

Lichtverschmutzung – Ausmaß, Auswirkungen und Handlungsansätze



TAB-Fokus Nr. 25 zum Arbeitsbericht Nr. 186

Juni 2020

In Kürze

- Die zunehmende Verbreitung künstlicher Außenbeleuchtung bringt neben den beabsichtigten Wirkungen auch eine Reihe unerwünschter Nebenfolgen mit sich, die als Lichtverschmutzung bezeichnet werden.
- Künstliche Beleuchtung kann die durch Tag- und Nachtwechsel gesteuerte zirkadiane Rhythmik bei Menschen und Tieren stören und steht im Verdacht, an der Entstehung verschiedener Krankheiten beteiligt zu sein.
- Die zunehmende Erhellung der Nacht beeinflusst zudem das natürliche Verhalten von Tieren. Die Folgen reichen – neben Lebensraumveränderungen – von Änderungen im Jagd- oder Fortpflanzungsverhalten bis hin zum tödlichen Anziehungseffekt von Lichtquellen z. B. für Insekten. Die langfristigen Folgen dieser Veränderungen für ganze Populationen, Lebensgemeinschaften oder Landschaften sind noch wenig verstanden.
- Optionen für eine Reduzierung der Lichtverschmutzung bestehen sowohl technologisch als auch im Hinblick auf die Regulierung und Genehmigung von Beleuchtungsanlagen.

Worum es geht

Künstliches Licht ist eine der größten Errungenschaften der Menschheit mit erheblicher Bedeutung für die Arbeits- und Lebensweisen. Mit künstlicher Beleuchtung wird aber auch der biologische Tag-Nacht-Rhythmus und damit das Gesamtgefüge des Naturhaushalts beeinflusst. Ein natürlicher dunkler Nachthimmel ist in Deutschland selten geworden und Lichtglocken über urbanen Gebieten lassen Sterne und die Milchstraße unkenntlich werden. Neben der erhöhten Himmelhelligkeit kann Licht auch die direkte Umgebung ungewollt aufhellen. Licht ist ein wichtiger Zeitgeber, an dessen natürlichen Rhythmus sich Menschen, Tiere und Pflanzen über Jahrtausende angepasst haben. So wird vermutet, dass permanent oder periodisch veränderte Lichtverhältnisse durch zunehmende künstliche Beleuchtung negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben und ebenso zu ökologischen Beeinträchtigungen führen.

Vor diesem Hintergrund wurde das TAB beauftragt, den wissenschaftlichen Erkenntnisstand im Hinblick auf Umfang und Trends der Lichtverschmutzung sowie ihrer soziokulturellen, humanmedizinischen und ökologischen Wirkungen zusammenzufassen und Handlungsoptionen abzuleiten, die eine Verringerung der Lichtverschmutzung unterstützen.

Was ist Lichtverschmutzung und wie wird sie gemessen?

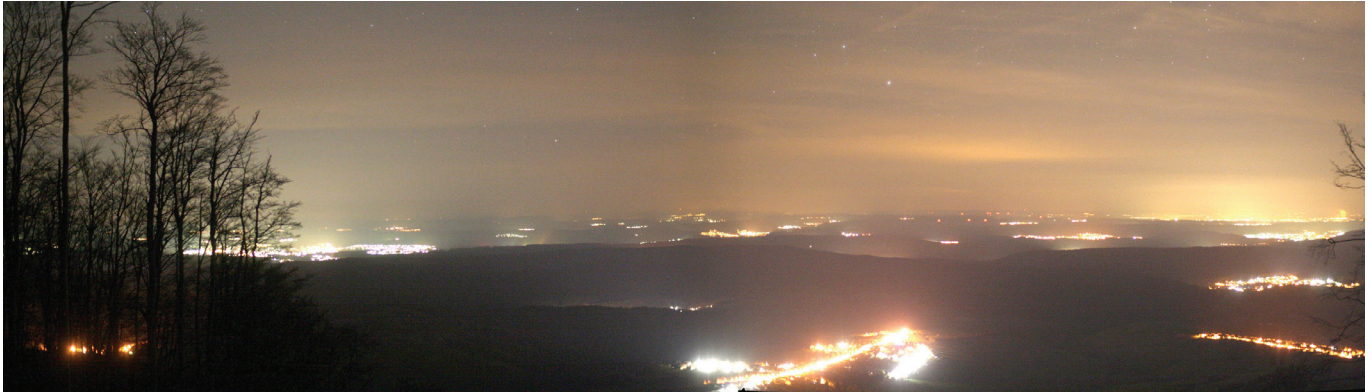
Unter Lichtverschmutzung werden alle nichtintendierten Wirkungen künstlicher Beleuchtung verstanden, also der Anteil künstlichen Lichts, der räumlich (Richtung und Fläche), zeitlich (Tages- und Jahreszeit, Dauer, Periodizität) oder durch seine Intensität bzw. spektrale Zusammensetzung (z. B. Ultraviolett- oder Blauanteil) über den reinen Beleuchtungszweck hinaus Auswirkungen hat (Abb. 2).

Die verschiedenen Ausprägungen der Lichtverschmutzung können mit unterschiedlichen Methoden gemessen werden. Direkte Lichtemissionen lassen sich am besten auf Basis der Eigenschaften der Lichtquellen, die in sogenannten Leuchtenkatastern erfasst sind, analysieren. Die notwendigen Informationen fehlen leider häufig oder sind nur für die öffentliche (Straßen-)Beleuchtung bekannt. Vertikale Fotografien erlauben die Erfassung einer seitlichen Perspektive der Beleuchtungssituation und sind besonders für die Untersuchung der zeitlichen Variabilität der Lichtemissionen geeignet. Nach oben abgestrahlte Lichtemissionen können mit horizontalen Luft- und Satellitenbilddaufnahmen bestimmt werden, wobei die Aussagekraft von ihrer Auflösung abhängt und auch von Faktoren wie Belaubung oder Wolkenbedeckung beeinflusst wird. Die Himmelhelligkeit lässt sich indirekt mithilfe der Erfassung der schwächsten, gerade noch sichtbaren Sterne bestimmen oder unter Rückgriff auf Daten aus Beleuchtungskatastern und der Fernerkundung modellieren.

Auftraggeber

Ausschuss für Bildung, Forschung und
Technikfolgenabschätzung
+49 30 227-32861
bildungundforschung@bundestag.de

Abb. 1 Lichtverschmutzung im Panorama vom Kreuzberg (Rhön) mit Blickrichtung Süden



Welches Ausmaß hat die Lichtverschmutzung und wie entwickelt sie sich?

Auf Grundlage von Satellitendaten lässt sich eine weltweite Zunahme der nächtlich beleuchteten Fläche und der Beleuchtungsintensität um jeweils etwa 2% pro Jahr feststellen. In vielen sich schnell entwickelnden Ländern Afrikas, Südamerikas und Asiens ist der Anstieg überdurchschnittlich, in bereits hell erleuchteten Ländern, wie z. B. Deutschland, oft nur moderat oder in einigen Fällen sogar leicht negativ.

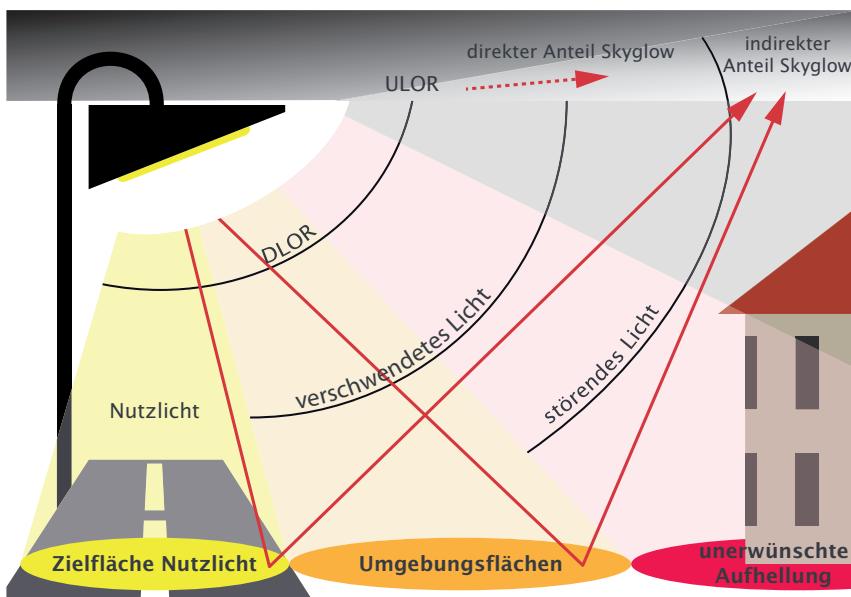
Innerhalb Deutschlands weisen die meisten Bundesländer steigende Werte sowohl für die beleuchtete Fläche als auch für die Intensität der Beleuchtung aus, Bayern und Schleswig-Holstein sind hier besonders zu nennen. Die Ausnahme bildet Thüringen mit einer Abnahme der beleuchteten Fläche und der Beleuchtungsintensität. Eine wissenschaftlich fundierte Analyse der Ursachen hinter dieser Beobachtung

liegt noch nicht vor. Es wird vermutet, dass die Zunahme durch Siedlungswachstum und Flächeninanspruchnahme und durch eine steigende Verwendung privater Außenbeleuchtung verursacht wird, während die Abnahme eher ein Artefakt der Messung ist, da die Lichtemissionen der neueren LED-Beleuchtung von den Satellitensensoren nur unzureichend erfasst werden.

Macht Lichtverschmutzung krank?

Humanmedizinisch relevante Wirkungen von Licht in der Nacht ergeben sich einerseits akut durch die Unterdrückung der Ausschüttung des Hormons Melatonin, das an der Regulation des Schlafes und der zeitlichen Koordination vieler Körpervorgänge beteiligt ist, und andererseits aus der damit verbundenen Störung des zirkadianen (d.h. auf den Tag-Nacht-Wechsel im 24-Stunden-Takt geprägten) Rhythmus körpereigener Stoffwechselprozesse.

Abb. 2 Formen der Lichtverschmutzung



DLOR = Anteil des in den unteren Halbraum abgegebenen Lichts
 ULOR = Anteil des in den oberen Halbraum abgegebenen Lichts
 Skyglow = künstlich erhöhte Himmelhelligkeit durch emittiertes oder reflektiertes Licht, das von der Erdatmosphäre zurückgestreut wird

Studien im Schlaflabor konnten zeigen, dass sowohl akute als auch zirkadiane Lichtwirkungen zu physiologischen Zuständen führen können, die einem klinischen Erscheinungsbild - von z.B. Diabetes oder Herz-Kreislauf-Störungen - ähneln. Unklar ist jedoch, ab welchem Ausmaß der Verschiebung von zirkadianen Rhythmen eine Gefährdung für die Gesundheit vorliegt. Schwellen- oder Referenzwerte gibt es daher weder für Lichtintensitäten noch für Ausmaß und Dauer der zeitlichen Verschiebung.

In einigen wissenschaftlichen Studien ist mithilfe von Satellitendaten zur Lichtverschmutzung und Daten über das Auftreten von Krebserkrankungen ein statistischer Zusammenhang zwischen beiden Größen gefunden worden. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Lichtverschmutzung und Erkrankungsrisiko kann damit aber nicht belegt werden, da keine Erhebung der indivi-

duellen Lichtexposition der Betroffenen, von Parametern der zirkadianen Rhythmik oder der Ausschüttung von Melatonin erfolgte. Somit liegen zwar wissenschaftliche Hinweise, aber keine wissenschaftlichen Nachweise für nachteilige gesundheitliche Wirkungen von Lichtverschmutzung vor.

Wie reagieren Tiere und Pflanzen auf zunehmende künstliche Beleuchtung?

Tiere und Pflanzen sind auf regelmäßige Unterschiede in ihrer Lichtumgebung angewiesen, um ihr saisonales und tagesrhythmische Verhalten zu synchronisieren. Zudem sind zwei Drittel aller Wirbellosen und ein Drittel aller Wirbeltierarten nachtaktiv und damit unmittelbar von einer Aufhellung der Nachtlandschaften betroffen.

Artspezifisch treten verschiedene Wirkungen von Lichtverschmutzung auf (Abb. 3). So kann künstliche Beleuchtung Verhaltensänderungen hervorrufen, z.B. eine zeitliche Verschiebung von Jagd-, Ruhe- oder Reproduktionsphasen. Auch der lokale Aktionsradius von Individuen kann verändert werden, wenn künstliche Lichtquellen als Attraktor z.B. für Insekten wirken oder beleuchtete Gebiete von Tieren gemieden werden und z.B. Straßenbeleuchtung als Barriere wirkt.

Die spektrale Empfindlichkeit unterscheidet sich stark zwischen einzelnen Arten. Allgemein gilt, dass die Anzahl der betroffenen Arten und das Ausmaß der Auswirkungen zunehmen, je heller die Beleuchtung und je höher der blaue und ultraviolette Spektralanteil ist.

Pflanzen reagieren auf künstliche Beleuchtung z. B. mit einem verspäteten Laubabwurf oder veränderten Blütezeiten, sodass einbrechende Fröste das Pflanzengewebe beschädigen oder die Synchronisation der Blüte mit dem Auftreten der Bestäuber beeinträchtigt werden kann.

Zwar sind einzelne Wirkungen künstlicher Beleuchtung auf einige Tier- und Pflanzenarten gut untersucht, wissenschaftlich gesicherte Aussagen zur Auswirkung der zunehmenden Erhellung der Nacht auf der Ebene von Populationen bzw. Lebensgemeinschaften oder die Ableitung konkreter Dosis-Wirkungs-Beziehungen sind allerdings nicht möglich. Unklar ist oftmals, wie anpassungsfähig Arten langfristig sind bzw. welche Folgen aus dieser Anpassung für andere Pflanzen und Tiere resultieren. Auch ist unklar, welche Bedeutung die Lichtverschmutzung als Risikofaktor neben anderen Belastungen (Urbanisierung, Landschaftszerschneidung, Nährstoff- und Biozideinträge, Klimawandel, Veränderungen in der Artenzusammensetzung etc.) hat.

Wird mit LED alles besser?

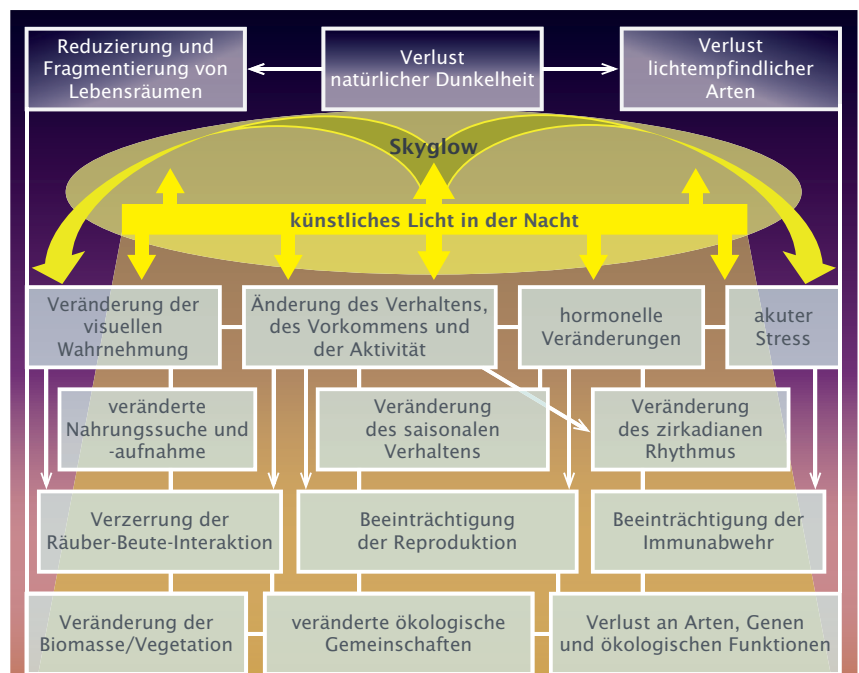
Neben ihrer hohen Energieeffizienz bietet LED-Beleuchtung durch ihre Steuerbarkeit das Potenzial, Licht effektiver einzusetzen und Lichtverschmutzung zu vermeiden. Durch die Verschiebung der spektralen Zusammensetzung des erzeugten Lichtes hin zu typischerweise höheren Blauanteilen wirkt die LED-Beleuchtung für das menschliche Auge zudem heller als eine Beleuchtung mit weniger Blauanteilen, sodass eine gewünschte Helligkeit mit geringerer Beleuchtungsintensität erreicht werden könnte.

Allerdings steht gerade das kurzwellige blaue Lichtspektrum der LED im Verdacht, humanmedizinisch und ökologisch nachteilige Wirkungen zu erzeugen. Zudem führt die kostengünstige Verfügbarkeit der energieverbrauchssarmen LED zur immer weitergehenden Nutzung von Licht sowohl bei öffentlicher Beleuchtung als auch im privaten Bereich. Und schließlich werden bei der Umrüstung oft nur die Leuchtmittel getauscht, ungenutzt bleiben hingegen die Möglichkeiten intelligenter Beleuchtungssteuerung, der Verwendung optimierter Lampenmodelle und angepasster Abstände der Straßenlaternen. Daher werden bislang die theoretischen Potenziale einer Umrüstung der Außenbeleuchtung auf LED oder eine bessere Nutzung anderer Leuchtmittel im Hinblick auf Energieeinsparung und die Vermeidung von Lichtverschmutzung bei Weitem nicht realisiert.

Wie kann Lichtverschmutzung reduziert werden?

Wie bereits angedeutet, eröffnen die Innovationen im Bereich der Beleuchtungs- und Steuerungstechnik technologische Gestaltungsspielräume. Allerdings fehlt es an verbindlichen

Abb. 3 Wirkungen von Licht auf Flora und Fauna



oder zumindest flächendeckend akzeptierten Kriterien (wie z. B. die Industrienormen für die Straßenbeleuchtung), die für bestimmte Funktionen (z. B. Sicherheits- oder Werbebeleuchtung), Orte (z. B. Innenstadt, ländlicher Raum oder Naturschutzgebiet) sowie die Zeit der Beleuchtung (z. B. mehr oder weniger intensive Nutzungszeiten) Orientierung geben.

Für eine stärkere Regulierung der Beleuchtung bestehen Anknüpfungspunkte im Immissionsschutz, im Naturschutz und in der Bauleitplanung. Auf der lokalen Ebene kann über kommunale Lichtsatzungen oder Lichtmasterpläne sowohl eine öffentliche Auseinandersetzung mit den negativen Begleitfolgen künstlicher Außenbeleuchtung angestoßen als auch eine Orientierung für die Gestaltung öffentlicher und privater Beleuchtungsanlagen gegeben werden. Unter den europäischen Nachbarn gibt es einige Vorreiter, wie z. B. Frankreich, Italien oder Spanien, die nationale oder regionale Gesetze gegen Lichtverschmutzung verabschiedet haben. In diesen werden Grenzwerte für Beleuchtungsintensitäten gesetzt oder zeitliche Abschaltungen für bestimmte Beleuchtungsanlagen vorgegeben.

Für den Aufbau und Betrieb von Straßenbeleuchtung werden derzeit aus Ermangelung einer gesetzlichen Regelung meist Industrienormen als Orientierung herangezogen. Diese sind zwar formaljuristisch unverbindlich, faktisch aber höchst einflussreich. Allerdings werden derzeit nichtintendierte Nebenwirkungen der Straßenbeleuchtung auf die menschliche Gesundheit, die Ökologie, den Klimaschutz oder das Stadtbild bei der Normbildung kaum oder gar nicht berücksichtigt. Eine Klärung, ob sich durch die Rechtsprechung tatsächlich eine (implizite) Notwendigkeit zur Heranziehung der Normen ergibt, könnte Kommunen mehr Planungssicherheit geben und Gestaltungsspielräume zur Vermeidung von Lichtverschmutzung durch Straßenbeleuchtung eröffnen.

Welche Handlungsoptionen bestehen jetzt?

Zur Ertüchtigung möglicher Regulierungsansätze sollte nicht auf die aufwendige Erforschung relevanter Parameter und Schwellenwerte gewartet werden. Um dem Trend der Aufhellung von Nachtlandschaften entgegenzuwirken, sollten Licht-

TAB-Arbeitsbericht Nr. 186 Lichtverschmutzung – Ausmaß, gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen sowie Handlungsansätze

Christoph Schröter-Schlaack, unter Mitarbeit von
Nona Schulte-Römer und Christoph Revermann



Projektinformationen

www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u30500.html

Projektleitung und Kontakt

Dr. Christoph Schröter-Schlaack
+49 341 235-1475
christoph.schroeter-schlaack@ufz.de

emissionen vielmehr vorsorgeorientiert beurteilt werden. Hierauf aufbauend können schon mit heutigem Wissen und Stand der Technik Handlungsleitlinien konkretisiert werden. Dabei lässt sich auch von den Erfahrungen anderer europäischer Länder profitieren. So könnten Mess- und Monitoringsysteme zur Überwachung der Entwicklung künstlicher Beleuchtung etabliert werden, z. B. über die verbindliche Führung eines Leuchtenkatasters. Länder und Kommunen würden von der Bereitstellung von Orientierungshilfen zur Beseitigung planerischer und rechtlicher Unsicherheiten, z. B. im Hinblick auf die Bedeutung der Industrienormen für die Straßenbeleuchtung, profitieren.

Für bundeseigene Gebäude und Anlagen könnten Beleuchtungsrichtlinien zur Minimierung der Lichtverschmutzung entwickelt und umgesetzt werden. Über Förderprogramme, Auszeichnungen und Wettbewerbe für nachhaltige Beleuchtung kann die Entwicklung integrierter lokaler und regionaler Lichtkonzepte befördert werden. Schließlich könnten Grenz- und Richtwerte als Bemessungsgrundlage etabliert werden, um Lichtemissionsschutz in bereits existierenden formellen Planungs- und Steuerungsinstrumenten bewerten zu können. Auch bietet es sich an, die Möglichkeit einer eigenständigen Regelung zur Begrenzung der Lichtverschmutzung zu prüfen.

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse seit 1990 in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) im Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Zur Erfüllung seiner Aufgaben kooperiert es seit September 2013 mit dem IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH sowie der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Von September 2013 bis August 2018 war das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ weiterer Kooperationspartner. Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung entscheidet über das Arbeitsprogramm des TAB, das sich auch aus Themeninitiativen anderer Fachausschüsse ergibt. Die ständige »Berichterstattergruppe für TA« besteht aus dem Ausschussvorsitzenden Dr. Ernst Dieter Rossmann (SPD) sowie je einem Mitglied der Fraktionen: Stephan Albani (CDU/CSU), René Rösper (SPD), Dr. Michael Ependiller (AFD), Prof. Dr. Andrew Ullmann (FDP), Ralph Lenkert (Die Linke), Dr. Anna Christmann (Bündnis 90/Die Grünen).