlust der Nacht“ haben wir im INP ein anderes Projekt bearbeitet, in dem untersucht wurde, wie unterschiedliche Lichtquellen auf die abendliche Ausschüttung des Schlafhormons Melatonin wirken. Das war ein Gemeinschaftsprojekt mit der Charité Berlin und verschiedenen Lampenherstellern. Über die Kontakte zwischen den beiden Leibniz-Instituten INP Greifswald und IGB Berlin kam dann die Anfrage, ob wir nicht bei Verlust der Nacht mitmachen wollen.

*Mir welcher Aufgabe?*

Eine Aquarienbeleuchtung zu realisieren, die Tageslichtbedingungen simuliert. Um die Wirkung von Licht auf den Biorhythmus von Fischen quantifizieren zu können, müssen Sie einen Versuchsaufbau entwickeln, bei dem alle anderen Einflussgrößen wie zum Beispiel Temperatur oder pH-Wert gleich bleiben – das geht nur im Labor. Ich habe also versucht, eine Beleuchtung zu entwickeln, die Tageslicht möglichst gut simuliert und die Fische auch nachts definierten Lichtverhältnissen aussetzen kann.

*Haben Sie die Fische mit Sonnenschein verwöhnt, oder waren eher Wolken gefragt?*

Ich habe mich für die Tagesbeleuchtung an einem bewölkten Himmel orientiert. In der Natur ist das Spektrum möglicher Lichtintensitäten sehr groß: Im Hochsommer bei Sonnenschein sind bis zu 200 000 Lux möglich, aber auch an trüben Wintertagen haben wir tagsüber noch 6 000 Lux. Zum Vergleich: Für Büroarbeitsplätze sind 300 bis 1 000 Lux vorgeschrieben. Wir haben uns auf Lichtverhältnisse bei trübem Wetter geeinigt – auch dann ist die Wirkung auf den Biorhythmus der Fische ausreichend. Die Beleuchtung sollte ja auch möglichst homogen und gleichmäßig sowie dimmbar sein, um Morgen- und Abenddämmerung simulieren zu können.

*Welchen Lichtintensitäten wurden die Fische nachts ausgesetzt?*

Die natürliche nächtliche Helligkeit liegt deutlich unter 1 Lux. Wir haben die Fische im IGB nächtlichen Helligkeiten von 100, 10 und 1 Lux ausgesetzt. In Vorversuchen hat sich gezeigt, dass die Tiere bei einer nächtlichen Beleuchtung von 100 Lux deutlich reagieren und kaum noch das Schlafhormon Melatonin ausschütten. Im nächsten Schritt haben wir dann versucht herauszufinden, wie das bei geringeren Lichtintensitäten aussieht und ob

verschiedene Lichtfarben einen Unterschied bei den Reaktionen der Fische hervorrufen.

*Und?*

Wir müssen davon ausgehen, dass die Fische auf blaues Licht nicht unbedingt stärker reagieren als auf gelbes Licht, wie die Menschen. Endgültige Ergebnisse stehen allerdings noch aus. Eines ist meiner Ansicht nach jedoch klar: Lebewesen reagieren unterschiedlich auf bestimmte Lichtverhältnisse! Was für die eine Spezies vorteilhaft ist, kann für eine andere Spezies von Nachteil sein.

*Was bedeutet das für die Umsetzung – kann nächtliche Beleuchtung überhaupt sinnvoll angepasst werden?*

Einfache Lösungen à la „gelb ist gut, blau nicht“ gibt es jedenfalls nicht. Das Projekt hatte sich die Empfehlung von Grenzwerten auf die Fahne geschrieben, etwa für die maximale Beleuchtungsstärke von Straßenlampen, mit der garantiert ist, dass Ökosysteme möglichst wenig gestört werden. Wir mussten aber einsehen, dass das nicht so schnell geht wie gedacht. Sinnvolle Grenzwerte zu finden halte ich jedoch für notwendig.

*Sich als Forscher mit der Nacht zu beschäftigen – war das etwas Besonderes für Sie?*

Auf jeden Fall. Die Nacht ist ein Thema, zu dem jeder einen Bezug hat. Außerdem empfinde ich das Projekt als schöne Gelegenheit, an das anzuknüpfen, was wir bereits beim Menschen erforscht haben. Wer sich mit Beleuchtung beschäftigt, hat ja normalerweise die menschliche Nutzung im Kopf. Dabei hat künstliches Licht auch eine große Wirkung auf das Ökosystem. Und es ist wichtig, das zu berücksichtigen. Wir müssen einen Kompromiss finden zwischen unseren Bedürfnissen und dem, was wir der Umwelt zumuten können. Die spannende Frage ist nun, wie man die Beleuchtung anpassen kann – indem man die Beleuchtungsintensität vermindert? Die Spektren anpasst, also die Farbe des Lichts? Wir werden nicht verhindern können, dass Licht sich auf Ökosysteme auswirkt, aber wir können versuchen, diesen Effekt zumindest zu verringern.

# Der Meister der Insektenfallen

FORSCHERPORTRÄT

Stefan Heller arbeitet als technischer Assistent bei Verlust der Nacht. Sein Arbeitsplatz ist die technische Werkstatt im IGB: Neonlicht leuchtet hell, Maschinen und Werkzeuge stehen bereit, ein Kompressor dröhnt. Oft ist Stefan Heller jedoch nicht hier anzutreffen, sondern unterwegs, denn er ist dafür zuständig, dass auf den Versuchsfeldern von Verlust der Nacht alles läuft.



*Herr Heller, woran arbeiten Sie gerade?*

An verschiedenen Dingen. Im Moment kümmere ich mich vor allem darum, unsere Versuchsfelder im Westhavelland winterfest zu machen, das heißt beispielsweise, bestimmte Messinstrumente und weitere Ausrüstungsgegenstände abzubauen. Außerdem lese ich jeden Tag zur Kontrolle die aktuellen Daten von den Messstationen über das Internet aus. Und ich bestelle verschiedene Verschleißteile nach, mit denen ich die von mir selbst gebauten Insektenfallen reparieren kann – die haben nach knapp zwei Jahren im Einsatz eine Überholung nötig.

*Bei Verlust der Nacht haben Sie die eben erwähnten Versuchsfelder im Westhavelland mit aufgebaut. Was genau war da zu tun?*

Wir haben zunächst ein geeignetes, besonders wenig lichtverschmutztes Gebiet gesucht – das hat sehr lange gedauert, auch weil mehrere in der engeren Wahl waren. Zu den zwei Flächen, die jeweils ca. 60 x 40 Meter messen und etwa 1 km auseinanderliegen, gehören jeweils auch ein angrenzendes Waldstück sowie ein vorbeilaufender Wassergraben, der genutzt wird, um den Einfluss des Lichts auf aquatische Lebewesen zu messen. Als erstes wurden die Laternen aufgebaut, dann die Kabel für die Stromzufuhr verlegt, als letztes richteten wir die Wetterstationen ein. Probleme bereiteten uns die Feuchtigkeit und der Torfboden auf den Flächen, wo sich in der Mitte teilweise feuchte Senken befinden. Deswegen konnten wir kein Fundament für die Laternenmasten gießen, sondern mussten sie auf Stützkreuze stellen, die mit Gehsteigplatten beschwert wurden. Pro Fläche wurden 12 je 5m hohe Straßenlaternen aufgebaut...

*Sowohl auf der beleuchteten als auch der unbeleuchteten Referenzfläche?*

Ja, mit dem Unterschied, dass sie auf der Referenzfläche kein Leuchtmittel haben. Diese Fläche ebenfalls mit Straßenlaternen zu bestücken war notwendig, um identische Bedingungen zu schaffen. Wir nutzen die Laternenmasten auf beiden Flächen als Halterung für die dicht an den Lampen hängenden Insektenfallen und zur Aufhängung von Nistkästen für Vögel. Nur auf der beleuchteten Fläche geht es allerdings darum, nächtliche Helligkeit zu erzeugen: Wenn die Sonne in einem bestimmten Winkel steht, also bei Sonnenuntergang, schalten sich die Laternen automatisch an und morgens bei Sonnenaufgang wieder ab.

*Auf welche Helligkeit wurden sie eingestellt?*

Wir verwenden zur Beleuchtung Natriumhochdruckdampflampen mit 70 Watt, die recht hell sind: In 1,5 Metern über dem Boden erzeugen sie ca. 120 Lux, auf dem Boden sind es immer noch ungefähr 50 bis 60 Lux. Zum Vergleich: Die natürliche nächtliche Helligkeit bei Halbmond beträgt auf dem Boden im Dunkelfeld nur wenige Tausendstel Lux.

*Hatte das Hochwasser vom Frühsommer 2013 Auswirkungen auf die Versuchsfelder?*

Ja. Die beleuchtete Wiese stand bis Mitte Juli teilweise unter Wasser. Besonders die Bodenfallen waren davon betroffen. Auf dem Referenzfeld stand das Wasser noch länger, da konnten nur die Insektenfallen an den Masten und im Graben beprobt werden. Die Bodenfallen waren bis auf wenige Ausnahmen überschwemmt. Und natürlich kam es während der Hochzeiten des Hochwassers zu einer Mückenplage, was für die Forscher richtig viel Arbeit bedeutete: Sie konnten sich über Wochen kaum vor Insekten retten, die Auffanggläser waren randvoll – und alles musste gezählt werden! Da kamen pro Falle im beleuchteten Feld schon mal über 1000 Exemplare pro Nacht zusammen.

*Wie fanden Sie es, in einem Projekt mitzuarbeiten, bei dem es um das Thema Nacht geht?*

Interessant. Für mich war es neu, mich näher mit den ökologischen Auswirkungen künstlichen Lichts auf die Nachtlandschaft zu beschäftigen. Mir ist klargeworden, dass nächtliche Beleuchtung an bestimmten Orten verhindert oder zumindest eingeschränkt werden sollte. Wir wissen letztlich wenig über die Nacht; was da passiert auf der „dunklen Seite“, bleibt uns größtenteils verborgen. Schützenswert ist dieser Teil des Lebens trotzdem allemal.



Die Sonne lehrt alle Lebewesen die Sehnsucht nach dem Licht.  
Doch es ist die Nacht, die uns alle zu den Sternen erhebt.

*Kahlil Gibran*

Was alle wissen, wird von allen vergessen,  
und gäbe es keine Nacht,  
wer wüßte noch, was Licht wäre!

*Friedrich Nietzsche*

Wehe denen, welche Finsternis zu Licht machen.

*Jesaja 5,20*

Die Sterne, die begehrt man nicht, man freut sich ihrer Pracht,  
Und mit Entzücken blickt man auf, in jeder heitern Nacht.

*Johann Wolfgang von Goethe*

Gegen der Erde Leid  
gibt es keinen Trost,  
als den Sternenhimmel.

*Jean Paul*

Und nachts die stille deutsche Stadt,  
In die man einfuhr mit dem Zug vom Norden,  
Setzte mit jeder Straßenlampe neue Fragezeichen  
Und hinter jeden Satz den Punkt, - mit wieviel Watt?

*Durs Grünbein, „Europa nach dem letzten Regen“*

Gegen die Nacht können wir nicht ankämpfen,  
aber wir können ein Licht anzünden.

*Franz von Assisi*

Trägt nicht alles,  
was uns begeistert,  
die Farbe der Nacht?

*Novalis*



„Kriegskrüppel läßt man auf den Straßen frieren,  
Aber man läßt die Straßen illuminieren.  
Das ist das schrecklich wahre Gesicht:  
Berlin im Licht.“

*Max Epstein, 1928*

## Bildquellen

- Seite  
Titel: Milchstraße über dem Naturpark Westhavelland, Brandenburg  
© Andreas Hänel  
4/5: © NASA.  
6: Carl Saltzmann, Erste elektrische Straßenbeleuchtung, 1884.  
7: Francois Kollar, Die Lichter der Stadt, Werbung für Ovomaltine, 1932. Fotomontage, Privatsammlung © SCÉRÉN - CNDP.  
8: Nacht auf dem 3500 Meter hohen Mittelallalin mit Blick auf das Berner Oberland mit Rhonetal und Mattertal. Canon EOS 550D, 14mm bei Blende 2.8 30 Sekunden belichtet. Die Rechte liegen bei Michael Kunze, Moers. [www.sky-in-motion.de](http://www.sky-in-motion.de).  
9: Milchstraße über der Schwäbischen Alb, mit freundlicher Genehmigung von Elmar Nestlen.  
10: Berlinkarte bei Nacht © FU Berlin, IGB.  
Porträt Christopher Kyba: privat.  
12: Oben: Fotolia © Alexander Lason.  
Links unten: © Digitalstock, Fotolia © Alen Ajan.  
14: Hintergrundbild © Michael Melchinger.  
Porträt © IfADo.  
16: Oben: WikiCommons © Lamiot,JP.  
Unten: Fotolia © Kristina Afanasyeva.  
17: Vogelschlag an Leuchtturm © Victorian Picture Library  
18: Hintergrundbild © Karin Schneeberger  
Porträt: privat  
20: Fotolia © Andrzej  
21: © Benjamin Könecke.  
22: Hintergrundbild: Fotolia © David Woods.  
Porträt: privat.  
24: „Leuchtdichtemessung einer Straße“, © Sebastian Schneider.  
25: „Lichtsimulation mit DIALux“  
<http://www.flickr.com/photos/christianreinboth/>  
(Lizenz: CC BY-SA 2.0).  
„Schlecht ausgeführte Straßenbeleuchtung“ und  
„Zeitgemäß ausgeführte Straßenbeleuchtung“  
© Sebastian Schneider.  
26: Hintergrundbild WikiCommons © Citron.  
Porträt: privat.  
28: Hintergrundbild © Martin Oehlert.  
Porträt: privat.  
30/31: Fotolia © Zacarias de Mata.

## Impressum

Das Manuskript ist urheberrechtlich geschützt.

Herausgeber: Forschungsverbund Verlust der Nacht  
[www.verlustdernacht.de](http://www.verlustdernacht.de)

Projektleiter (verantwortlich im Sinne des Presserechts):  
Franz Hölker, [hoelker@igb-berlin.de](mailto:hoelker@igb-berlin.de)

Wissenschaftliche Koordination: Sibylle Schroer, [schroer@igb-berlin.de](mailto:schroer@igb-berlin.de)

Konzept: Forschungsverbund „Verlust der Nacht“

Redaktion: Annette Krop-Benesch, [krop-benesch@igb-berlin.de](mailto:krop-benesch@igb-berlin.de)

Interviews: Wiebke Peters, Konzept – Text – Lektorat,  
[wie\\_peters@gmx.de](mailto:wie_peters@gmx.de)

Gesamtgestaltung: Michael Melchinger, [www.melchinger.info](http://www.melchinger.info)

Druck: WIR machen DRUCK GmbH, Backnang

Alle Begriffe und Funktionsbezeichnungen dieser Broschüre  
bezeichnen Frauen und Männer in gleicher Weise

1. Auflage, Dezember 2013

Die Nacht, bunt erleuchtet durch tausende künstliche Lichter. Dunkelheit und Mondlicht, wie unsere Vorfahren sie noch kannten, findet man heute nur noch an abgelegenen Orten der Welt. Stattdessen machen wir die Nacht zum Tag.

Beleuchtete Nächte geben uns ein Gefühl der Sicherheit, symbolisieren Wohlstand und Modernität. Doch das Licht hat auch seine Schattenseiten. Viele Tiergruppen, ja ganze Ökosysteme verändern sich durch die nächtliche Beleuchtung. Mehr und mehr zeigt sich auch, dass der Mensch einen deutlichen Wechsel von Hell und Dunkel benötigt, um seine Gesundheit zu erhalten. Künstliche Beleuchtung erzeugt beträchtliche Kosten und Energieverbrauch. Und nicht zuletzt hat der Verlust der Nacht eine kulturelle Seite: der Sternenhimmel, der Reisenden einst den Weg wies und die Menschheit immer wieder dazu zwingt, ihren Platz im Universum zu überdenken, ist nur noch schemenhaft im Lichtermeer zu erkennen.

Ist „Licht aus“ also die Forderung für die Zukunft? Keineswegs, doch wer Licht modern einsetzen will braucht innovative Konzepte, die das Licht dort hinbringen, wo es benötigt wird, um Sicherheit und Wohlbefinden zu gewährleisten. Und die im gleichen Moment Bereiche für die Dunkelheit lassen, als Rückzugsraum für Mensch und Tier. Moderne Leuchtmittel, gezielte Lichtlenkung, wissenschaftlich fundierte Richtlinien für Beleuchtungsstärken und Farbspektren sind die Forderungen der Zukunft für einen verantwortungsvollen, nachhaltigen Umgang mit Licht.

Der Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ ist ein interdisziplinärer Zusammenschluß aus sechs Leibniz-Instituten, einem Helmholtz-Zentrum und zwei Universitäten. Gemeinsam untersuchen Wissenschaftler die ökologischen, gesundheitlichen sowie kulturellen und sozioökonomischen Auswirkungen, aber auch die Ursachen für die zunehmende Beleuchtung der Nacht. Auf Grundlage dieser Forschungsergebnisse sollen Lösungsansätze für moderne Beleuchtungskonzepte und nachhaltige Techniken entstehen.

Gefördert wird der Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Senat der Stadt Berlin. Die Herausgabe der vorliegenden Broschüre wurde durch die freundliche Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2012 ermöglicht.

# VERLUST der NACHT

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Projektträger: Projektträger Jülich (PtJ)