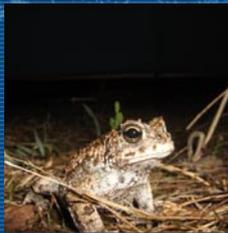


# Zwischenruf

## Verlust der Nacht

Mit Beiträgen aus Ökologie, Astronomie, Lichttechnik, Medizin sowie Raum- und Sozialwissenschaften aus dem Leibniz-Forschungsverbund „Verlust der Nacht“





Liebe Leserinnen,  
liebe Leser,

haben wir nicht schon genug Umweltverschmutzungen – Luftverschmutzung, Bodenverschmutzung, Wasserverschmutzung? Das mag mancher denken, wenn die Leibniz-Gemeinschaft mit diesem Zwischenruf unter dem Titel „Verlust der Nacht“ auch noch das Thema Lichtverschmutzung verstärkt auf die Agenda setzen möchte. Anders als bei den vorgenannten ist Licht Subjekt, nicht Objekt der Verschmutzung. Denn auch für Licht, die Grundzutat des Lebens und der Zivilisation, gilt die alte Weisheit des Paracelsus, dass allein die Dosis das Gift macht.

Licht ist wie kaum ein anderes Naturphänomen positiv besetzt. Seine Allgegenwärtigkeit aber macht die Untersuchung der kritischen Komponenten zu einem außergewöhnlich breiten Feld. Die Leibniz-Gemeinschaft hat es sich zur Aufgabe gemacht, gesellschaftliche Probleme zu untersuchen und daraus resultierende Lösungsvorschläge oder Handlungsempfehlungen für Politik und Gesellschaft zu erarbeiten. Diesem Zweck dient auch dieser Zwischenruf, natürlich ohne einen Anspruch auf abschließende

Wahrheiten zu haben. Das Thema ist in seiner Breite noch so wenig umfassend erschlossen, dass es gleichzeitig auch darum geht, diese Breite ins Bewusstsein zu rufen und die vielfältigen Implikationen aufzuzeigen.

In diesem Sinne geht es um das Schaffen eines Problembewusstseins, die Initiierung von Diskussionen und weiterer Forschung sowie Anregungen für politische Maßnahmen. Daher richtet sich der Zwischenruf in gleicher Weise an Politiker, gesellschaftliche Entscheidungs- und Funktionsträger, Wissenschaftler und die interessierte Öffentlichkeit.

Eine positiv erhellende Lektüre wünscht

Christoph Herbert-von-Loeper  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der  
Leibniz-Gemeinschaft

Vorwort des Präsidenten der Leibniz-Gemeinschaft	4
<b>Astronomie/Kulturgeschichte</b> Zauber, Gefahr und Gefährdung der Nacht <i>Kulturhistorisch-astronomische Perspektiven zu (künstlichem) Licht und Dunkelheit</i>	6
<b>Gesundheit/Chronobiologie</b> Licht, der Taktgeber des Lebens	12
<b>Ökologie</b> Der Verlust der Nacht ist auch ein ökologisches Problem	18
<b>Sozioökonomie</b> Das Licht und der Mensch	22
<b>Lichttechnik</b> Mehr Effizienz ist das oberste Gebot	28
<b>Autorenliste</b>	32
<b>Ansprechpartner</b>	34
<b>Impressum</b>	37

# Vorwort

## des Präsidenten der Leibniz-Gemeinschaft zum Zwischenruf „Verlust der Nacht“

**V**erlust der Nacht – Der Titel unseres Zwischenrufes mag Sie etwas stutzig und somit hoffentlich neugierig gemacht haben. Verlust der Nacht – das ist der Name für einen neuen Verbund von Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft und von universitären Partnern sowie von Dark Sky Germany. Die Wissenschaftler haben sich eines Themas angenommen, das naheliegend ist und zugleich in seiner Dimension überrascht: Was sind die Auswirkungen der zunehmenden Beleuchtung der Nacht durch künstliches Licht? Da Licht mit positiven Werten wie Sicherheit, Wohlstand und Modernität besetzt ist, neigen wir dazu, unsere Umgebung intensiv zu beleuchten. Doch wo Licht ist, ist bei allen großen Vorteilen auch Schatten: In den vergangenen Jahrzehnten hat die künstliche Beleuchtung deutlich zugenommen, in Deutschland beispielsweise jährlich um mehr als fünf Prozent. Sternenkundler kennen das Problem der „Lichtverschmutzung“ schon lange. Die professionelle Astronomie hat sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts in entlegene Gebiete der Erde zurückgezogen, weil ihr der Nachthimmel in den Städten zu hell wurde.

Längst beklagen aber nicht mehr nur die Astronomen diesen kulturellen Verlust: Nur etwa die Hälfte der Bevölkerung Europas kann selbst in klaren Nächten die Milchstraße sehen. Viele von uns erleben also erst wieder im Urlaub, in der Abgeschiedenheit, oder bei Stromausfall, den

Anblick eines überbordenden Sternenhimmels. Wie wichtig aber ist das visuelle Erleben des Universums für das Selbstverständnis des Menschen, Teil eines großen Ganzen zu sein!

Licht ist zudem der wichtigste biologische Zeitgeber. Nach Hell und Dunkel takten die meisten Lebewesen ihren Rhythmus ein. Die elektrische Beleuchtung erlaubt uns, unabhängig von Tag und Nacht in „Städten, die niemals schlafen“, aktiv zu sein. Mediziner und Chronobiologen sehen in der zunehmenden zeitlichen Mobilität der Gesellschaft ein Problem: Licht zur falschen Zeit kann dieses Gefüge stören und damit Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Gesundheit beeinträchtigen.

Viele Lebewesen sind sehr lichtsensibel; insbesondere Insekten, aber auch Vögel und Fische werden von künstlichen Lichtquellen in ihrem Verhalten und ihrer Orientierung gestört. Wenn beispielsweise Millionen von Insekten von Straßenlaternen angezogen werden, hat das weitreichende Auswirkungen auf die Artenvielfalt und das Gleichgewicht von Ökosystemen. In der Ökologie ist die Lichtverschmutzung ein relativ neues Thema: „Was, wenn wir eines Morgens aufwachen und realisieren, dass all die Naturschutzbemühungen der letzten dreißig Jahre nur die Hälfte der Geschichte erzählen – die Tagesgeschichte?“ frag-

ten Catherine Rich und Travis Longcore im Jahr 2006. Dieser Denkanstoß gilt nicht nur für den Naturschutz, sondern für die gesamte Wissenschaft. Obwohl die Nacht die Menschen schon immer fasziniert hat, obwohl ihr etwas Geheimnisvolles, ja Mystisches innewohnt, bietet sie faszinierende unerschlossene Forschungsfelder, eben weil sie so relativ wenig untersucht ist.

Gegenwärtig werden in vielen Kommunen die Beleuchtungskonzepte umgestellt. Neue Beleuchtungssysteme wie LED drängen auf den Markt, die Glühbirne wird sukzessive abgeschafft. Außerdem wird gegenwärtig die künstliche Beleuchtung als Quelle für Energieparmaßnahmen entdeckt. Aber die Vorstellungen von einem wünschenswerten Beleuchtungskonzept gehen weit auseinander. Je nach Betrachtungsweise überwiegen meist sicherheitsspezifische, ökonomische oder ästhetische Motive, während ökologische oder gesundheitliche Aspekte nur selten berücksichtigt werden. Die Politik ist auf allen Ebenen mit diesem Konflikt befasst, stößt aber schnell an Grenzen. Zu heterogen ist der wissenschaftliche Erkenntnisstand, zu komplex sind die Anforderungen. Hier bietet sich der Leibniz-Verbund „Verlust der Nacht“ mit seiner einzigartigen Vielfalt an Experten als wissenschaftlicher Partner bei der Lösung dieser vielfältigen, die gesamte Gesellschaft betreffenden



Foto: R. Günther

Probleme an. Auch wenn die Forschung vielerorts noch am Anfang steht, wollen wir schon jetzt in den Dialog mit Politik und Entscheidungsträgern treten und erste Handlungsempfehlungen aussprechen. Damit folgen wir unserem aus dem Credo Gottfried Wilhelm Leibniz' *theoria cum praxi* abgeleiteten Wissenschaftsverständnis, nämlich zum Nutzen der Menschen zu forschen, wissenschaftliche Dienstleistungen zu erbringen und die Gesellschaft zu beraten.

In diesem Sinn ist der Zwischenruf nicht als Abschlussbericht, sondern seinem Namen entsprechend als Zwischenfazit und Bestandsaufnahme zu verstehen. Er soll die nächsten Schritte einleiten, um dieses ebenso umfassende wie lange vernachlässigte Thema zum Nutzen aller voranzubringen: Die Segnungen des Lichts zu nutzen, ohne damit Mensch und Natur zu schädigen.

Prof. Dr. Dr. h.c. Ernst Rietschel  
Präsident der Leibniz-Gemeinschaft

# Zauber, Gefahr und Gefährdung der Nacht

## Kulturhistorisch-astronomische Perspektiven zu (künstlichem) Licht und Dunkelheit



Künstliches Licht als Propagandamittel – Lichtdom beim Nürnberger Reichsparteitag, 8.9.1936.

Axel Schwoppe (AIP), Ute Hasenöhr (IRS)

Licht in seiner natürlichen wie in seiner künstlichen Spielart löst überwiegend positive Assoziationen aus. In Religion und Philosophie gilt es als Sinnbild der – im wahrsten Sinne des Wortes – geistigen und geistlichen ‚Erleuchtung‘. So nennt sich Jesus im Johannesevangelium das „Licht der Welt“ (8, 12), im Koran wird Allah als „Licht der Himmel und der Erde“ (An-Noor, Kapitel 24, Vers 35) bezeichnet. In der Philosophie symbolisiert Licht Wahrheit und Vernunft – man denke nur an das vielbeschworene ‚Licht der Aufklärung‘. Dun-

kelheit, Finsternis – und damit auch die Nacht – waren hingegen weithin negativ besetzt, sie standen (und stehen) unter anderem für Armut, Gefahr, Ruchlosigkeit und Verbrechen („lichtscheu“), Verdammnis (Jesaja 60, 2), Dummheit (z.B. Luc de Clapiers) oder Wahnsinn (Charles Baudelaire). Das künstliche Licht war von Beginn an Teil dieser Symbolik. Brachten jahrhundertlang Fackeln, Kerzen und Öllampen ein eher bescheidenes Licht ins Dunkel, so erreichte die Bezwingung der Nacht seit dem Ende des 18. Jahrhunderts eine völlig neue Dimension: Mit der Einführung der Gasbeleuchtung, insbesondere aber mit der Etablierung des elektrischen Lichts seit den 1880er Jahren konnte die Nacht speziell in den Großstädten buchstäblich zum Tage gemacht werden. Die Revolution der Beleuchtungssysteme trug nicht nur maßgeblich zu dem für die industrielle Welt charakteristischen Wandel der Arbeits- und Lebensweisen bei. Das elektrische Licht wurde geradezu zum Symbol der Moderne, von Fortschritt, Wohlstand und einer aufregenden, glitzernden Großstadtkultur, das in Deutschland insbesondere von der „Elektropolis“ Berlin verkörpert wurde. Derartige Großstädte waren nicht nur faktisch Orte umfassender künstlicher Beleuchtung, sie wurden

Foto: Bundesarchiv, Bild 183-1982-1130-502.

als solche auch bewusst ins Bild gesetzt, um ihre urbane Modernität inszenatorisch zu betonen (siehe etwa Werbewoche ‚Berlin im Licht‘ 1928 sowie ähnliche ‚Wochen des künstlichen Lichts‘ in Mittelstädten wie Prenzlau in den 1920er Jahren). Die Konnotation der Dunkelheit mit ländlicher Rückständigkeit verstärkte sich noch, je mehr die hell erleuchtete städtische Nacht zum Normalfall wurde und die Abwesenheit elektrischer Beleuchtung mit bedrohlichen Erscheinungen wie Krieg (Verdunkelung), Chaos (Stromausfälle) und Not (Energieknappheit) in Verbindung gebracht wurde.

Freilich war die negative Beurteilung von Nacht und Dunkelheit ebenso wenig universal wie die Befürwortung von elektrischem Licht und Moderne. Die Romantiker verehrten die Nacht beispielsweise als Zeit der Geheimnisse und der Liebenden (u.a. Novalis, Bettina von Arnim). Auch das künstliche Licht als Symbol der Moderne wurde von den Zeitgenossen durchaus ambivalent betrachtet. Speziell Natur- und Heimatschützer brachten immer wieder Kritik gegen die ‚Auswüchse‘ der Moderne vor, zu denen man auch die Großstadtkultur mit ihren (Werbe-)Beleuchtungen rechnete. Besonders heftig wurde künstliches Licht in der Landschaft attackiert, etwa



Werbeplakat der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft AEG, Berlin (1888).

Flutlichtanlagen oder die nächtliche Illumination von Gebäuden und technischen Gerätschaften. In der kultur- und umweltschichtlichen Forschung wurden diese Gegner elektrischer Beleuchtungssysteme bislang jedoch allenfalls am Rande bzw. als Vertreter einer antimodernen Zivilisationskritik behandelt. Der Schwerpunkt der vorliegenden kulturhistorischen Arbeiten zum künstlichen Licht liegt vielmehr überwiegend auf dessen Bedeutung als



Osramturm während der „Lichtwoche“ in Berlin 1928.

Symbol der städtischen Moderne. Eine differenzierte Untersuchung zur Entwicklung der künstlichen Beleuchtung, ihren gesellschaftlichen Funktionen und ihrer Wahrnehmung, die positive wie negative Images von Nachtlandschaften anhand einer konkreten Stadt oder Region über einen längeren Zeitraum analysiert und dabei auch den Verlust eines ganzheitlichen Tag-Nacht-Erlebnisses in den Blick nimmt, bildet derzeit noch ein Forschungsdesiderat.

Ein besonders prominentes Beispiel für die Schattenseiten der künstlichen Beleuchtung ist die Astronomie. Heute bedarf es für den normalen Mitteleuropäer schon fast einer Reise, um die Sterne und die Milchstraße zu sehen, um einen visuellen Eindruck des Großen und Ganzen zu erhalten, in das wir Erdbewohner eingebettet sind – wie es Lucio Annaeus

Seneca vor mehr als zweitausend Jahren schon erahnt zu haben scheint. Die astronomische Wissenschaftlergemeinschaft sah sich entsprechend schon lange gezwungen, aus den Metropolen auszuweichen und sich Standorte zu suchen, die möglichst wenig ‚lichtverschmutzt‘ sind. Die Berliner Sternwarte, an der im Jahre 1846 der Planet Neptun entdeckt wurde, verließ so wegen der verschlechterten Beobachtungsbedingungen bereits 1913 ihr ehemaliges Domizil zwischen Friedrich- und Lindenstraße und zog nach Babelsberg. Ohne derartige lichtarme Ausweichstandorte wären die bahnbrechenden astronomischen Entdeckungen der letzten hundert Jahre kaum möglich gewesen. Zu diesen zählen die Entschlüsselung der Struktur unserer Milchstraße (mit unserem Sonnensystem als ein eher am Rande stehendes unter vielleicht 100 Milliarden weiteren), die Entdeckung der allgemeinen Galaxienflucht (Expansion des Universums), die Entdeckung der Dunklen Materie und der Dunklen

„Wenn die Sterne nur von einem einzigen Ort aus auf der Erde sichtbar wären, würden die Menschen nie aufhören, dorthin zu reisen, um sie zu sehen.“  
(Seneca, *Naturales quaestiones*, 62-65)

Energie (welche die Expansion des Universums antreibt und 1999 erstmals beschrieben wurde) oder der Nach-  
weis extrasolarer Planeten (1995).

Eine Beschränkung der wissenschaftlichen Erforschbarkeit des Universums ist somit aufgrund der Möglichkeit, auf alternative Beobachtungsstandorte in bevölkerungsarmen Gegenden oder gar im Weltraum zurückgreifen zu können, zwar noch nicht zu befürchten. Jedoch sollte der Schutz astronomischer Observatorien vor störenden Lichtemissionen

Foto: Stiftung Stadtmuseum Berlin. Reproduktion: Michael Setzpfandt, Berlin



Fotos: Andreas Hänel

Wie unterschiedlich die Lichtverschmutzung je nach Standort ausfällt, zeigt diese Fotoreihe, die unter nahezu identischen Außenbedingungen mit identischer Kamera (Canon 350D), Optik (Sigma 1.8/28mm) und gleichen Einstellungen (RAW-Format, ISO 800, 20 Sekunden Belichtungszeit) aufgenommen wurde. Die obere Reihe zeigt Aufnahmen senkrecht nach oben in den Zenit, die untere Reihe Horizontansichten. Von links nach rechts wurden die Aufnahmen an folgenden Standorten gewonnen: Eisentalhöhe in Kärnten, in einem Vorort von Osnabrück, in Radebeul bei Dresden und der Rheinaue bei Bonn.

insgesamt stärker beachtet werden. Ein kultureller bzw. kulturhistorischer Verlust durch den ‚Verzicht‘ auf eine allgemein ungestörte Betrachtung des Sternenhimmels ist hingegen zu erwarten bzw. schon gegeben.

Hochspezialisierte professionelle Beobachtungen von entlegenen Observatorien (im Weltraum, auf Vulkanen, in Wüsten) einerseits, bunte Bilder – etwa des Hubble-Weltraum-Teleskops – ohne wesentlichen Informationsballast für die Rubrik ‚Vermischtes‘ der Tageszeitung andererseits zeichnen die Breite des Feldes, in dem

„Das Licht der lumpigsten Straßenlaterne / verbirgt uns die Lichter der ewigen Sterne.“  
(Aus den »Fliegenden Blättern« 1893)

Hans-Guck-in-die-Sterne freundlich ermuntert wird, das Universum zu entdecken. *The Universe – Yours to discover*, so der Slogan des von der UNESCO apostrophierten Internationalen Jahres der Astronomie 2009.

Doch was kann man realistischere tun, wenn sich dieses Entdecken nicht im passiven Hören oder Sehen erschöpfen, sondern zu eigenem aktiven Beobachten führen soll? Die Lichterglocken über unseren Städten mit jährlichen Wachstumsraten von wohl mehr als fünf Prozent löschen den Sternenhimmel durch Schaffung eines künstlichen Dämmerungshimmels aus. Punktuell abgestrahltes Licht (Straßenbeleuchtung, Verkehr, Leuchtreklamen, Denkmäler, Lichtinstallationen etc.) wird durch Reflektion an Strassen und Wänden und durch die Streuung an Schwebeteilchen in der Luft zu einem Lichtermeer, in dem das Sternenlicht er-

trinkt. Für etwa die Hälfte der europäischen Bevölkerung ist die Milchstraße daher prinzipiell unbeobachtbar. Der Verlust des Nachthimmels kann als tragisch bezeichnet werden, weil mit einfachsten

Mitteln Weltbilder stürzende Beobachtungen nachvollzogen werden könnten, würden die objektiven (Nachthimmel) und subjektiven (Anleitung zum Beobachten und Nähe zum Naturgeschehen) Möglichkeiten dazu gegeben sein.

Der Verlust des Nachthimmels ist hausgemacht und er ist zu Teilen weder durch das Sicherheitsbedürfnis der Bevölkerung, noch durch Ästhetik gerechtfertigt; ein nicht vernachlässigbarer Teil der Lichtemission kann schlicht als Lichtmüll bezeichnet werden.

### Handlungsempfehlungen

**Bildung und Öffentlichkeit:** Kulturhistorisch-astronomische Grundkenntnisse weitergeben

Die meisten öffentlichen Veranstaltungen, die sich dem Thema ‚künstliches Licht‘ widmen, stellen die Faszination dieses Mediums, allenfalls noch Fragen der Energieeffizienz in den Mittelpunkt. Es gilt daher, Bewusstsein für die Ambivalenzen künstlicher Beleuchtung zu schaffen, etwa hinsichtlich der Beschränkung astronomischer Beobachtungen, und auf die kulturhistorisch-mentalen Dimensionen der Lichteuphorie hinzuweisen. Dies kann zum einen im Rahmen populärer Vortragsreihen – z.B. im Rahmen der Volkshochschulen – geschehen. Zum anderen kann ein schulischer Schwerpunkt ‚Astronomie‘, entweder im Rahmen des Faches Physik oder als

separates Angebot etwa in der zehnten Klassenstufe, die Errungenschaften von Natur- und Geisteswissenschaften in konkreter, exemplarischer Weise zusammenführen. Ein solcher Schwerpunkt wird auch deshalb angeregt, da die Begeisterung für Astronomie und das damit einhergehende Nachdenken über Grundfragen der Natur und die Stellung des Menschen im Universum für viele Schüler und Studenten Ausgangspunkt für eine wissenschaftliche Ausbildung und schließlich Berufswahl ist.

**Einrichten von Lichtschutzzonen um astronomische Observatorien und ausgewiesene ‚Himmelsparks‘: Sinnliche Erfahrung vermitteln**

Die beobachtete enge Verzahnung zwischen wirtschaftlicher Prosperität und Lichtemission bietet Entwicklungsmöglichkeiten der anderen Art für strukturschwache Regionen. Natur- bzw. ‚Himmelsparks‘, in denen – analog zu den nordamerikanischen ‚Dark Sky Parks‘ – statt besonderer Pflanzen oder Tiere der Sternenhimmel unter kundiger Führung gezeigt und erklärt wird, könnten als eine Komponente des ‚sanften Tourismus‘ entwickelt werden und werden hier – als Ergänzung zu Lichtschutzzonen um astronomische Observatorien – angeregt. Das Schaffen von Bewusstsein für den Verlust des Nachthimmels durch eigene sinnliche Erfahrung ist sicher eine der Voraussetzungen, die einen Reflek-

Foto: Stiftung Stadtmuseum Berlin. Reproduktion: Michael Setzpfandt, Berlin



Werbebeleuchtung am Potsdamer Platz in Berlin im Jahre 1928.

tionsprozess über notwendige und gewollte Lichtemission einerseits sowie über störende und zerstörerische Emissionen andererseits in Gang setzen kann.

**Akzeptanz für neuartige Beleuchtungskonzepte und -politiken: Historisch-sozialwissenschaftliches Hintergrundwissen nutzen**

Fundierte Kenntnisse über die historischen Wurzeln des künstlichen Lichts, seine Wahrnehmung und die mit ihm verbundenen Interessenslagen bilden eine wesentliche Voraussetzung, um den heutigen Umgang mit diesem Phänomen verstehen und damit auch verändern zu können. Die geschichtswissenschaftliche Literatur- und Quellenanalyse sowie die Befragung von Zeitzeugen können wertvolle Hintergrundinformationen für die Umsetzung neuartiger Beleuchtungskonzepte liefern, indem sie für historisch entstandene Werthaltungen und Hand-

lungsspielräume sensibilisieren sowie mögliche technische oder weltanschauliche Pfadabhängigkeiten identifizieren. Diese Erkenntnisse sollten genutzt werden, um gesellschaftliche Akzeptanz für eine Minimierung der Lichtverschmutzung zu generieren.

### Literaturhinweise

- Mizon, Bob (2002): *Light pollution. Responses and remedies*. London u.a.: Springer.
- Nentwig, Franziska (Hg.) (2008): *Berlin im Licht. Ausstellungskatalog Stiftung Stadtmuseum Berlin, Märkisches Museum, 24. Juni 2008 - 1. Februar 2009*. Berlin: G+H Verlag.
- Schivelbusch, Wolfgang (1986): *Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert*. Frankfurt/Main: Fischer.
- Schlör, Joachim (1991): *Nachts in der großen Stadt. Paris, Berlin, London 1840-1930*. München/Zürich: Artemis & Winkler.



Foto: H. Kollinger/Digitalistock

## Licht, der Taktgeber des Lebens

Annette Krop-Benesch (IZW),  
Melanie Dammhahn (DPZ),  
Barbara Griefahn (IfADo)

### Leben ist Rhythmus

Das Leben auf der Erde unterliegt dem ständigen rhythmischen Wechsel von Tag und Nacht, Licht und Dunkelheit. In gleicher Weise, in der sich Lebewesen an ihr Habitat anpassen, müssen sie dies auch für bestimmte Zeitabschnitte des Tages tun. Schon im 18. Jahrhundert erstellte der Naturforscher Linné eine Blumenuhr anhand der spezifischen Blütenöffnungszeiten verschiedener Arten im Tageslauf. Heute wissen wir, dass bei fast allen

Organismen Tagesrhythmen vorhanden sind. Die Grundlage dieser Rhythmik sind Gene, die auf zellulärer Ebene einen Takt erzeugen. Diese Takte werden durch einen Schrittmacher mit der Außenwelt synchronisiert. Bei Säugern befindet sich dieser Schrittmacher im Gehirn, dem Nucleus suprachiasmaticus, einem Teil des Hypothalamus, bei den meisten anderen Wirbeltieren wird der Rhythmus über das Pinealorgan (auch Zirbeldrüse) gesteuert.

### Der Einfluss von Licht

Unter natürlichen Bedingungen sind alle Rhythmen im Körper aufeinander und mit dem Tag-Nacht-Rhythmus abgestimmt. Hält man ein Tier jedoch im Dauerdunkel, weicht der Rhythmus geringfügig von 24 Stunden ab und nimmt eine eigene, endogen bestimmte Rhythmik an. Diese endogene Periodenlänge liegt artspezifisch zwischen 22 und 28 Stunden und wird als zirkadian (lat. *etwa ein Tag*) bezeichnet.

Wir können die endogene Rhythmik mit einer inneren Uhr vergleichen, die etwas zu schnell oder zu langsam geht. Um die innere Uhr mit der Umwelt zu synchronisieren, brauchen wir periodisch auftretende, externe Signale, sogenannte *Zeitgeber*. Der stärkste Zeitgeber ist Licht (Abb. 1). Eine deutliche Veränderung der Lichtintensität, z.B. bei Sonnenaufgang, stellt den Rhythmus der inneren Uhr auf Null, so dass die Periodenlänge erneut abgespielt wird.

Die Kopplung zwischen Schrittmacher und Körper erfolgt durch das Hormon Melatonin, das ausschließlich in der Dunkelheit der Nacht im Pinealorgan produziert wird. Licht hemmt die Produktion von Melatonin. Durch die Veränderungen im Melatoninspiegel werden die verschiedenen Funktionen des Körpers so synchronisiert, dass er sich am Ende der Ruhephase rechtzeitig auf Aktivität vorbereiten kann, um voll ein-

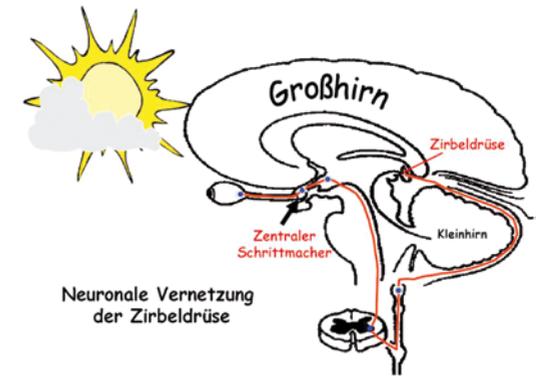


Abb. 1: Neuronale Vernetzung der Zirbeldrüse (nach Tamarkin et al. 1985).

satzfähig zu sein. Gleichzeitig ermöglicht eine Synchronisation aller Körperfunktionen effektives Regenerieren während der Ruhephase und stellt Ressourcen für wichtige Stoffwechselfvorgänge wie Wachstum frei.

Das Signal zum Stellen der inneren Uhr ist der Wechsel zwischen Hell und Dunkel und damit natürlicherweise die Dämmerung. Verringert sich der Unterschied in der Lichtintensität zwischen Tag und Nacht, wird das Signal schwächer. Dies kann dazu führen, dass die innere Uhr nicht mehr korrekt gestellt wird und die Synchronisation innerhalb des Organismus und mit seiner Umwelt gestört wird.

### Ökologische Vorteile

Berechenbare Aktivitätszeiten sind lebensnotwendig. Sie erleichtern zum ei-



Fotos: Melanie Dammhahn/DPZ

Abb. 2: Vergleich eines nachtaktiven Halbaffen (*Madame Berthe's Maumaki Microcebus berthae*) mit großen Augen und Ohren und eines tagaktiven Halbaffen (*Coquerel's Sifaka Propithecus coquereli*). Beide Arten leben auf Madagaskar.

nen das Auffinden von Paarungspartnern oder Beutetieren und zum anderen das Vermeiden von Nahrungskonkurrenten oder Fressfeinden. Die Trennung in tag- und nachtaktive Arten erlaubt zwei teils völlig unterschiedlichen Artengemeinschaften das gleiche Habitat zu nutzen.

Ein gutes Beispiel hierfür sind Primaten. Diese ursprünglich nachtaktive Gruppe eroberte im Laufe der Evolution mehrfach unabhängig den Tag. Nach dem Verschwinden der Dinosaurier im Tertiär entwickelten sich die tagaktiven Echten Affen, die Halbaffen, z.B. die Loris und Galagos, blieben aber nachtaktiv. Dort, wo es keine Echten Affen gibt, entwickelten auch die Halbaffen tagaktive Formen (Abb. 2). Einige Echte Affen eroberten sogar die Nacht wieder zurück,

wie die südamerikanischen Nachtaffen. Dadurch gibt es in vielen Primatengesellschaften in der Abenddämmerung einen Wechsel zwischen tag- und nachtaktiven Arten.

Saisonale Veränderungen der Tageslänge steuern Verhalten wie Paarung, Jungenaufzucht, Mauser, Winterschlaf oder Vogelzug. Künstliches Licht verlängert den Tag und kann dadurch einen längeren Sommer suggerieren. Jungtiere, die zu früh geboren werden, finden schlechte Bedingungen in Bezug auf Nahrung und Klima vor. Es gibt Vermutungen, dass sich der Vogelzug auf später im Jahr verschiebt, was die Überlebenschancen auf dem Zug verringern würde. Gleiches gilt für die Vorbereitung auf den Winterschlaf.

### Abb.: ifADO Zirkadiane Rhythmik beim Menschen

Auch für den Menschen ist die zirkadiane Rhythmik von entscheidender Bedeutung. Die individuelle zirkadiane Rhythmik ist ein in der Bevölkerung normal verteiltes Merkmal, das inter-individuell in weiten, intra-individuell aber in nur sehr engen Grenzen variiert. Dies wird bei Personen mit extrem früher oder später Phasenlage (der Abweichung vom 24 h-Rhythmus) deutlich. Personen mit früher Phasenlage, die Morgentypen, gehen meist früh ins Bett, wachen früh auf und sind morgens deutlich leistungsfähiger als Abendtypen. Ihr rigides

Schlafverhalten erschwert ihnen die Teilnahme an der Nachtschichtarbeit, da sie tagsüber kaum schlafen können. Abendtypen, also Personen mit später Phasenlage, gehen spät ins Bett und wachen spät auf, können aber oft bis in die späte Nacht arbeiten und kommen mit Nachtschichtarbeit im Allgemeinen gut zurecht; sie haben jedoch Probleme mit der Frühschicht, da sie ihre Schlafzeit kaum vorziehen können. Die Unterschiede zwischen Morgen- und Abendtypen zeigen sich aber nicht nur im Verhalten, sondern auch in der zeitlichen Organisation ihrer physiologischen Funktionen. So beginnt

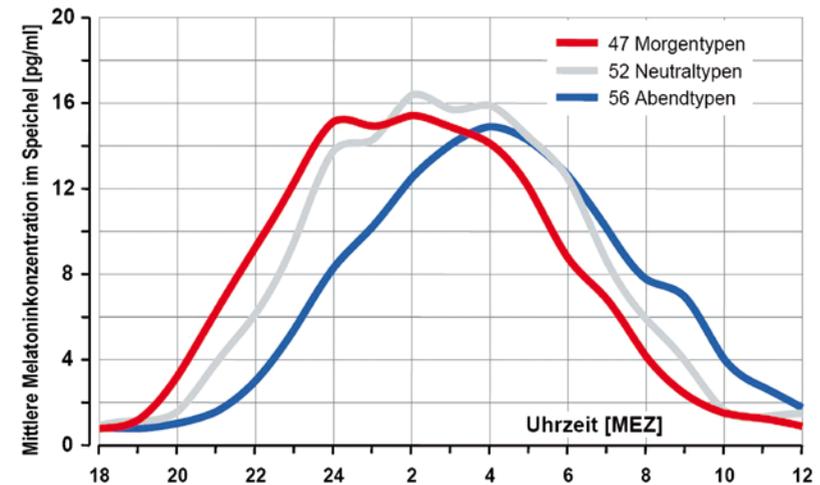


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Melatoninsynthese bei Morgen-, Neutral- und Abendtypen. (155 Probanden, 42 Frauen, 113 Männer, 16-34 Jare)

und endet die Melatoninsynthese bei Morgentypen entsprechend ihrer Phasenlage früher als bei Neutral- und bei Abendtypen (Abb. 3).

### Störungen des zirkadianen Systems

Die individuelle Stabilität des zirkadianen Systems wird vor allem durch zeitliche Variationen des Lichts gestört. Wirksam ist dabei auch künstliches Licht, dessen Intensität weit geringer als die des natürlichen Lichts ist. Systematische Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass schon sehr geringe Beleuchtungsstärken ausreichen, um die Melatoninsynthese partiell zu hemmen und in der Folge die Phasenlage zu beeinflussen. Für die chronobiologische Wirkung des Lichts ist neben der Beleuchtungsstärke der Zeitpunkt der Einwirkung entscheidend. So bewirken Lichtexpositionen zu Beginn der Nacht Verzögerungen der Melatoninsynthese und damit weiterer physiologischer Rhythmen (Abb. 4). Am Ende der Nacht bzw. am frühen Morgen appliziertes Licht bewirkt hingegen Voreilungen. Diese Änderungen sind umso stärker, je näher das Licht an den „Umschlagpunkt“ heranrückt, der mit dem Tiefpunkt der Körperkerntemperatur zusammenfällt.

Relevant sind solche Störungen bei Flügen über mehrere Zeitzonen und bei Schichtarbeit. Flüge in westlicher Rich-

tung entsprechen einer einmaligen Verlängerung, Flüge in östlicher Richtung einer einmaligen Verkürzung des Tages. Dem folgen die einzelnen physiologischen Funktionen mit einer gewissen Verzögerung und mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Die Folge ist eine Dissoziation physiologischer Rhythmen, die zu den Symptomen des Jetlags beitragen (Müdigkeit, Benommenheit, Irritation etc.). Die Geschwindigkeit der Anpassung beträgt etwa einen Tag pro Stunde relativer Zeitverschiebung.

Weit häufiger sind solche Störungen infolge von Schichtarbeit zu erwarten. Die Anpassung der physiologischen Funktionen an Nachtarbeit wird dabei aber durch den konkurrierenden Einfluss der mit der Arbeit assoziierten Lichtszenarien und des natürlichen Hell-Dunkel-Wechsels behindert. Die Dissoziation zwischen dem willkürlich um ca. acht Stunden versetzten Schlaf-Aktivitäts-Wechsel und den physiologischen Rhythmen verursacht gesundheitsrelevante Reaktionen. Die akute Symptomatik (Schlafstörungen, gastrointestinale Probleme, Benommenheit etc.) entspricht weitgehend der des Jetlags, weshalb auch der Begriff „Shiftlag“ verwendet wird. Langfristig kann der häufige Wechsel zwischen Tag- und Nachtschicht zur Genese von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, unter Umständen sogar zur Entstehung von Krebs-erkrankungen beitragen.

### Das Problem des künstlichen Lichts

Zur falschen Zeit einwirkendes Licht verursacht beim Individuum akut Störungen physiologischer Rhythmen und des Befindens, langfristig kann es zur Genese multifaktorieller Erkrankungen beitragen. Deshalb ist die nächtliche Beleuchtung in Ballungsgebieten durchaus kritisch zu bewerten. Die Beleuchtungsstärke liegt bereits in einem Bereich, der die Melatoninsynthese teilweise hemmt und damit zur chronobiologischen Instabilität der Phasenlage führen kann. Daraus resultierend ist davon auszugehen, dass diese eher unspezifischen akuten

Störungen langfristig die Manifestation multifaktoriell bedingter Erkrankungen beschleunigen.

Über die ökologischen Folgen der nächtlichen Beleuchtung wissen wir bisher nur wenig. Die Aktivitätszeit nachtaktiver Tiere wird verringert, womit ihnen weniger Zeit zur Nahrungssuche zur Verfügung steht. Verschiebungen saisonaler Verhaltensweisen können einschneidende Auswirkungen auf die Überlebenschancen haben. In Gebieten, in denen es nachts nie dunkel wird, kann das Zeitgebersignal Dämmerung sogar ganz ausbleiben. Der Lebensraum Nacht verschwindet.

Abb.: IfADo

### Verschiebung der Melatoninsynthese durch Licht

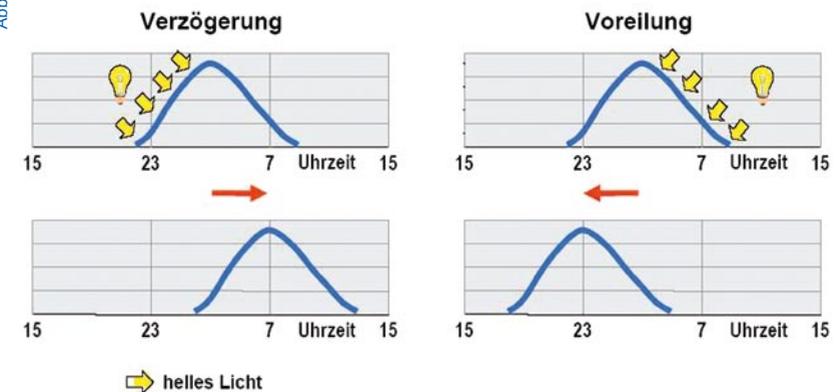


Abb. 4: Verschiebung des zirkadianen Systems indiziert durch die Verschiebung der Melatoninsynthese durch Licht

# Der Verlust der Nacht ist auch ein ökologisches Problem



Abb. 1: Die Vielzahl privater und öffentlicher Lichtquellen kann sowohl einzelne Organismen als auch Ökosystemfunktionen beeinflussen (beispielsweise entlang von Gewässern).

Franz Hölker, Christian Voigt, Christian Wolter, Elisabeth K. Perkin & Klement Tockner

Der nächtliche Himmel Deutschlands wird durch einen mehr als fünfprozentigen Zuwachs an künstlicher Beleuchtung jedes Jahr stetig heller<sup>1</sup>. Dadurch haben sich die Lichtmissionen der urbanen, periurbanen und ruralen Nachtlanschaften sowohl quantitativ als auch qualitativ grundlegend verändert. Die Aufstellung neuer Beleuchtungssysteme geschieht oftmals, ohne über die ökologischen Folgen nachzudenken. Je nach Lichtstärke, Farbspektrum sowie Zeitpunkt und Dauer der Be-

leuchtung kann jede einzelne künstliche Lichtquelle mitunter negative Folgen auf lichtsensible – zumeist nachtaktive – Organismen haben. Rund 30 Prozent aller Wirbeltiere und mehr als 60 Prozent aller Wirbellosen sind nachtaktiv.

Viele Arten nehmen Bereiche des Lichtspektrums wahr, die für den Menschen nicht beziehungsweise kaum sichtbar sind. So reagieren beispielsweise zahlreiche Insekten, Krebse und Fische auf Licht im ultravioletten Bereich. Abgesehen von Natriumdampf-Niederdrucklampen und LED senden fast alle gängigen im Außenbereich verwendeten Lampentypen Licht in diesem Spektralbereich aus. Wieder andere Vogel-, Fisch- und Krebsarten sowie einige wenige Insektenarten haben eine hohe spektrale Augenempfindlichkeit im orangefarbenen Bereich, einem Spektralbereich, in dem eigentlich alle Leuchtmittel – insbesondere Natriumdampf-Niederdrucklampen – Licht emittieren. Egal welchen Lampentyp man also verwendet, stets weisen einige Organismen eine spektrale Übersteinstimmung der Lichtmissionen mit ihrer Augenempfindlichkeit auf. Besonders kompliziert ist die Situation in Siedlungsgebieten, da sich dort die Lichtmissionen der vielen verschiedenen Lampentypen addieren können und so ein sehr breites Lichtspektrum abgedeckt wird (Abb. 1).

Das Zuviel an künstlichem Licht mit negativen Auswirkungen auf Mensch

Foto: Fotolia.de (Claudio Baldini)

und Umwelt wird mittlerweile unter dem Begriff „Lichtverschmutzung“ zusammengefasst. Problematisch ist sowohl der nach oben abgestrahlte und reflektierte Anteil des Lichts, der für die bekannten Lichtglocken und ein erhöhtes Beleuchtungsniveau über und in den Städten verantwortlich ist, als auch der direkte Einfluss einer Leuchtquelle auf Organismen. Punktuelle Lichtquellen bewirken Verhaltensänderungen wie Desorientierung, Anlockung, Erstarrung oder Abschreckung<sup>2</sup>. Dies kann sich wiederum auf tägliche oder jahreszeitliche Wanderungen, Nahrungsaufnahme, Kommunikation und Fortpflanzung auswirken. In vielen Seen ist das Lichtniveau beispielsweise ein wichtiger Steuerfaktor für die täglichen vertikalen bzw. horizontalen Wanderungen von Organismen (z.B. Wasserflöhe, Fische). Licht kann die Wanderungsamplitude dieser Tiere deutlich beeinflussen<sup>3</sup> (Abb. 2). Brückenbeleuchtung stellt eine potentielle Migrationsbarriere dar, bei der Wanderfischarten wie Lachs, Forelle und Aal unnötig viel Energie verbrauchen, welche später fehlen könnte<sup>4</sup>. Irritiert werden auch Vögel, die auf ihren Zügen einem Sternenkompas folgen, oder Insekten, wenn sie Laternen mit dem Mond verwechseln. So verenden während der Sommermonate jede Nacht durchschnittlich etwa 150 Insekten pro Straßenlaterne<sup>5</sup>. Bei etwa acht Millionen Straßenlaternen in Deutschland werden Milliarden von Insekten ihrem

Grafik: Franz Hölker/IGB

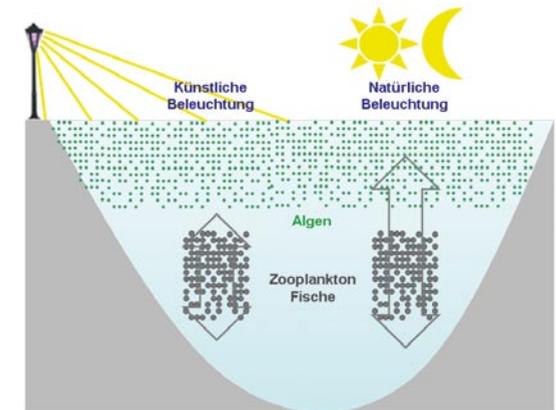


Abb. 2: Licht bewirkt eine Änderung der zirkadianen Rhythmik (z.B. Reduktion der täglichen Wanderungsamplitude von Fischen und Zooplankton). Wie wirkt sich künstliche Beleuchtung auf Nahrungsnetz und Produktivität eines Systems aus?

Lebensraum entzogen („Staubsaugereffekt“)<sup>5</sup> und können dort nicht mehr der Nahrungs- und Partnersuche nachgehen. Dies betrifft besonders Gewässer, den typischen Lebensraum von zahlreichen lichtsensiblen Insekten im Larvenstadium. In warmen Sommernächten werden besonders viele frisch geschlüpfte Insekten von künstlichem Licht angelockt. Spitzenwerte dieses Staubsaugereffekts entsprechen der Schlupfrate aus einem 1300 Meter langen Bachabschnitt pro Nacht<sup>6</sup>. Dort fehlen sie dann als Nahrungsgrundlage für Fische und Vögel. So kommt es zu einer Artenverschiebung, bei der es allerdings auch Profiteure gibt. Einige Spinnenarten bauen ihre Netze bevorzugt an Straßenlaternen, um desorientierte und erschöpfte Insekten zu erbeuten. Auch einige Fledermausarten profitieren von angelockten Insekten<sup>7</sup>. Andere Fledermausarten hingegen werden von Lichtquellen abgestoßen. Nahrungsnetze werden somit durch Lichtverschmutzung verzerrt, und Ökosysteme



Eine undichte Leuchte kann zur Insektenfalle werden, davor warten Räuber (hier Gecko und Gottesanbeterin) auf desorientierte Insekten.

können aus dem Gleichgewicht kommen. Die um diese Insekten „beraubte“ Landschaft wird nicht nur artenärmer, sondern auch ökologisch anfälliger, beispielsweise gegenüber der Massenvermehrung bestimmter Arten.

Da viele Organismen sich im Laufe der Evolution an die tageszeitlichen, lunaren und jahreszeitlichen Rhythmen angepasst haben, kann es aber nicht nur zu ökologischen Auswirkungen durch Lichtverschmutzung kommen. Auch evolutionäre Folgen der rapiden Veränderung der Nachtlandschaft auf Organismen sind zu erwarten. 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. Auch Ökosystemdienstleistungen kön-

nen durch Lichtverschmutzung beeinflusst werden. Neben kulturellen Werten zählen dazu unter anderem die Bestäubung von Kultur- und Naturpflanzen durch Nachtschmetterlinge, die Veränderung von Nahrungsnetzen und damit der Produktivität des Systems, oder die Verschiebung und Abnahme der natürlichen biologischen Vielfalt.

### Handlungsempfehlungen

#### Risiken sachlich betrachten

Technik-Anwendungen erfüllen niemals nur ihren Bestimmungszweck, sondern haben darüber hinaus oft unvorhersehbare Nebenwirkungen auf die Umwelt. Am besten sind die Effekte auf Insekten untersucht. Daher ist die Anwendung insektenfreundlicher Kriterien bei der Beleuchtungsplanung und Risikobewertung ein Anfang und besser als nichts. Andere ökologische Indikatoren (z.B. Wanderfischarten in Gewässern, Vögel, Ökosystemfunktionen) sollten jedoch langfristig bei einer Risikobewertung berücksichtigt werden. Es muss dazu geklärt werden, welches Licht in welcher Intensität und welcher spektralen Verteilung sich negativ auf welche Lebewesen in welchen räumlichen und zeitlichen Zusammenhängen auswirkt. Die Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf Ökosysteme können bisher kaum abgeschätzt werden, da meistens nur wenige Fallstudien vorliegen. Zukünftig sollten daher statt

Fotos: Fotolia (Gecko); Axel Naddolny (Gottesanbeterin)

isolierter Untersuchungen an Insekten- oder Vogelarten komplette Ökosysteme berücksichtigt werden. Risiken müssen dabei immer in einem raumzeitlichen Kontext (Grünfläche, Uferzone, Innenstadt, Wohngebiet, etc. zu unterschiedlichen Jahreszeiten) eingeordnet werden.

#### Schwellenwerte festlegen

Es sind dringend Schwellenwerte festzulegen, die das Problem der Lichtverschmutzung minimieren. Erst wenn wir wissen, wie viel und welches Licht notwendig und zumutbar ist, können wir die optimale Beleuchtung für unterschiedliche raumzeitliche Kontexte entwickeln. Je nach Zusammenhang müssen wir klären, wann und wo wir von Lichtverschmutzung sprechen können. Der Einfluss multipler Stressoren (Licht, Lärm, Temperatur, chemische Belastung) auf natürliche Systeme sollte hierbei ausreichend berücksichtigt werden.

#### Adaptive und intelligente Beleuchtungskonzepte fördern

Gesetzgebung und politisches Handeln auf allen Ebenen sind bislang uneinheitlich. Noch existieren keine wissenschaftlich abgesicherten Indikatoren und Richtlinien, um Prioritäten bei nachhaltigem Schutz von Mensch und Natur zu setzen. Die Anwendung der DIN EN 13201 (Euronorm für Straßenbeleuchtung) birgt zudem in manchen Kommunen die Gefahr, dass das Beleuch-

tungsniveau in lichtökologisch sensiblen Gebieten wie Grünanlagen, Parks und Gewässerrändern angehoben wird. In naturnahen Räumen sollten aber andere Kriterien gelten als in Wohnsiedlungen oder Stadtzentren. Gerade diese Gebiete erfordern eine besonders naturverträgliche Beleuchtung. Unter anderem haben in den eigentlich dunklen Umgebungen künstliche Lichtquellen eine deutlich größere Anziehungskraft auf Insekten als in den hellen Stadtzentren. Daher sollte in Stadtparks, an Uferwegen und -straßen sowie außerhalb von Ortschaften möglichst keine oder nur eine geringe Beleuchtung erfolgen (evtl. wenige Orientierungsleuchten). Auch die Festlegung von Kern-Nachtstunden und die Anwendung von Bewegungsmeldern oder Dimmern wären sinnvoll. Zusätzlich sollten auf licht-sensible Risikoarten abgestimmte Lichtspektren und Leuchten eingesetzt werden. Auf eine Anstrahlung von Gebäuden und Brücken in lichtökologisch sensiblen Gebieten sollte möglichst verzichtet werden.

Wie ein kontextspezifisches und intelligentes Beleuchtungskonzept aussehen könnte, will nun der Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ auch für ökologische Fragestellungen erarbeiten.

Literaturliste (Fußnoten) kann beim Autor angefragt werden (hoelker@igb-berlin.de).

# Das Licht und der Mensch



Foto: Ricarda Pätzold/Institut für Stadt- und Regionalplanung der TU Berlin

Licht als Attraktion. Bei Veranstaltungen wie dem „Festival of Lights“ in Berlin werden Sehenswürdigkeiten besonders ins (künstliche) Licht gesetzt.

Dietrich Henckel, TUB,  
Timothy Moss, IRS

## Von der Beleuchtung zur Erleuchtung?

Das künstliche Licht besitzt enorm hohe Symbolkraft. Die Beleuchtung unserer Städte vor über hundert Jahren verkörperte den Einzug der Moderne. Sie ermöglichte eine weitgehende Abkehr vom Tag-Nacht-Rhythmus und die Verlängerung ökonomischer und sozialer Aktivitäten in die Nacht hinein, sie erhöhte die Sicherheit auf Straßen und Plätzen, sie ließ Waren, Kultur-

denkmäler und ganze Städte in Glanz erstrahlen. Damit erfüllt künstliches Licht eine Vielzahl gesellschaftlicher Funktionen und ist generell positiv besetzt, wenn auch in unterschiedlichem Maße je nach sozio-kulturellem Hintergrund des Betrachters.

Das hohe Ansehen des künstlichen Lichts verschleiert allerdings seine „Schattenseite“. Lichtverschmutzung – verstanden als die Verschmutzung des natürlichen nächtlichen Lichts durch künstliches Licht – verursacht verschiedene negative Wirkungen auf Natur und Mensch (s. die anderen Beiträge dieses Hefts). Heute

mehren sich kritische Stimmen, die neben dem hohen Energieverbrauch auch die ökologischen und gesundheitlichen Folgeschäden einer übermäßigen Beleuchtung monieren. Straßenbeleuchtungen und Flutlichtanlagen, Werbeleuchten und Skybeamer werden nicht mehr nur positiv bewertet. Es findet ein Wandel der Wahrnehmung des künstlichen Lichts statt. Über diesen Prozess wissen wir bisher jedoch viel zu wenig.

## Die Ausdehnung des Tages

Die Veränderung heutiger Praxen und Politiken der künstlichen Beleuchtung erfordert fundierte Kenntnisse über die Entstehung und Verbreitung bestehender Beleuchtungssysteme sowie der damit verbundenen Symbolwerte, Interessenslagen und institutionellen Regelungen.

Der „Verlust der Nacht“ ist eine Folge der Ausdehnung wirtschaftlicher und sozialer Aktivitäten in die Nacht mithilfe künstlicher Beleuchtung. Beispiele dafür sind verlängerte Ladenöffnungszeiten, die Zunahme von Schichtarbeit, der Ausbau des Nachtverkehrs und die Aufwertung des Nachtlebens („die Stadt, die niemals schläft“). Hinter diesem generellen Trend verbergen sich allerdings sehr verschiedene Facetten:

- Die Verbreitung künstlicher Beleuchtung ist räumlich selektiv. Sie findet nicht in allen Teilräumen einer Stadt oder Region in gleichem Maße statt,



Eröffnung des neuen Berliner Hauptbahnhofs mit einer einstündigen Licht- und Lasershow am 27. Mai 2006.

sondern ist abhängig von der Struktur der ansässigen Unternehmen, der Struktur der Nachfrage und der räumlichen Struktur. Interessanterweise wächst die Lichtverschmutzung heute zwar am stärksten in suburbanen und ländlichen Gebieten, gleichwohl ist das Ausmaß der Beleuchtung ein Urbanisierungsindikator.

- Die Ausdehnung künstlicher Beleuchtung muss nicht dauerhaft sein. Es gibt vermutlich Zyklen von Zeiten mit starker und weniger starker Beleuchtung, analog der wirtschaftlichen Entwicklung.
- Beleuchtung galt und gilt immer noch als Zeichen von Wohlstand und Macht. Lichtfeste und Lasershows sowie die die Beleuchtung und Lichtinszenierung von Gebäuden sind der heutige Ausdruck des symbolträchtigen Werts des künstlichen Lichts.



Licht als Gestaltungselement urbaner Infrastruktur: Autostraßenüberführung am Wujiaochang (5-Ecken/Straßen-Platz) in Shanghai.

### Kosten des Verlusts der Nacht

Die Abkehr von den natürlichen Rhythmen, der Versuch durch künstliche Beleuchtung, „die Nacht zum Tage zu machen“, hat jedoch ihren Preis – in Form erheblicher Folgekosten. Zu den direkten Kosten gehören vor allem die Installations- und Energiekosten zur Produktion von Licht und Helligkeit. Allein die Kommunen in Deutschland wenden jährlich mehr als vier Milliarden Kilowattstunden Energie zur Beleuchtung von Straßen und öffentlichen Plätzen auf. Weltweit verursacht die Beleuchtung rund ein Viertel des gesamten Energieverbrauchs mit den entsprechenden Umweltfolgen. Die Straßenbeleuchtung in deutschen Kommunen verursacht den Ausstoß von ca. 2,5 Mio. Tonnen Kohlendioxid jedes Jahr. Hinzu kommen die indirekten Kosten als Folgen von nächtlicher Helligkeit auf andere Systeme, wie z.B. Schlaflosigkeit und dadurch bedingte Gesundheitsprobleme, Umweltschäden, die Störung von Tag-Nacht-Rhythmen etc.

Bisher wurden vor allem die indirekten Kosten bei der Planung von Beleuchtungssystemen nicht berücksichtigt. Um dies zu ermöglichen, sind künftig die verschiedenen Folgekosten des künstlichen Lichts zu erfassen, zu kategorisieren und – soweit möglich – zu quantifizieren. Hier steht die Forschung vor einer großen Aufgabe.

### Lichtkonzepte der Zukunft

Der Weg hin zu nachhaltigeren Formen der künstlichen Beleuchtung erfordert sozialwissenschaftliche Erkenntnisse über die gesellschaftliche Bedeutung und institutionelle Regelung des Lichts. Welche Bereitschaft für ökologisch verträgliche Beleuchtungskonzepte ist erkennbar? Welche Lösungsansätze auf europäischer, nationaler, regionaler und lokaler Ebene liegen bereits vor? Inwieweit sind sie auf einzelne Städte oder Regionen in Deutschland übertragbar?

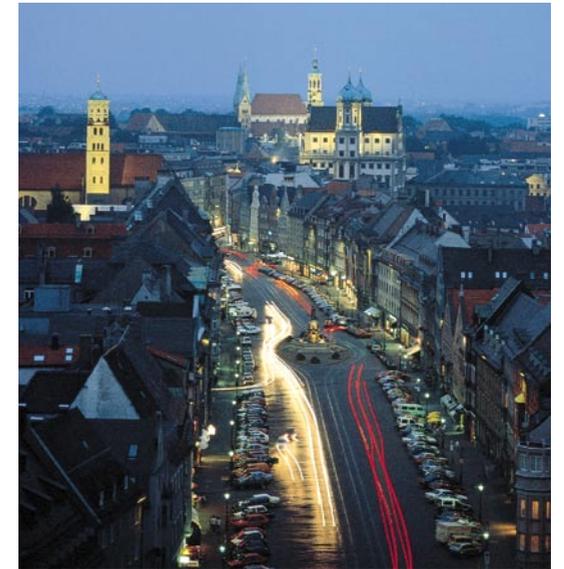
In immer mehr Städten wird das Thema Licht Gegenstand der kommunalen Planung, etwa im Rahmen von Lichtkonzepten oder Lichtmasterplänen, wie in Karlsruhe, Stuttgart und Wien. Hauptmotiv dieser Planwerke ist meist die Stadtgestaltung („schöne Stadt“), aber es werden auch Aspekte der „richtigen“ Beleuchtung (hinsichtlich des Artenschutzes oder der Lampentypen) sowie des Maßes (Vermeidung von Lichtver-

schmutzung) thematisiert. Augsburg gilt als „Modellstadt für umweltfreundliche Beleuchtung“ in Deutschland. Dort wurde die Straßenbeleuchtung der Innenstadt vollständig auf Natriumdampflampen umgerüstet und mit Dimmern ausgestattet. Dadurch konnte der Stromverbrauch um 20% gesenkt werden – mit einer Kostenersparnis von 250.000 Euro im Jahr.

### Handlungsempfehlungen

#### Problembewusstsein schärfen

Der Versuch, die Nutzung des künstlichen Lichts eindämmen zu wollen, widerspricht sehr positiv besetzten Wertvorstellungen. Die Annahme, dass mehr Beleuchtung mehr Sicherheit bringt und mehr Wohlstand verkörpert, sitzt tief. Dagegen anzugehen, erfordert nicht nur, die negativen Folgen von „zu viel“ Beleuchtung bewusst zu machen und die Nacht und die Dunkelheit wieder aufzuwerten, sondern auch die geschickte Kommunikation der wissenschaftlich nachgewiesenen Nachteile künstlicher Beleuchtung bei gleichzeitiger Anerkennung ihrer vielfältigen positiven Funktionen. Die Ambivalenzen zwischen Sicherheitsanforderungen, Symbolik und negativen Folgen müssen herausgearbeitet werden. Nur so können bewusste Abwägungen getroffen werden und „win-win“-Situationen genutzt werden.



Dank neuer Technik und gesenktem Stromverbrauch gilt Augsburg als „Modellstadt für umweltfreundliche Beleuchtung“.

#### Vorhandene Regelwerke konsequenter anwenden und ausbauen

Der gesetzliche Rahmen bietet nur begrenzte Ansatzpunkte für eine ordnungsrechtliche Steuerung des künstlichen Lichts. Dennoch werden die bestehenden Möglichkeiten zu wenig angewendet. So kann Licht, das von gewerblichen Anlagen ausgeht, als Immission unter Bestimmungen des Bundesimmissionsschutzes fallen, wenn Belästigungen der Allgemeinheit oder der Nachbarschaft als erheblich eingestuft werden. Lichtanlagen können auch vom jeweiligen Landesbaurecht erfasst werden und als

genehmigungsbedürftig gelten. Im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung besteht die Möglichkeit, Beeinträchtigungen der Natur insbesondere bei einer lichtsensiblen natürlichen Umgebung vorzubeugen, z.B. durch die Ausweisung lichtempfindlicher Gebiete. Zur Stärkung des vorhandenen Regelwerks bietet sich nach dem Vorbild der TA Luft und der TA Lärm eine TA Licht an. Diese dürfte jedoch nicht von Lichtingenieuren allein, sondern müsste gemeinsam mit Ökologen, Medizinerinnen und Sozialwissenschaftlern entwickelt werden.

#### Synergien zwischen Klima- und Naturschutz nutzen

Zurzeit werden in vielen Städten Deutschlands vorhandene Beleuchtungsanlagen gegen energie- und kostensparende Alternativen ausgetauscht. Diese Initiativen bieten eine ausgesprochen günstige Gelegenheit, bei den Neuinstallationen Aspekte der Lichtverschmutzung mit zu berücksichtigen. Denn in vielen Fällen sind energiesparende Beleuchtungssysteme auch ökologisch und gesundheitlich vorteilhafter. Maßnahmen zur Reduzierung der Beleuchtungszeiten, zur Vermeidung unnötiger Beleuchtung, zur Abschirmung von Lichtquellen oder zur Regelung der Leuchtintensität in Abhängigkeit des Außenlichts sparen Energie und schonen Natur und Mensch zugleich. Kommunale Lichtmasterpläne können die Öffentlichkeit auf die negativen Wirkungen künstlicher Beleuchtung aufmerksam machen.

#### Interessenlagen verstehen, Koalitionen schmieden

Mit der Erweiterung des Themenspektrums über licht- und energietechnische Aspekte hinaus wird auch die Konstellation relevanter Akteure erweitert. Eine in einem umfassenden Sinne nachhaltige Lichtkonzeption kann nicht durch die traditionellen Entscheidungsträger – Beleuchtungshersteller, Lichtdesigner, Kommunen und Energieversorger – allein entwickelt werden. Auch Ökologen, Mediziner, Astronomen und Anwohner sind in den Planungsprozess einzubinden. Eine wichtige Aufgabe der sozialwissenschaftlichen Forschung besteht darin, den Wandel der Sichtweisen über Licht und Dunkelheit in der Nacht zu erforschen, um daraus potentielle Interessenskonflikte und -koalitionen zu identifizieren. Gleichwohl darf die besondere Rolle von wichtigen Entscheidungsträgern nicht außer Acht gelassen werden. So müssen immer die lokalen Energieversorger mit in die Planung alternativer Beleuchtungssysteme einbezogen werden, um zumindest die Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung sicherzustellen. Der strukturelle Interessenkonflikt zwischen Energieversorgung und Energieeinsparung könnte sonst zuungunsten der Optimierung künstlicher Beleuchtung ausfallen. Die doppelte Zuständigkeit vieler Kommunen für Straßenbeleuchtung und Energieversorgung bietet hier einen wichtigen Ansatzpunkt für ein integriertes Handeln.

Foto: F. Aumüller/ Digitalstock



# Mehr Effizienz ist das oberste Gebot

Dirk Uhrlandt (INP)

## Anforderungen an ein nachhaltiges Beleuchtungssystem

Die Entwicklung von Beleuchtungssystemen ist bisher auf die jeweilige Sehaufgabe des Menschen und die dafür geforderte Beleuchtungsstärke ausgerichtet. In den vorangestellten Beiträgen wurden eine Reihe von zusätzlichen Aspekten einer künstlichen Beleuchtung genannt, die neben dem unmittelbaren Nutzer der Beleuchtung sein soziales und ökologisches Umfeld betreffen. So existieren bereits genügend Indizien für unerwünschte Nebeneffekte der urbanen Beleuchtung, aber auch für gesundheitliche Wirkungen von künstlichen Lichtquellen, die bisher keine Berücksichtigung fanden.

Ein Beleuchtungssystem soll mit minimalem Energieaufwand Licht der benötigten Intensität und Qualität möglichst nur an den Orten und zu den Zeiten bereitstellen, an denen es benötigt wird. Der Begriff Qualität muss dabei umfangreicher als bisher gefasst werden. Neben bekannten Parametern für das visuelle Empfinden des Menschen wie Lichtfarbe und Farbwiedergabe sind auch über das Sehen hinausgehende physiologische Wirkungen künstlichen Lichts auf den Menschen und in den betroffenen Ökosystemen zu

berücksichtigen. Diese sind zumeist eng mit der spektralen Zusammensetzung des Lichtes verbunden. Lichtquellen mit maßgeschneidertem Spektrum werden erforderlich sein. Es stellen sich die Fragen, ob heutige Konzepte für Lichtquellen und Beleuchtungssysteme solchen Anforderungen gewachsen sind. Wie genau müssen wir zusätzliche Wirkungen künstlichen Lichts verstehen, um die Anforderungen klar genug zu fassen? Sind diese neuen Anforderungen umsetzbar bei gleichzeitiger Reduktion des Energieaufkommens für die urbane Beleuchtung?

## Lichtquellen für die urbane Beleuchtung

In der Entwicklung von Lichtquellen und Beleuchtungssystemen muss weiterhin die Erhöhung der Energieeffizienz oberste Priorität haben. Mit Effizienz einer Lichtquelle ist das Verhältnis von erzeugtem Licht im Bereich der Augenempfindlichkeit des Menschen zur verbrauchten elektrischen Energie gemeint. Generell erzeugen Lichtquellen aber auch elektromagnetische Strahlung in spektralen Bereichen außerhalb der Augenempfindlichkeit. Diese Anteile und die in der Lichtquelle erzeugte Wärme müssen möglichst gering gehalten werden. Aufgabe der Leuchte ist neben der Halterung der Lichtquelle die Lichtverteilung, d. h. die Richtung des Lichts

auf die zu beleuchtende Fläche bzw. die Abschattung der Umgebung. Dies ist generell verbunden mit einer teilweisen Absorption von Licht, wodurch die Effizienz des Gesamtsystems gesenkt wird. Betrachtet man nur die wichtigsten Systeme urbaner Beleuchtung wie die Straßen- und Verkehrsbeleuchtung, die Architekturbeleuchtung und die Lichtwerbung, wird eine Vielfalt unterschiedlichster Beleuchtungsaufgaben deutlich, welche jeweils Lichtquellen sehr verschiedener Leuchtdichte benötigen. Leuchtstofflampen (Niederdruckplasmalampe in Röhrenform oder als Kompaktlampe, üblicherweise als Energiesparlampe bezeichnet) dominieren heute auf Grund ihrer hohen Energieeffizienz die Innenbeleuchtung, sind aber in der generierbaren Leuchtdichte aus physikalischen Gründen begrenzt und werden in der Außenbeleuchtung vorwiegend für die Lichtwerbung eingesetzt. Vorrangiges Leuchtmittel in der Straßenbeleuchtung sind heute Hochintensitätsentladungslampen (Lampen auf Basis eines Hochdruckplasmas), die ebenfalls sehr energieeffizient und mit hohen Leuchtdichten betrieben werden können. Diese Art von Lichtquellen ist bisher auf große Leistungseinheiten beschränkt.

Für eine effiziente Lichtverteilung und Lichtgestaltung, beispielsweise in der Effektbeleuchtung, sind oft Quellen kleiner Leistung und hoher Leuchtdichte

gefragt. Hier werden zur Zeit Halogen-glühlampen eingesetzt. Diese verbrauchen für den gleichen Lichtstrom etwa nur die Hälfte der Energie im Vergleich zur klassischen Glühlampe, jedoch immer noch ca. dreimal soviel wie eine Plasmalampe oder die modernste Lichtquellenart, die Leuchtdiode (LED, Lichtquelle auf Halbleiterbasis). Auch bei der heutigen LED ist jedoch die erreichbare Leuchtdichte eingeschränkt. Ein Ersatz der Halogen-glühlampe wäre möglich, wenn es gelingt, die Leuchtdichte von LED weiter zu erhöhen oder Hochintensitätsentladungslampen mit Hilfe neuer Energieeinkopplungskonzepte auch in kleinen Leistungseinheiten bereitzustellen. Beides ist Gegenstand aktueller Forschungen.

## Lampen mit maßgeschneidertem Spektrum

Die neuesten Erkenntnisse zur nichtvisuellen Wirkung spektraler Anteile im Licht geben Anlass, neu über die Gestaltung der spektralen Charakteristik künstlicher Lichtquellen nachzudenken. Hiermit ist gemeint, wie viel Strahlung in den einzelnen Wellenlängenbereichen des Spektrums emittiert wird. So reicht es nicht, die Lichtfarbe oder die mit der Lichtquelle mögliche Wiedergabe von Farben zu betrachten. Vielmehr müssen für Nebeneffekte wie etwa die Beeinflussung des Hormonhaushalts des

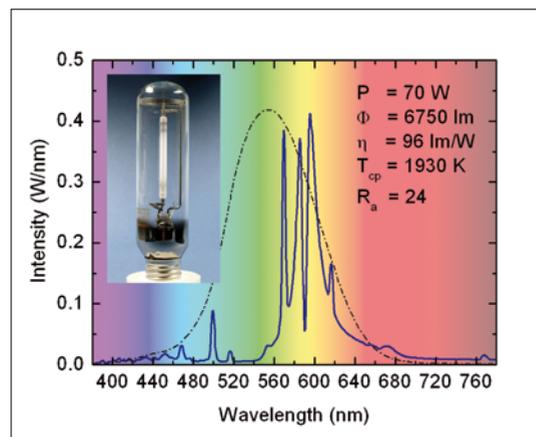


Abb. 1: Spektrum einer Na-Hochdrucklampe (OSRAM Vialox 70 W NAV(SON)-T) im Vergleich mit der standardisierten Augenempfindlichkeit (Strich-Punkt-Linie) sowie Angaben zu Leistung  $P$ , Lichtstrom  $\Phi$ , Effizienz  $\eta$ , Farbtemperatur  $T_{cp}$  und Farbwiedergabe  $R_a$ .

Menschen im tageszeitlichen Rhythmus aber auch für verwandte und ganz unterschiedliche Wirkungen auf Tiere und Ökosysteme die spektralen Empfindlichkeiten und maßgeblichen Dosen der Lichteinwirkung bekannt sein. Auf dieser Basis wäre es durchaus möglich, mit Mitteln heutiger Technik Lichtquellen mit maßgeschneidertem Spektrum zu produzieren. So kann das Spektrum einer Leuchtstofflampe durch Einsatz verschieden emittierender Leuchtstoffe sehr flexibel gestaltet werden. Auch unerwünschte Strahlungsanteile etwa im nahen ultravioletten Bereich könnten stärker als bisher durch Leuchtstoffe unterdrückt werden. Bei Leuchtdioden wird das Prinzip der Farbmischung aus grün, rot und blau emittierenden LED praktiziert, weitere Variationen ergeben sich auch hier aus der zusätzlichen Verwendung von Leuchtstoffen, ohne die eine weiß leuchtende LED heute nicht möglich wäre.

Die Wandlung des Lichtes mittels Leuchtstoffen ist immer auch mit einem Energieverlust verbunden. Das Konzept der Hochintensitätsentladungslampen kommt ohne Leuchtstoffe aus, da hier in einem Plasma bereits in hohem Anteil sichtbare Strahlung erzeugt wird. Bisher war die Variabilität des Spektrums solcher Lampen eher eingeschränkt, was sich unter anderem im Einsatz der gelb bis orange leuchtenden Natriumhochdrucklampen in der Straßenbeleuchtung manifestiert hat (siehe Abb. 1). Jedoch bietet der Einsatz neuer Füllstoffe in diesen Lampen ein erhebliches Potenzial für ganz unterschiedliche Spektren. Abb. 2 zeigt ein Beispiel für eine hocheffektive Lampe mit hoher Leuchtdichte, sehr guter Farbwiedergabe und geringem Strahlungsanteil im blauen Spektralbereich. Auch erste Ansätze, das Spektrum einer Lampe nur durch die elektrische Ansteuerung verändern zu können, sind im Labormaßstab bereits umgesetzt.

#### Dynamische Lichtszenarien

Nachhaltige Beleuchtung verlangt auch nach einer zeitlichen Steuerung der künstlichen Beleuchtung. So ist eine Anpassung der Lichtintensität, wie sie jetzt schon im Wohnbereich etwa durch Dimmen oder Bewegungsmelderauslösung praktiziert wird, auch im öffentlichen Bereich denkbar. In der Straßen-

Quelle:INP

beleuchtung sind hohe Intensitäten eher in der Dämmerung notwendig, während in der Nacht eine Absenkung ohne Einbußen von Verkehrssicherheit möglich ist. Das simple Abschalten von einzelnen Lampen führt hier jedoch zu unregelmäßiger Beleuchtung mit erheblichen Risiken für Wahrnehmung und Konzentration der Verkehrsteilnehmer. Auch eine Variation der spektralen Verteilung künstlichen Lichts in Abhängigkeit der Tageszeit scheint angebracht. Für all diese neuen Anforderungen und den Einsatz zunehmend dynamischer Lichtszenarien im öffentlichen Raum sind dimmbare Lichtquellen essentiell. Das Dimmen einer Lampe bedeutet jedoch immer ein Verlassen des optimalen Betriebsregimes und Einbußen an Effizienz und Lebensdauer. Die Suche nach neuen Betriebsweisen für effizientes Dimmen etwa bei Hochintensitätsentladungslampen stellt hier einen aktuellen Forschungsschwerpunkt dar. Erreicht werden kann dies u.a. durch eine Ansteuerung der Lampen mit kurzen elektrischen Pulsen. Die hierfür und für eine differenzierte Steuerung von Straßenzügen notwendige Vorschalttechnik ist jedoch heute noch aufwendig und teuer. Dies gilt auch für die Vorschalttechnik, welche zum geplanten Einsatz von LED's in der Straßenbeleuchtung zu entwickeln ist.

Quelle:INP

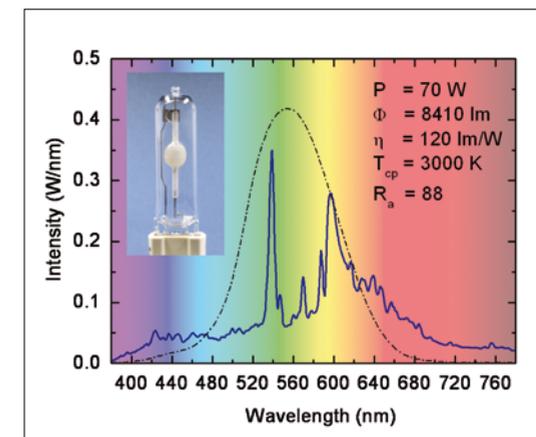


Abb. 2: Angaben wie in Abb. 1 zu einer Metalhalogenidlampe (OSRAM Powerball HCI-T 70 W / WDL)

#### Handlungsempfehlungen

Die notwendigen Schritte in Richtung eines nachhaltigen Beleuchtungssystems lassen sich wie folgt zusammenfassen. Wirkungen künstlichen Lichts auf die uns umgebenden Ökosysteme sind wie auch die nichtvisuellen Wirkungen beim Menschen soweit zu quantifizieren, dass sich klare Anforderungen an Quantität und Qualität der jeweiligen Beleuchtung formulieren lassen. Die Entwicklung von Lampen hoher Leuchtdichte und Effizienz in kleinen Leistungseinheiten kann die Flexibilität moderner Lichttechnik maßgeblich erhöhen. Konzepte für die Beleuchtung mit maßgeschneiderter spektraler Charakteristik sind weiter auszubauen. Besonderer Bedarf besteht an der Entwicklung von Lampen, die sich mit nur geringen Effizienzeinbußen dimmen lassen, sowie zugeordneter moderner Vorschalttechnik für dynamische Beleuchtungssysteme.

# Autorenliste

## **Dr. Melanie Dammhahn**

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Verhaltensökologie und Soziobiologie am Deutschen Primatenzentrum Göttingen – Leibniz-Institut für Primatenforschung.

Tel.: (0551) 3851 466  
mdammha@gwdg.de

## **Univ.-Prof. Dr. med. Barbara Griefahn**

ist stellvertretende Institutsdirektorin und Leiterin der Projektgruppen „Chronobiologie“ und „Physikalische Einwirkungen“ am Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund.

Tel.: (0231) 1084 221  
griefahn@ifado.de

## **Dr. des. Ute Hasenöhl**

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung „Institutionenwandel und regionale Gemeinschaftsgüter“ des Leibniz-Instituts für Regionalentwicklung und Strukturplanung in Erkner.

Tel.: (03362) 793-276  
Hasenoehrl@irs-net.de

## **Prof. Dr. rer. soc. Dietrich Henckel**

ist Professor für Stadt- und Regionalökonomie und Studiendekan des Instituts für Stadt- und Regionalplanung der Technischen Universität Berlin.

Tel. (030) 314 - 280 90  
d.henckel@isr.tu-berlin.de

## **PD Dr. Franz Hölker**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung „Ökohydrologie“ am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin sowie Projektleiter des Forschungsverbundes „Verlust der Nacht“.

Tel.: (030) 64 181 665  
hoelker@igb-berlin.de

## **Dr. Annette Krop-Benesch**

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Forschungsgruppe „Evolutionäre Ökologie“ des Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung.

Tel.: (030) 51 68 - 326  
krop-benesch@izw-berlin.de

## **Dr. Timothy Moss**

ist Leiter der Abteilung „Institutionenwandel und regionale Gemeinschaftsgüter“ des Leibniz-Instituts für Regionalentwicklung und Strukturplanung in Erkner.

Tel.: (03362) 793-185  
most@irs-net.de

## **Elisabeth K. Perkin**

ist Doktorandin am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin.

Tel.: (030) 64 181 665  
liz.perkin@igb-berlin.de

## **Dr. Dirk Uhrlandt**

ist Leiter des Forschungsschwerpunkts Energie am Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie Greifswald.

Tel.: (03834) 554-461  
uhrlandt@inp-greifswald.de

## **PD Dr. Axel Schwope**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Forschungsschwerpunkts „Extragalaktische Astrophysik“ am Astrophysikalischen Institut Potsdam.

Tel.: (0331) 7499-232  
aschwope@aip.de

## **Prof. Dr. Klement Tockner**

ist Direktor des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin.

Tel: (030) 64181-602  
tockner@igb-berlin.de

## **PD Dr. rer. nat. Christian Voigt**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Evolutionäre Ökologie und Leiter des Stabilisotopenlabors des Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin.

Tel.: (030) 5168-517  
voigt@izw-berlin.de

## **Dr. Christian Wolter**

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung „Biologie und Ökologie der Fische“ sowie Sprecher des Programmbereichs „Mensch-Umwelt Interaktionen“ am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin.

Tel.: (030) 641 81 633  
wolter@igb-berlin.de

# Ansprechpartner

---

## Astrophysikalisches Institut Potsdam

Wiss. Vorstand (Sprecher)

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

An der Sternwarte 16

14482 Potsdam

Tel.: (0331) 7499 0

[www.aip.de](http://www.aip.de)

---

## Deutsches Primatenzentrum – Leibniz-Institut für Primatenforschung, Göttingen

Direktor

Prof. Dr. Stefan Treue

Kellnerweg 4

37077 Göttingen

Tel.: (0551) 3851 0

[www.dpz.eu](http://www.dpz.eu)

---

## Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund

Direktor

Prof. Dr. rer. Nat. Herbert Heuer

Ardeystr. 67

44139 Dortmund

Tel.: (0231) 1084 0

[www.ifado.de](http://www.ifado.de)

---

---

## Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin

Direktor

Prof. Dr. Klement Tockner

Müggelseedamm 310

12587 Berlin

Tel.: (030) 64 181 5

[www.igb-berlin.de](http://www.igb-berlin.de)

---

## Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Greifswald

Direktor

Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann

Felix-Hausdorff-Straße 2

17489 Greifswald

Tel.: (03834) 554 300

[www.inp-greifswald.de](http://www.inp-greifswald.de)

---

## Leibniz-Institut für Regionalentwick- lung und Strukturplanung e. V., Erkner

Direktorin

Prof. Dr. Heiderose Kilper

Flakenstr. 28 – 31

15537 Erkner

Tel.: (033 62) 793 0

[www.irs-net.de](http://www.irs-net.de)

---

---

## Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtier- forschung, Berlin

Prof. Dr. Heribert Hofer

Alfred-Kowalke-Straße 17

10314 Berlin

Tel.: (030) 5168 0

[www.izw-berlin.de](http://www.izw-berlin.de)

---

## TU Berlin – Institut für Stadt- und Regionalplanung

Geschäftsführender Direktor

Prof. Dr. Stephan Mitschang

Hardenbergstraße 40A (B-Gebäude)

10623 Berlin

Tel.: (030) 314 280 92

[www.isr.tu-berlin.de](http://www.isr.tu-berlin.de)

---

## TU Berlin – Institut für Energie- und Automatisierungstechnik – Fachgebiet Lichttechnik

Fachgebietsleiter

Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker

Einsteinufer 19

10587 Berlin

Tel.: (030) 314 - 22277

[www.li.tu-berlin.de](http://www.li.tu-berlin.de)

---

---

## FU Berlin – Institut für Weltraumwissenschaften

Institutsleiter

Prof. Dr. Jürgen Fischer

Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10

12165 Berlin

Tel.: (030-838 56 666)

[www.fu-berlin.de/iss](http://www.fu-berlin.de/iss)

---

## Leibniz-Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ c/o Leibniz-Institut für Gewässer- ökologie und Binnenfischerei

Müggelseedamm 301

12587 Berlin

Projektleiter

PD Dr. Franz Hölker

Tel.: (030) 64 181 665

[hoelker@igb-berlin.de](mailto:hoelker@igb-berlin.de)

---

Wiss. Koordination

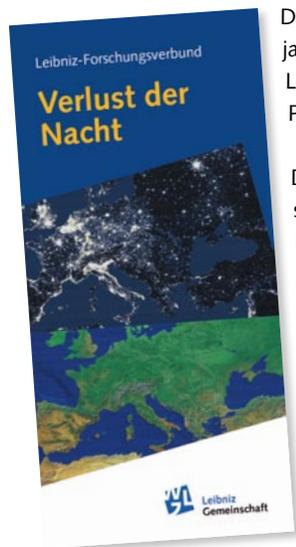
Katharina Gabriel

Tel.: (030) 64 181 665

[gabriel@igb-berlin.de](mailto:gabriel@igb-berlin.de)

---

## Leibniz-Forschungsverbund „Verlust der Nacht“



Der Leibniz-Forschungsverbund „Verlust der Nacht“ hat sich im Frühjahr 2009 auf Initiative von Prof. Dr. Klement Tockner, Direktor des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) und PD Dr. Franz Hölker, ebenfalls IGB, konstituiert.

Dem Verbund gehören sieben Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft sowie drei Institute der Technischen Universität Berlin und der Freien Universität Berlin an (siehe 34/35). Unlängst wurde die Fachgruppe „Dark Sky“ der Vereinigung der Sternenfreunde als Berater gewonnen.

In dem interdisziplinären Forschungsverbund untersuchen Wissenschaftler nun erstmals gemeinsam die ökologischen, gesundheitlichen sowie kulturellen und sozioökonomischen Auswirkungen, aber auch die Ursachen für die zunehmende Beleuchtung der Nacht.

Neben den an den beteiligten Einrichtungen angesiedelten Forschungsarbeiten strebt der Verbund vor allem gemeinschaftliche Projekte an.

Der Verbund wird bislang von der Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Berlin unterstützt (Kordinatorin Interdisziplinärer Forschungsverbund) und ist im Projekt MILIEU (Der Mensch im Ballungsraum unter Klima- und Umwelteinflüssen) eingebunden, finanziert vom Center for Cluster Development der FU Berlin. Weitere Anträge sind in Vorbereitung.

## Impressum

### Herausgeber:

Leibniz-Gemeinschaft e.V.  
Geschäftsstelle  
Postfach 12 01 69  
53043 Bonn  
Tel.: 0228/308 15-0  
Fax: 0228/308 15-255  
E-Mail: [info@leibniz-gemeinschaft.de](mailto:info@leibniz-gemeinschaft.de)  
Internet: [www.leibniz-gemeinschaft.de](http://www.leibniz-gemeinschaft.de)

### Redaktion:

Christoph Herbolt-von Loeper (v.i.S.d.P.), Nadja Neumann (IGB)

**Konzept:** Leibniz-Forschungsverbund „Verlust der Nacht“

### Autoren:

Eine Liste der Autorinnen und Autoren sowie der zuständigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler finden Sie auf Seite 32 bis 35.

Abdruck, auch von Teilen, nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung der Leibniz-Gemeinschaft gestattet.

**Gesamtgestaltung:** [unicom-berlin.de](http://unicom-berlin.de)

**Druck:** PRINTEC OFFSET – medienhaus, Kassel, [www.printec-offset.de](http://www.printec-offset.de)

Titelfotos: Nachtaufnahme: Image and data processing by NOAA's National Geophysical Data Center. DMSP data collected by US Air Force Weather Agency; Frosch: Fotolia DP/BG; Skybeamer: Dr. Andreas Hänel/Vereinigung der Sternenfreunde – Fachgruppe Dark Sky; Sternbeobachtung: Franz Xaver Kohlhauf

### Bestellungen:

Schriftlich an den Herausgeber.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

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

# Leibniz ist mehr.

Mehr Themen. Mehr Wissen. Mehr Rat.

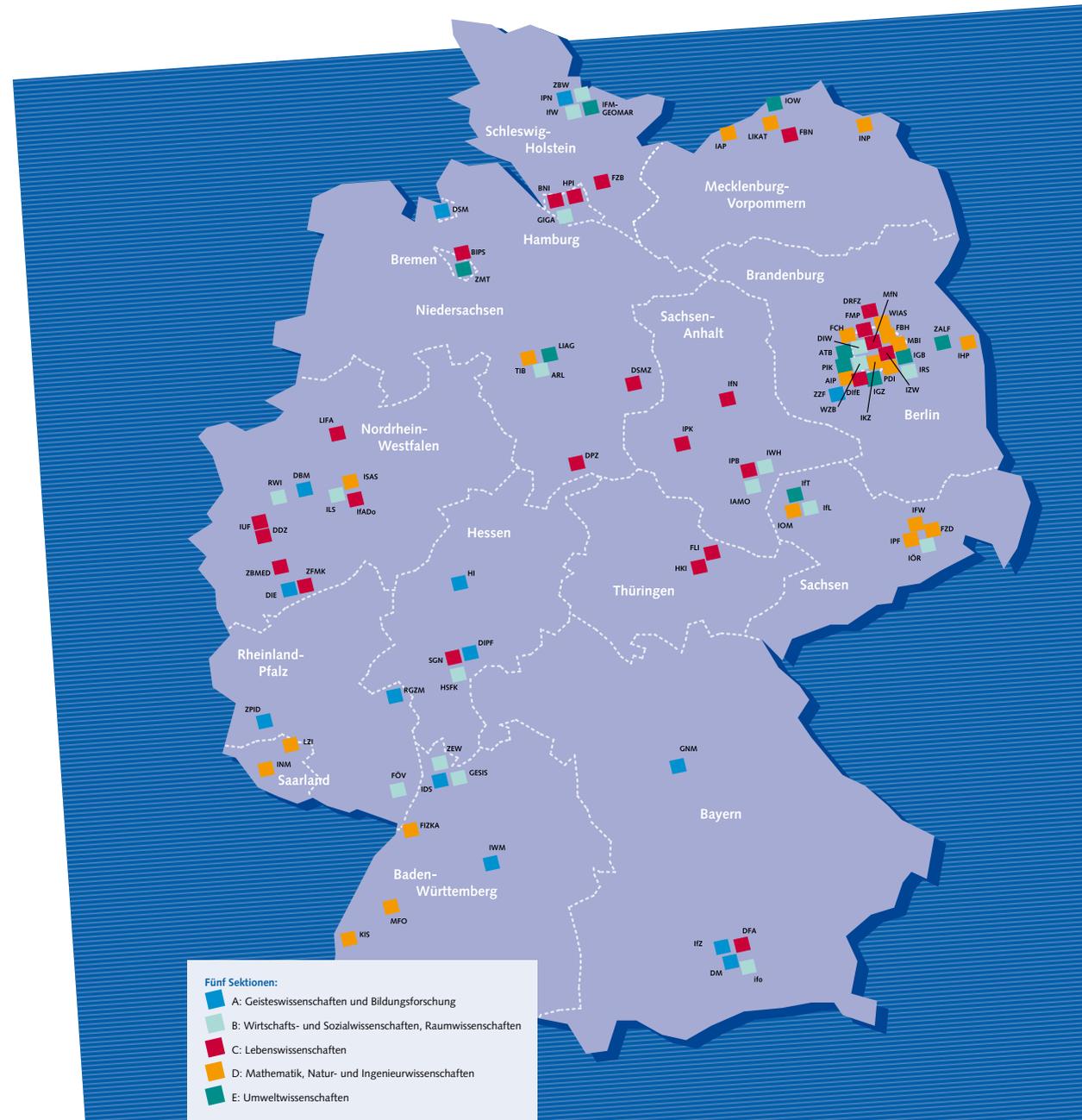
## Die Leibniz-Gemeinschaft

Zur Leibniz-Gemeinschaft gehören zurzeit 86 Forschungsinstitute und wissenschaftliche Infrastruktureinrichtungen für die Forschung sowie drei assoziierte Mitglieder. Die Ausrichtung der Leibniz-Institute reicht von den Natur-, Ingenieur- und Umweltwissenschaften über die Wirtschafts-, Sozial- und Raumwissenschaften bis hin zu den Geisteswissenschaften.

Leibniz-Institute bearbeiten gesamtgesellschaftlich relevante Fragestellungen strategisch und themenorientiert. Dabei bedienen sie sich verschiedener Forschungstypen wie Grundlagen-, Groß- und anwendungsorientierter Forschung. Sie legen neben der Forschung großen Wert auf wissenschaftliche Dienstleistungen sowie Wissenstransfer in Richtung Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit. Sie pflegen intensive Kooperationen mit Hochschulen, Industrie und anderen Partnern im In- und Ausland. Das externe Begutachtungsverfahren der Leibniz-Gemeinschaft setzt Maßstäbe. Jedes Leibniz-Institut hat eine Aufgabe von gesamtstaatlicher Bedeutung. Bund und Länder fördern die Institute der Leibniz-Gemeinschaft daher gemeinsam.

Die Leibniz-Institute beschäftigen etwa 14.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon sind ca. 6.400 Wissenschaftler, davon wiederum 2500 Nachwuchswissenschaftler. Der Gesamtetat der Institute liegt bei mehr als 1,2 Mrd. Euro, die Drittmittel betragen etwa 244 Mio. Euro pro Jahr.

Näheres unter [www.leibniz-gemeinschaft.de](http://www.leibniz-gemeinschaft.de)



# Leibniz ist mehr.

Mehr Themen. Mehr Wissen. Mehr Rat.

## In der Reihe Zwischenruf sind bisher erschienen:

### **Schweinegrippe, AIDS & Co. – Infektionskrankheiten als globales Problem (1/2009)**

Beiträge aus Human- und Veterinärmedizin sowie Wirtschafts- und Politikwissenschaften

### **Keine Zukunft ohne Landwirtschaft (2/2008)**

Beiträge aus der Wissenschaft zu Bioenergie, Grüner Gentechnik, Lebensmittelsicherheit und Klimawandel

### **Bildung fördern. Teilhabe ermöglichen. (1/2008)**

Beiträge aus der Bildungs-, Sozial- und Raumforschung

### **Raumwissenschaftliche Forschung für die politische Praxis (2007)**

Demographischer Wandel – Raumentwicklung – Regionalpolitik

### **Umweltforschung für die politische Praxis (2005)**

Gewässerschutz, Bodenschutz, Verbraucherschutz, Feinstaub

### **Umweltforschung für die politische Praxis (2004)**

Klima, Naturschutz, Biodiversität, Nachwachsende Rohstoffe

Leibniz-Gemeinschaft e.V.

Geschäftsstelle

Postfach 12 01 69

53043 Bonn

[www.leibniz-gemeinschaft.de](http://www.leibniz-gemeinschaft.de)