

Lichtverschmutzung

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

Künstliches Licht ist eine der größten Errungenschaften der Menschheit mit erheblicher Bedeutung für die Arbeits- und Lebensweisen. Mit künstlicher Beleuchtung wird aber auch der natürliche Rhythmus von Tag und Nacht und damit das Gesamtgefüge des Naturhaushalts beeinflusst. Ein dunkler natürlicher 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 Men-

schen, Tiere und Pflanzen über Jahrhunderte angepasst haben. So wird vermutet, dass die permanent und periodisch veränderten 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 Handlungsoptio-

nen abzuleiten, die eine Verringerung der Lichtverschmutzung unterstützen.

Was ist Lichtverschmutzung?

Unter Lichtverschmutzung werden alle nichtintendierten Wirkungen künstlicher Beleuchtung verstanden, also der Anteil künstlichen Lichts, das räumlich (Richtung und Fläche), zeitlich (Tages- und Jahreszeit, Dauer, Periodizität) oder in Intensität bzw. spektraler 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. Leider fehlen häufig die notwendigen Informationen 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 ab-

Abb. 1

Lichtverschmutzung im Panorama vom Kreuzberg (Rhön) mit Blickrichtung Süden

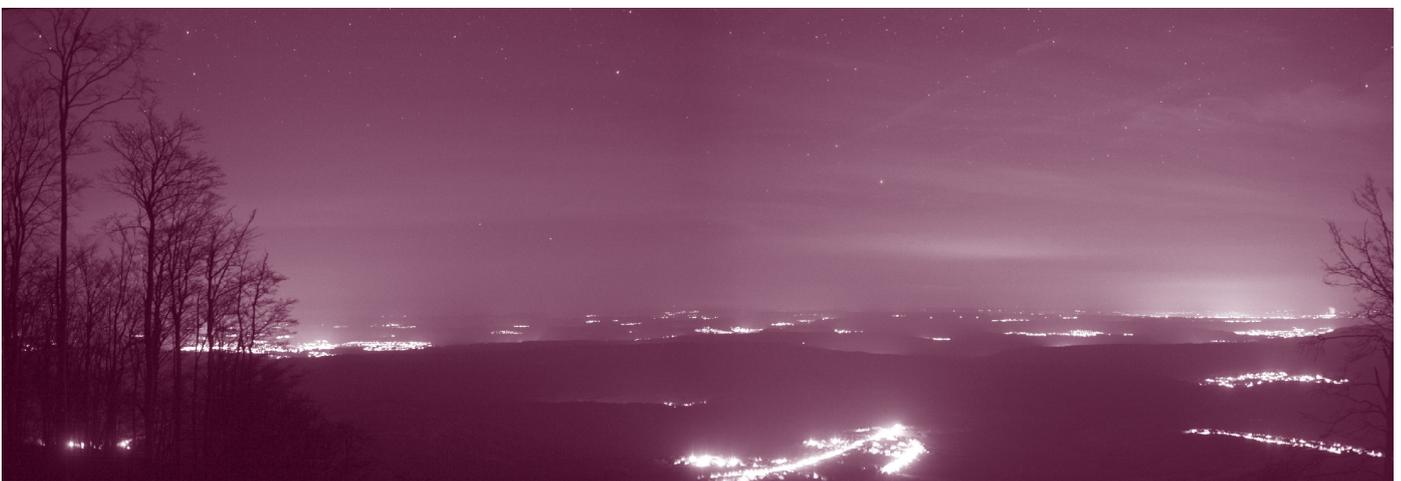
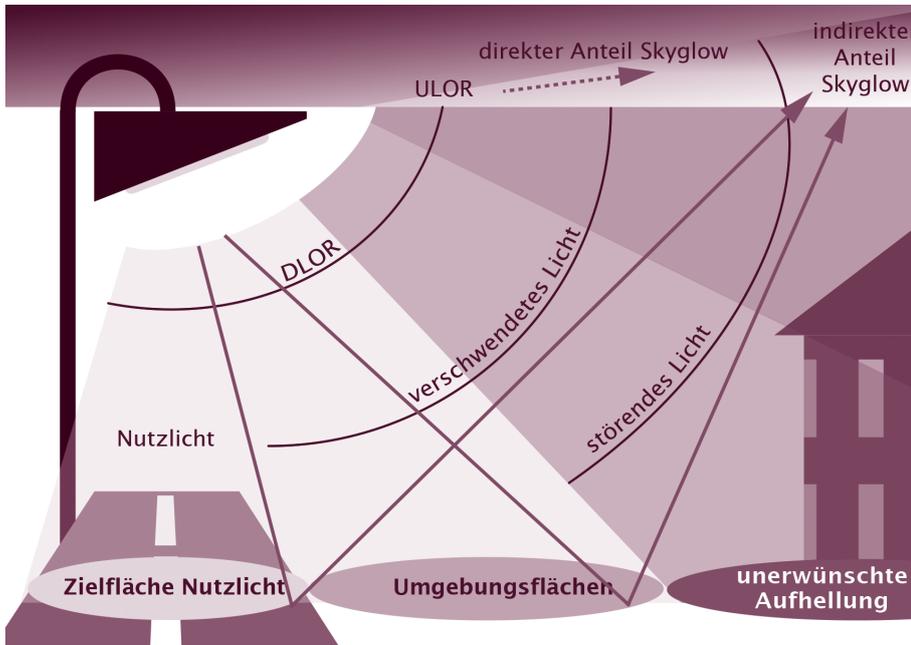


Foto: Andreas Hänel

Abb. 2 Formen der Lichtverschmutzung



DLOR = Anteil des in den unteren Halbraum abgegebenen Lichts
 ULOR = Anteil des in den oberen Halbraum abgegebenen Lichts

Quelle: verändert nach Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. 2011 u. Lang 2013

gestrahlte Lichtemissionen können mit horizontalen Luft- und Satellitenbildaufnahmen bestimmt werden, wobei die Aussagekraft von ihrer Auflösung abhängt und auch von Faktoren wie Belaubung oder Wolkenbedeckung beeinflusst wird.

Die Himmelshelligkeit lässt sich indirekt mithilfe der Erfassung der schwächsten, gerade noch sichtbaren Sterne bestimmen oder unter Rückgriff auf Daten aus Beleuchtungskatastern und der Fernerkundung modellieren.

Ausmaß der Lichtverschmutzung

Auf Grundlage von Satellitendaten lässt sich eine weltweite Zunahme der nächtlichen beleuchteten Fläche und der Beleuchtungsintensität um jeweils etwa 2 % pro Jahr feststellen. In vielen sich schnell entwickelnden Ländern Afrikas, Südame-

rikas und Asiens ist dieser Anstieg überdurchschnittlich, in bereits hell erleuchteten Ländern, wie z. B. in Deutschland, oft nur moderat oder in einigen Fällen sogar leicht negativ.

Im Vergleich zu europäischen Nachbarländern ist das Niveau der künstlichen Beleuchtung bei Nacht in Deutschland und das insgesamt in den Himmel emittierte Licht geringer. Als Hauptursache wird die gegenüber anderen Staaten eher konservative Beleuchtungskultur in Deutschland vermutet. Für Städte lässt sich die Variabilität der Lichtemissionen neben regionspezifischen Besonderheiten vor allem mit dem Bruttoinlandsprodukt, der Stadtfläche, der Straßendichte, der geografischen Breite, der Vegetation und der Schneebedeckung erklären.

Auch die Himmelshelligkeit ist räumlich stark unterschiedlich verteilt. So gibt es – insbesondere durch die hohe Siedlungs-

dichte – kein Gebiet in Deutschland, das unbeeinflusst von erhöhter Nachthimmelshelligkeit durch künstliche Beleuchtung ist. International existieren hingegen noch größere, oft unbewohnte Regionen mit natürlicher Nachthimmelshelligkeit. Da deutsche Städte jedoch insgesamt weniger stark beleuchtet sind als z. B. US-amerikanische Städte, sind die Auswirkungen dieser künstlich erhöhten Himmelshelligkeit, z. B. auf die Sichtbarkeit von Sternen oder die Nachtanpassung der Augen, in Deutschland zum Teil geringer als anderswo.

Die Erhöhung der Himmelshelligkeit durch künstliche Beleuchtung variiert außerdem in Abhängigkeit von zwei Faktoren: der Entfernung zur Lichtquelle und der Bewölkung. Während für klare Nächte gute Erkenntnisse über die räumlichen Muster der Himmelshelligkeit vorhanden sind, fehlen diese für wolkige oder ganz bewölkte Nächte fast vollständig, sowohl theoretisch als auch experimentell. Diese Kenntnislücken erschweren die Abschätzung der Auswirkungen erhöhter Himmelshelligkeit z. B. auf Wildtiere und Pflanzen.

Die Vielzahl der Nutzungsformen künstlicher Beleuchtung spiegelt sich auch in ihrem zeitlichen Auftreten wider. Einige Lichtquellen sind temporär (z. B. Lichtfestivals) oder saisonal (z. B. Beleuchtung touristischer Ziele). Einige Lichtquellen sind die ganze Nacht eingeschaltet, während andere gedimmt oder zu bestimmter Zeit an- und abgeschaltet werden. So wird die öffentliche Beleuchtung in Deutschland häufig bedarfsorientiert betrieben und zu bestimmten Zeiten – beispielsweise zwischen 23:00 und 4:00 Uhr – abgeschaltet oder reduziert. Während für Beleuchtungsquellen der öffentlichen Hand Informationen zu den Einsatzzeiten oft verfügbar sind, ist die Situation bei privat betriebenen Lichtquellen unübersichtlich. Diese können aber gerade in Städten einen erheblichen Anteil der künstlichen Beleuchtung ausmachen.

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 von Ursachen hinter dieser Beobachtung liegt noch nicht vor. Es wird vermutet, dass die Zunahme durch Siedlungswachstum und Flächeninanspruchnahme und 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.

Auswirkungen auf den Menschen

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.

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.

Einige wissenschaftliche Studien haben mithilfe von Satellitendaten zur Lichtverschmutzung und Daten über das Auftreten von Krebserkrankungen einen statistischen Zusammenhang zwischen beiden Größen gefunden. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Lichtverschmutzung und Erkrankungsrisiko kann damit aber nicht belegt werden, da keine Erhebung der individuellen 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.

Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen

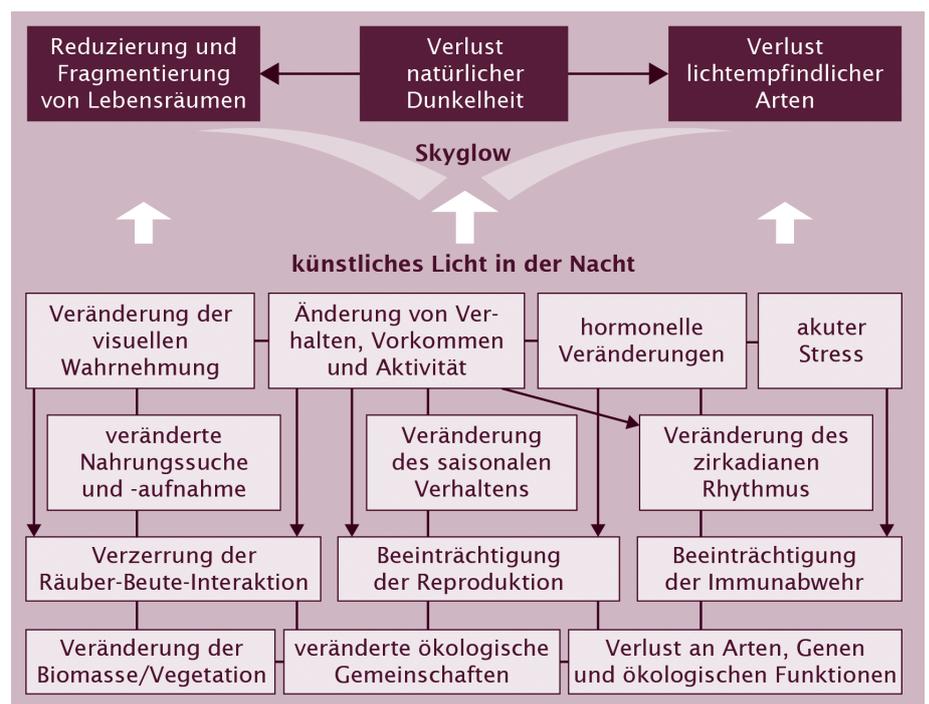
Tiere und Pflanzen sind auf regelmäßige Unterschiede in ihrer Lichtumgebung angewiesen, um ihr saisonales und ta-

gesrhythmische 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 z. B. für Insekten als Attraktor 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

Abb. 3 Wirkungen von Licht auf Flora und Fauna



Quelle: Schröer/Hölker (2018)

2.2.2 Auswirkungen auf Pflanzen

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 (Landschaftszerschneidung, Emissionen von Pestiziden, Nährstoffen, invasive Arten etc.) hat.

Was kann LED-Beleuchtung bewirken?

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.

Andererseits steht gerade das kurzwellige, blaue Lichtspektrum der LED im Verdacht, humanmedizinisch und ökologisch nachteilige Wirkungen zu erzeugen. Zu-

dem 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 sowohl im Hinblick auf Energieeinsparung als auch auf die Vermeidung von Lichtverschmutzung bei Weitem nicht realisiert.

Optionen zur Reduzierung von Lichtverschmutzung

Nach dem Vorsorgeprinzip – ein wesentliches Element der EU-Politik und des deutschen Umweltrechts – ist mit Licht schonend umzugehen, frühzeitig und vorausschauend und im Interesse künftiger Generationen zu handeln, auch wenn Ursache-Wirkungs-Beziehungen noch nicht vollständig verstanden sind. Es existiert zwar im Moment in Deutschland keine singuläre Regelung, die mögliche Beeinträchtigungen für Mensch, Flora und Fauna durch künstliche Beleuchtung umfassend adressiert. Für eine Begrenzung der Lichtverschmutzung stehen dennoch verschiedene Handlungsinstrumente zur Verfügung, z. B. im Immissionsschutz-, Naturschutz- oder Baurecht.

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

2.2.3 Auswirkungen auf Tiere

niger intensive Nutzungszeiten) Orientierung geben.

Im Bundes-Immissionsschutzgesetz wird künstliches Licht zu den schädlichen Umweltwirkungen gezählt und könnte daher grundsätzlich auch Gegenstand entsprechender Prüfungen und Auflagen zur Vermeidung und Minderung werden. Allerdings unterliegen in der derzeitigen Ausgestaltung des Gesetzes nur wenige Beleuchtungsanlagen einer Genehmigungspflicht. Die Beurteilung von Lichtimmissionen ist zudem von vielen subjektiven Variablen abhängig, sodass derzeit aus dem Immissionsschutz nur wenig konkrete Eingriffsmöglichkeiten für die Reduzierung oder Vermeidung von Lichtverschmutzung abgeleitet werden (können).

Die Naturschutzgesetzgebung eröffnet gute Anknüpfungsmöglichkeiten, um negative Auswirkungen öffentlicher und privater künstlicher Beleuchtung auf den Naturhaushalt zu reduzieren. Allerdings fallen nur ausgewählte Gebiete unter den Naturschutz, und es fehlen gegenwärtig vollzugstaugliche Abschätzungen zu den durch künstliche Beleuchtung verursachten Beeinträchtigungen für den Naturhaushalt, die für eine Vermeidung und Begrenzung von Beleuchtung notwendig wären.

Die Bauleitplanung bietet in besonderer Weise Möglichkeiten, Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft durch Lichtimmissionen zu vermeiden. Diese Möglichkeiten müssen jedoch durch die zuständigen kommunalen Entscheidungsträger erkannt, ergriffen und wirksam ausgestaltet werden, und ihre Umsetzung bedarf auch der öffentlichen Akzeptanz. Unterstützend kann dabei die Entwicklung lokaler oder regionaler Lichtmasterpläne wirken, die zwar keine rechtliche Bindung entfalten, aber als Orientierung bei der Gestaltung öffentlicher und privater Beleuchtung und der Bewusstseinsbildung dienen können. Einige Regionen haben sich gezielt zur Vermeidung von Lichtver-

schmutzung bekannt und verdeutlichen dies durch eine freiwillige Zertifizierung als Lichtschutzgebiet oder Sternenstadt.

Für 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. Die Normensetzung würde daher wirksame Anknüpfungspunkte bieten, um auf eine Reduzierung der Lichtverschmutzung hinzuwirken. Allerdings werden derzeit nichtintendierte Nebenwirkungen der Straßenbeleuchtung auf die menschliche Gesundheit, Ökologie oder das Stadtbild bei der Normbildung kaum oder gar nicht berücksichtigt.

Auch durch Förderprogramme können Entwicklungen im Bereich der künstlichen Beleuchtung beeinflusst werden. In Deutschland werden auf verschiedenen Wegen Modernisierung und Umrüstungen öffentlicher Beleuchtungsanlagen ge-

fördert. Der Fokus liegt dabei vornehmlich auf der Steigerung der Energieeffizienz und dem Klimaschutz, sodass derzeit indirekt eher eine Zunahme der Beleuchtungsintensität infolge der Umrüstung auf energieeffizientere (und zumeist beleuchtungsintensivere) Leuchtmittel und Beleuchtungsanlagen befördert wird.

Regulierungen auf europäischer Ebene nehmen über die Definition von Effizienzkriterien und die Beschränkung ineffizienter Leuchtmittel Einfluss auf nationale Beleuchtungspraktiken. Die Erwähnung von Licht als eine relevante Größe bei der Umweltverträglichkeitsprüfung von Eingriffen in den Naturhaushalt eröffnet zudem den Mitgliedsstaaten Möglichkeiten, im Rahmen nationaler Prüfverfahren stärker auf die Reduzierung von Lichtverschmutzung hinzuwirken.

Regelungen zur Reduzierung der Lichtverschmutzung in anderen europäischen Ländern können interessante Anknüpfungspunkte für die Ausbildung einer Be-

leuchtungsregulierung in Deutschland bieten. Die Bandbreite der Ansätze ist groß: Besonders progressiv sind Frankreich, das Lichtverschmutzung zentral in seiner Umweltschutzgesetzgebung adressiert, und Slowenien, das in einer landesweit gültigen Verordnung Grenzwerte für Lichtverschmutzung festgesetzt hat. In Italien und Spanien existiert zwar keine nationale Gesetzgebung gegen Lichtverschmutzung, jedoch haben einige Regionen bindende Regelungen zur Steuerung der Beleuchtungspraxis erlassen.

Der TAB-Arbeitsbericht Nr. 186 »Lichtverschmutzung – Ausmaß, gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen sowie Handlungsansätze« wurde im April 2019 fertiggestellt und befindet sich momentan im Abnahmeprozess durch den ABFTA.

Kontakt

Dr. Christoph Schröter-Schlaack
+49 341 235-1475
Christoph.Schroeter-Schlaack@ufz.de