



Referenz/Aktenzeichen: L423-1739

***Nicht amtlich publizierte Fassung***

---

# **Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen**

Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285

---

29. November 2012



## Zusammenfassung

### Auftrag und Ziel

Dieser Bericht beschreibt die Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Nachtlandschaft, die Artenvielfalt und den Menschen. Darauf aufbauend werden Massnahmen dargestellt, die mithelfen, unnötige Lichtemissionen zu vermindern. Abschliessend wird der Handlungs- und Forschungsbedarf aufgezeigt. Damit erfüllt der Bundesrat den Auftrag des Postulates Moser 09.3285, «Lichtemissionen und Artenvielfalt» vom 20. März 2009.

### Auswirkungen

Die gegen oben gerichteten Lichtemissionen haben in der Schweiz in den letzten zwanzig Jahren um rund 70% zugenommen. Dadurch nimmt die Nachtdunkelheit ab und grosse, natürlich dunkle Gebiete werden immer seltener. In der Schweiz tragen der hohe Zersiedelungsgrad und die coupierte Topografie dazu bei, dass Kunstlicht weit in die nächtliche Landschaft hinaus wirkt. In Landschaften und Naturdenkmälern von nationaler Bedeutung (BLN) und in Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung wirkt sich die Zunahme der Lichtemissionen besonders negativ aus und beeinträchtigt das Erlebnis der Landschaft.

Die Lebensräume nachtaktiver Tiere können durch künstliches Licht erheblich gestört werden, wodurch die Überlebensfähigkeit lichtempfindlicher Arten reduziert und ihr Sterberisiko erhöht wird. Besonders empfindlich sind Gebiete mit Schutzstatus, zum Beispiel Biotop von nationaler Bedeutung oder Wasser- und Zugvogelreservate, und schutzwürdige Lebensräume wie zum Beispiel naturnahe Gewässer und Gebiete mit reicher Insektenfauna. Der Lebensraum von Tieren kann durch Lichtemissionen zerschnitten, ihr Aktionsradius eingeschränkt und das Nahrungsangebot reduziert werden. Nachtaktive Tiere erwachen wegen der Beleuchtung später und haben weniger Zeit für die Nahrungssuche. In Lebensgemeinschaften kann es zur Verschiebung und Verarmung der Artenzusammensetzung kommen, etwa indem die künstliche Beleuchtung die Konkurrenz zwischen den Arten und dadurch die Räuber-Beute-Beziehungen verändert. Bei bedrohten Arten muss ein Rückgang oder gar das Aussterben von kleinen, isolierten Populationen besonders dort befürchtet werden, wo Lebensräume durch die städtische Entwicklung zerschnitten werden. Oft sind nicht die Lichtemissionen alleine für das Verschwinden einer Art an einem bestimmten Ort verantwortlich. In der Summe der Auswirkungen ist es aber möglicherweise der Faktor, der den Ausschlag dafür gibt.

Einflüsse von künstlichem Licht auf Tiere und Pflanzen sind in zahlreichen Fällen nachgewiesen worden. Eine systematische Erforschung der Beeinträchtigung von Arten, Organismengruppen oder Lebensgemeinschaften fehlt jedoch. Eine Aussage darüber, bei welchen Beleuchtungssituationen oder -intensitäten mit einer generellen Gefährdung von Tieren und Pflanzen zu rechnen ist, ist demnach nicht möglich, wohl aber Aussagen zu einzelnen besonders betroffenen Arten oder Organismengruppen. Nachgewiesen ist insbesondere, dass eine hohe Zahl von Insekten und Vögeln durch Lichtquellen zugrunde geht.

Bei den Auswirkungen von künstlicher Beleuchtung im Aussenraum auf den Menschen standen bislang Belästigungswirkungen wie eine unerwünschte Raumaufhellung oder eine belästigende Blendung durch Leuchtkörper in der Nacht im Vordergrund. Diese beiden Phänomene können unabhängig voneinander auftreten. Es existieren empirische Untersuchungen dazu, ab welchem Ausmass diese Wirkungen von Versuchspersonen als belästigend beurteilt werden. Bezüglich ihrer Belästigung und Zumutbarkeit bislang kaum untersucht sind hingegen Blendungen am Tag durch Sonnenlicht, das an spiegelnden Flächen wie Glasfassaden oder Photovoltaikanlagen reflektiert wird.

Seit wenigen Jahren wird vermehrt auch untersucht, unter welchen Umständen künstliches Licht in der Nacht den Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen verändern kann (sog. chronobiologische Wirkungen). Eine solche Beeinflussung könnte negative Gesundheitsfolgen nach sich ziehen. Derzeit konzentriert sich die Forschung auf Lichtquellen im Innenraum. In Zukunft wird zu klären sein, ob auch das allgemeine nächtliche Beleuchtungsniveau im Aussenraum namhaft zu diesen chronobiologischen Wirkungen beiträgt.

Künstliches Licht in der Umwelt wird von der Öffentlichkeit als neue Umweltbelastung wahrgenommen, die es zu begrenzen gilt. Kantone und Gemeinden sowie Normungsorganisationen sind bereits aktiv geworden. Die Kantone wünschen vom Bund Vorgaben für die Beurteilung, welche Lichtemissionen im Sinn des Umweltschutzgesetzes übermässig sind.

### **Massnahmen**

Mit der Einführung der Licht emittierenden Dioden (LED) hat ein Umbruch in der Beleuchtungstechnik begonnen. LED-Leuchten können grundsätzlich dazu beitragen, unerwünschte Lichtemissionen zu vermindern, da sie sich gezielter ausrichten und besser dimmen lassen als bisherige Beleuchtungen. Angesichts der hohen Energieeffizienz von LED gilt es allerdings aufzupassen, dass es nicht zu einem zusätzlichen Ausbau von Beleuchtungen kommt, was dem Grundsatz der Emissionsminderung zuwider laufen würde. Die Umstellung auf die LED-Beleuchtung soll dazu genutzt werden, unerwünschtes Licht in der Umwelt in weit grösserem Ausmass als bisher zu vermeiden. Dazu erachtet der Bundesrat Anstrengungen in folgenden drei Handlungsfeldern als angezeigt:

- **Regulatorische Massnahme:** Der Bundesrat lässt prüfen, ob in der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1) eine Bestimmung aufgenommen werden soll, die eine zweckmässige Handhabung von mobilen und ortsfesten Beleuchtungsanlagen zum Schutz der Arten und ihrer Lebensräume garantiert.
- **Forschung:** Der Bundesrat lässt prüfen, ob in die Ausführungspläne der Nationalen Forschungsprogramme NFP 70 „Energiewende“ und NFP 71 „Steuerungsmöglichkeiten des Endenergieverbrauchs“ das Thema "Auswirkungen der Lichtemissionen neuer Beleuchtungstechnologien auf Mensch und Umwelt" aufgenommen werden soll. Von besonderem Interesse sind Untersuchungen zu den Auswirkungen von LED-Licht auf empfindliche Arten und Lebensräume sowie zur Belästigung des Menschen durch Sonnenlicht, das an spiegelnden Flächen wie Photovoltaikanlagen reflektiert wird.
- **Vollzugsunterstützung und Sensibilisierung:** Der Bundesrat weist die für die Bewilligung von Beleuchtungsanlagen zuständigen Bundesstellen sowie die Kantone und Gemeinden darauf hin, dass Lichtemissionen, die nicht dem unmittelbaren Zweck der Beleuchtung dienen, im Sinne der Vorsorge so weit als möglich zu reduzieren sind. Der Bund beabsichtigt, die Vollzugsbehörden dabei mit folgenden Massnahmen zu unterstützen: Die Empfehlungen des Bundesamts für Umwelt BAFU zur Vermeidung von Lichtemissionen sollen aktualisiert werden. Des Weiteren soll der von den Kantonen gewünschte quantitative Massstab (Richtwerte) für die Beurteilung der Schädlichkeit und Lästigkeit von künstlichem Licht in der Umwelt für den Menschen nach den Kriterien des USG erarbeitet und die Vollzugsbehörden sollen bei dessen Anwendung unterstützt werden.

### **Ressourcenbedarf**

Angesichts der dargelegten Relevanz und des ausgewiesenen Handlungsbedarfs muss sich auch der Bund stärker als bisher für die Begrenzung unerwünschten Lichts in der Umwelt einsetzen. Die vorgeschlagenen Massnahmen (regulatorische Massnahmen, Forschung, Vollzugsunterstützung und Sensibilisierung) können im Rahmen der bestehenden finanziellen Ressourcen erarbeitet werden. Sie bedingen aber einen personellen Mehraufwand von einer auf drei Jahre befristeten Stelle im BAFU.

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung .....	7
1.1 Auftrag und Ziel .....	7
1.2 Grundlagen.....	7
1.3 Aufbau des Berichts .....	8
1.4 Künstliches Licht in der Umwelt .....	8
2 Rechtlicher Rahmen.....	9
3 Auswirkungen von Licht .....	11
3.1 Auswirkungen auf die Nachtlandschaft .....	11
3.2 Auswirkungen auf die Artenvielfalt .....	12
3.2.1 Allgemeines .....	12
3.2.2 Insekten .....	12
3.2.3 Vögel.....	13
3.2.4 Fledermäuse.....	14
3.2.5 Weitere Organismengruppen (Amphibien, lichtassimilierende Pflanzen) .....	14
3.2.6 Massnahmen zum Schutz der Artenvielfalt.....	15
3.3 Auswirkungen auf den Menschen .....	15
3.3.1 Blendung .....	16
3.3.2 Raumaufhellung .....	16
3.3.3 Chronobiologische Wirkungen .....	17
4 Bestehende Massnahmen zur Reduktion der Lichtimmissionen .....	17
4.1 Ebene Bund.....	17
4.2 Ebene Kantone und Gemeinden .....	18
4.3 Ebene privatrechtliche Normen .....	18
5 Schlussfolgerungen und Handlungsbedarf.....	19
6 Literaturverzeichnis .....	21



# 1 Einleitung

## 1.1 Auftrag und Ziel

Künstliches Licht in der Umwelt, umgangssprachlich auch als „Lichtverschmutzung“ bezeichnet, ist in den letzten Jahren zu einem Thema geworden, das die Öffentlichkeit zunehmend beschäftigt. Es ist ein Unbehagen gegen die fortschreitende Aufhellung der Nacht an Orten und in Gebieten festzustellen, wo das Licht nicht unbedingt nötig ist.

Zuerst standen die unerwünschte Aufhellung der Nachtlandschaft und die ungewollte Anziehung von Insekten und Zugvögeln im Fokus der Kritik an Beleuchtungen im Aussenraum. In den letzten Jahren fühlten sich immer mehr auch Menschen durch künstliche Aussenbeleuchtungen in ihrem Wohlbefinden gestört, was bis zu Klagen vor Bundesgericht und zu vermehrter Aufmerksamkeit der Medien führte. Die erhöhte Sensibilität für unnötige Lichtemissionen schlug sich ebenfalls vermehrt in politischen Vorstössen im Nationalrat und in kantonalen Parlamenten nieder. Und auch kantonale Umwelt- und Naturschutzämter hatten sich gemäss einer Umfrage immer öfter mit diesem Thema zu beschäftigen.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Themas in der Öffentlichkeit beantragte der Bundesrat im Jahr 2008 die Annahme des Postulats Graf 08.3697 «Vermeidung von Lichtemissionen», welches eine umfassende Darstellung der Auswirkungen von Lichtemissionen auf Mensch, Tier und Pflanzen sowie eine Evaluation technischer und regulatorischer Möglichkeiten zur Vermeidung von Lichtemissionen verlangte. Das Postulat wurde im Nationalrat jedoch nicht behandelt und nach zwei Jahren abgeschrieben.

Mit dem Postulat Moser 09.3285 «Lichtemissionen und Artenvielfalt» vom 20. März 2009 wurde der Bundesrat dann gezielt beauftragt „zu untersuchen, welche Auswirkungen Lichtemissionen auf die Artenvielfalt, insbesondere aber auf Insekten und Vögel haben und welche Massnahmen zum Schutze der Artenvielfalt ergriffen werden können.“ In seiner Antwort hat sich der Bundesrat bereit erklärt, diese Fragestellungen im Rahmen einer Gesamtschau des vorhandenen Wissens zu erörtern.

Im April 2011 wurde der Bundesrat ausserdem mit der Motion Leutenegger Oberholzer 11.3450 «Lichtemissionen. Mehr Lebensqualität und weniger Energieverschwendung» aufgefordert, „die notwendigen Massnahmen gegen unerwünschte und schädliche Lichtemissionen zu ergreifen und einen Massnahmenplan zu deren Beschränkung vorzulegen.“ Der Bundesrat beantragte die Ablehnung dieser Motion, da ihm das Ergreifen konkreter Massnahmen und das Festlegen von Grenzwerten verfrüht erschien. Er wiederholte jedoch seine Bereitschaft, die notwendigen fachlichen Grundlagen zusammenzutragen. Die Motion ist in den Räten noch nicht behandelt worden.

Im vorliegenden Bericht erfüllt der Bundesrat den Auftrag des Postulats Moser 09.3285, indem er in erster Linie den Wissensstand über den Einfluss von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt darstellt. Eine solche Darstellung macht nur Sinn, wenn sie in einen Gesamtzusammenhang gestellt wird. Eine künstlich aufgehellte Nachtlandschaft wirkt sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Lebensräume und als Folge auch auf die Artenvielfalt aus.

## 1.2 Grundlagen

Zur Beantwortung des Postulats wurden ein Expertengutachten und eine umfassende Literaturrecherche zu den „ökologischen Auswirkungen künstlicher Beleuchtung“ in Auftrag gegeben (SWILD 2011, PiU/SWILD 2011). Die Ausführungen über die Beeinflussung des Menschen basieren auf einem Synthesebericht „Auswirkungen von Lichtmissionen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen“ (Schierz 2009). Für die Auswirkungen auf die Nachtlandschaft stützt sich der Bericht auf bereits vorhandene Literatur (u.a. BUWAL 2005) und die Landschaftsbeobachtung Schweiz LABES (BAFU 2010a). Ebenfalls in den Bericht einbezogen werden die Ergebnisse einer Umfrage bei kantonalen Ämtern, die sich mit Lichtemissionen befassen (BAFU 2010b).

### 1.3 Aufbau des Berichts

Nach einer kurzen Einführung ins Thema künstliches Licht und Umwelt werden in Kapitel 2 die gesetzlichen Grundlagen auf Bundesebene für die Vermeidung oder Begrenzung von Lichtemissionen und -immissionen genannt. Hauptteil des Berichts bildet Kapitel 3, welches den Wissensstand über die Auswirkungen von Licht auf die Nachtlandschaft (Kap. 3.1), die Artenvielfalt (Kap. 3.2) sowie den Menschen (Kap. 3.3) zusammenfasst.

In Kapitel 4 sind Massnahmen zusammengestellt, die von Behörden auf Stufe Bund, Kanton oder Gemeinde sowie von Privaten bereits heute getroffen oder angeregt werden, um unnötige Lichtemissionen zu verhindern und die Einwirkungen auf die Umwelt und den Menschen möglichst gering zu halten. Der Handlungs- und Forschungsbedarf wird schliesslich in Kapitel 5 dargelegt.

### 1.4 Künstliches Licht in der Umwelt

Die Erfindung des elektrischen Lichts ermöglichte Arbeiten zu jeder Tages- und Nachtzeit und an jedem Ort und führte auch zu einer grossräumigen Beleuchtung in Städten sowie entlang von Verkehrswegen. Damit wurde eine bessere Orientierung und eine Erhöhung der Sicherheit in der Nacht erreicht. Mit der Zeit kamen Beleuchtungen hinzu, die für bestimmte Einrichtungen und Konsumgüter werben oder der Gestaltung von öffentlichen Plätzen und Gebäuden in der Nacht dienen. Mit der Einführung der Licht emittierenden Dioden (LED) hat in der Beleuchtungstechnik vor kurzem ein weiterer Entwicklungsschritt begonnen. Von LED-Beleuchtungen erhofft man sich auch Einsparungen beim Stromverbrauch.

Die nächtliche Beleuchtung hat in den industrialisierten Ländern mittlerweile ein Niveau erreicht, das negative Einflüsse auf die belebte Natur als möglich erscheinen lässt. Relevant für Auswirkungen ist jedoch nicht nur die Intensität, sondern sind auch die spektrale Zusammensetzung des Lichts (z.B. Ultraviolett- oder Blau-Anteile), der Zeitpunkt (Tageszeit, Jahreszeit), die Dauer, die Periodizität oder die Richtung der Beleuchtung.

Im Umweltschutz wird häufig zwischen Emissionen und Immissionen unterschieden. Unter Emission ist das gesamte von einer Quelle (z.B. Strassenbeleuchtung) abgestrahlte Licht zu verstehen. Dieses dient im Idealfall vollumfänglich dem vorgesehenen Beleuchtungszweck. In der Realität ist dies kaum je der Fall und ein Teil der Emission ist direkt in den Himmel oder neben die zu beleuchtenden Flächen gerichtet. Dieser Anteil wird als unerwünschte Emission bezeichnet, welche es zu vermeiden gilt. Die Immissionen andererseits bezeichnen das Licht, das an einem Ort (z.B. in der Wohnung) ankommt. Auf dem Weg dazwischen kann das Licht durch Hindernisse abgeschwächt oder ganz abgeschirmt werden. Bei grossräumigen Betrachtungen ist die Unterscheidung zwischen Emissionen und Immissionen fließend. Im vorliegenden Bericht wird im Zweifelsfall der Begriff Lichtemission verwendet.

Quellen von künstlichem Licht in der Umwelt sind insbesondere:

- Öffentliche Beleuchtung (z.B. von Strassen, Wegen, Plätzen, Bahnhöfen, Flugplätzen)
- Beleuchtung von Sport- und Freizeitanlagen (z.B. Stadien, Tennisplätze, Skipisten, Loipen)
- Beleuchtung von Gebäuden (z.B. Einkaufszentren, Denkmäler, private Häuser)
- Reklamebeleuchtungen (z.B. Leuchtreklamen, Schaufensterbeleuchtungen, „Skybeamer“<sup>1</sup>)
- Beleuchtung von natürlichen Objekten (z.B. Berggipfel, Pärke/Bäume, Wasserfälle)

Neben diesen Beleuchtungen in der Nacht kann auch die tagsüber auftretende Reflexion von Sonnenlicht an Fassaden, Fensterflächen oder Solaranlagen als Emission von Licht qualifiziert werden.

Je nachdem, in welche Richtung und in welcher Intensität das Licht abgestrahlt wird, kann es unterschiedlich weit reichen:

---

<sup>1</sup> Mit Skybeamer (oder Himmelsstrahler) werden starke Scheinwerfer bezeichnet, die vor allem von Diskotheken oder Festveranstaltungen zu Werbezwecken Licht in den Nachthimmel abstrahlen.



**Überregionale Ausbreitung:** Licht, das ohne Abschirmung gegen oben abgestrahlt oder reflektiert wird, gelangt ungehindert in den Nachthimmel, verändert grossräumig die Nachtlandschaft und ist sogar vom Weltall aus ersichtlich, wie Satellitenbilder zeigen.

**Regionale Ausbreitung:** Gegen oben abgestrahltes oder reflektiertes Licht kann über einer Stadt oder Agglomeration insbesondere bei Nebel eine sog. Lichtglocke bilden. Diese regional wahrnehmbare Aufhellung kann Zugvögel anziehen und von ihrem Weg ablenken.

**Lokale Ausbreitung:** Auf Tiere und Pflanzen kann jedoch bereits eine kleinräumige Aufhellung der Nacht einen Einfluss haben. So können Insekten schon von einzelnen Leuchten angezogen werden. Auch für die Belästigung des Menschen sind in der Regel die lokalen Immissionen massgebend, beispielsweise das Licht, das direkt in einen Wohnraum gelangt.

## 2 Rechtlicher Rahmen

Der Schutz von Natur und Umwelt ist in der Bundesverfassung und in mehreren Bundesgesetzen geregelt. Für die Vermeidung von Beeinträchtigungen und Schädigungen durch Licht sind insbesondere folgende Erlasse massgebend:

- Bundesverfassung mit Artikel 74 Absatz 1 und 2 sowie Artikel 78 Absatz 4.
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG; SR 451) mit den Artikeln 1 bis 3, 5, 6, 18, 18a, 18b, Artikel 20 Absatz 1 sowie Artikel 23b bis 23d.
- Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (Jagdgesetz, JSG; SR 922.0) mit Artikel 1 Absatz 1 und Artikel 7 Absatz 4.
- Bundesgesetz über die Fischerei (BGF, SR 923.0) mit Artikel 5.
- Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG; SR 814.01) mit Artikel 1, Artikel 7 Absätze 1 und 2 sowie den Artikeln 11 bis 14.
- Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG; SR 700) mit den Artikeln 1, 3, 17, 22 und 24.
- Signalisationsverordnung (SR 741.21) mit Artikel 100.

Gemäss diesen Erlassen sind Lichtimmissionen wie folgt zu beurteilen und zu beschränken:

- Lichtimmissionen können die nächtliche Landschaft und damit im weitesten Sinne das heimatische Landschafts- und Ortsbild beeinträchtigen. Diesbezügliche Eingriffe sind darum im Rahmen von Artikel 3 und 6 des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) zu beurteilen. Der Bund, seine Anstalten und Betriebe sowie die Kantone haben entsprechend bei der Erfüllung von Bundesaufgaben im Sinne von Artikel 2 NHG dafür zu sorgen, dass das heimatische Landschafts- und Ortsbild, geschichtliche Stätten sowie Natur- und Kulturdenkmäler geschont werden und, wo das allgemeine Interesse an ihnen überwiegt, ungeschmälert erhalten bleiben (Art. 3 NHG). Dieser Schutz gilt in besonders strenger Weise für Objekte von Bundesinventaren nach den Artikeln 5 und 23 b - 23 d NHG.
- Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Artenvielfalt sind im Rahmen der Artikel 18, 18a und 18b NHG zu beurteilen. Dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten ist durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken (Art. 18 Abs. 1 NHG). Besonders zu schützen sind Lebensräume wie Uferbereiche und Moore sowie weitere Standorte, die eine ausgleichende Funktion im Naturhaushalt erfüllen oder besonders günstige Voraussetzungen für Lebensgemeinschaften aufweisen. Lässt sich eine Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe unter Abwägung aller Interessen nicht vermeiden, so hat der Verursacher für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonsten für angemessenen Ersatz zu sorgen. Artikel 18a NHG regelt den Schutz der Biotope von nationaler Bedeutung, 18b die Biotope von regionaler Bedeutung sowie die Gebiete für den ökologischen Ausgleich.

- Nach Artikel 1 Absatz 1 Buchstabe a des Jagdgesetzes (JSG) sollen die Artenvielfalt und die Lebensräume der einheimischen und ziehenden wildlebenden Säugetiere und Vögel erhalten bleiben. Zur langfristigen Erhaltung der freilebenden Tierwelt müssen Vorkehrungen zum Schutz vor Störungen getroffen werden. Es gilt vor allem, Störungen durch touristische, sportliche und weitere Aktivitäten des Menschen, wie Emissionen von Beleuchtungsanlagen, in den Lebensräumen von wildlebenden Säugetieren und Vögeln nach Möglichkeiten zu beschränken (Art. 7 Abs. 4 JSG).
- Gemäss Artikel 5 des Fischereigesetzes (BGF) bezeichnet der Bundesrat die Arten und Rassen von Fischen und Krebsen, die gefährdet sind. Zum Schutz der Lebensräume z.B. vor Lichtimmissionen müssen Massnahmen ergriffen werden.
- Das Umweltschutzgesetz (USG) bezweckt, Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen (Art. 1 Abs. 1 USG). Zu diesen Einwirkungen gehören nach Artikel 7 Absatz 1 USG auch durch den Bau und Betrieb von Anlagen erzeugte „Strahlen“. Wie aus der Botschaft zum Entwurf des USG von 1979 hervor geht, sind mit Strahlen „Einwirkungen durch nichtionisierende Strahlen wie helles Licht, Lichtblitze, Ultraviolett-, Infrarot- oder Laserstrahlen sowie Mikrowellen“ gemeint (BBl 1979 III 749, S. 783). Betreffend nichtionisierender Strahlung ist in der öffentlichen Diskussion heute insbesondere der sog. "Elektrosmog" präsent, d.h. von Mobilfunk- oder Rundfunksendeanlagen ausgesandte Strahlung oder von Hochspannungsleitungen erzeugte elektrische und magnetische Felder. Der Schutz davor ist in der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV; SR 814.710) konkretisiert. Keine solchen Ausführungsbestimmungen bestehen hingegen für Lichtimmissionen, obwohl der Schutz vor Einwirkungen durch helles Licht in der Botschaft zum Entwurf des USG ebenfalls ausdrücklich genannt wird.

Das USG schützt vor Immissionen mit einem zweistufigen Konzept. Als erste Stufe verlangt Artikel 11 Absatz 2 USG, dass Emissionen unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist (vorsorgliche Emissionsbegrenzungen). Damit soll das Risiko schädlicher Wirkungen, die erst vermutet werden und noch nicht absehbar sind, möglichst gering gehalten werden (vgl. BGE 126 II 399 E. 3a). Die Emissionsbegrenzungen sind zu verschärfen, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Immissionen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden (Art. 11 Abs. 3 USG). Strahlen sind schädlich, wenn sie nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gefährden (vgl. Art. 14 Bst. a USG, der auch auf Strahlen anwendbar ist). Als lästig werden Strahlen beurteilt, wenn die Bevölkerung durch sie in ihrem Wohlbefinden erheblich gestört wird (Art. 14 Bst. b USG). Immissionen, die im obgenannten Sinn schädlich oder lästig sind, werden als übermässig bezeichnet. Die Schwellen, oberhalb derer Immissionen als übermässig gelten, sind durch den Bundesrat quantitativ in Form von Immissionsgrenzwerten festzulegen (Art. 13 USG). Dies ist für Lichtimmissionen bisher nicht geschehen; solche müssen deshalb anhand der Kriterien von Artikel 14 USG im Einzelfall beurteilt werden.

- Das Raumplanungsgesetz (RPG) des Bundes verlangt von Bund, Kantonen und Gemeinden u. a. dafür zu sorgen, dass die natürlichen Lebensgrundlagen wie die Landschaft geschützt werden (Art. 1 Abs. 2 Bst. a RPG). Sie beachten dabei die Planungsgrundsätze, worunter auch die Schonung der Landschaft fällt. Dabei sollen insbesondere Siedlungen, Bauten und Anlagen sich in die Landschaft einordnen und naturnahe Landschaften und Erholungsräume erhalten bleiben (Art. 3 Abs. 2 Bst. b und d RPG). Zur Erhaltung von Bächen, Flüssen, Seen, ihren Ufern und Lebensräumen für schutzwürdige Tiere und Pflanzen (schutzwürdige Lebensräume) sind Schutzzonen auszuscheiden (Art. 17 RPG). Diese Zonen sind auch vor Lichtimmissionen zu schützen. Im Weiteren unterstützen Bund, Kantone und Gemeinden mit Massnahmen der Raumplanung die Bestrebungen, wohnliche Siedlungen zu schaffen und zu erhalten (Art. 1 Abs. 2 Bst. b RPG). Die mit Planungsaufgaben betrauten Behörden sollen deshalb Siedlungen nach den Bedürfnissen der Bevölkerung gestalten und dabei insbesondere

Wohngebiete vor schädlichen und lästigen Einwirkungen, die auch in Form von Lichtimmissionen auftreten können, möglichst verschonen (Art. 3 Abs. 3 Bst. b RPG). Beleuchtungseinrichtungen von Grossbauten und -anlagen sind baubewilligungspflichtig. Die entsprechenden Massnahmen zum Schutz vor Lichtimmissionen sind in den jeweiligen Baubewilligungsverfahren zu klären.

### 3 Auswirkungen von Licht

#### 3.1 Auswirkungen auf die Nachtlandschaft

Nach der Definition des Landschaftskonzepts Schweiz (BUWAL 1998) umfasst die Landschaft den gesamten Raum, innerhalb und ausserhalb von Siedlungen und setzt sich aus natürlichen Faktoren wie zum Beispiel Licht zusammen. Damit wird das Licht von Sonne, Mond und Sternen zu einem wesentlichen Bestandteil unserer Landschaft. Das Licht der Gestirne ermöglicht den Menschen das Erleben der Landschaft bei Nacht und vermittelt ganz andere Eindrücke als bei Tageslicht oder künstlicher Beleuchtung.

Die Nachtdunkelheit nimmt durch die Zunahme von Lichtemissionen weltweit ab und wird auf immer kleinere Bereiche zurückgedrängt. Grosse, natürlich dunkle Gebiete werden in Europa immer seltener. Dies führt zum Verlust der natürlichen Nachtlandschaft. Im Schweizer Mittelland ist der Nachthimmel durch die künstliche Beleuchtung so stark aufgehellt, dass von blossen Auge nur noch ein Bruchteil der potenziell wahrnehmbaren Sterne sichtbar ist. Zur Zunahme von Lichtemissionen tragen in der Schweiz unter anderem auch der hohe Zersiedelungsgrad und die grosse Anzahl von Standorten in coupierten Gebieten bei, von wo aus das Kunstlicht in die Landschaft hinaus strahlt.

Die Landschaftsbeobachtung Schweiz LABES (BAFU 2010a) untersucht mit einem Indikator die Entwicklung der Lichtemissionen. Anhand von Satellitenbildern wird die Intensität des nach oben ausgestrahlten Lichts ermittelt, welches sich aus direkt nach oben gerichteten Emissionen von Lampen und diffusem Streulicht zusammensetzt. In den letzten zwanzig Jahren nahm der Flächenanteil mit Nachtdunkelheit weiter deutlich ab: 1994 konnte eine natürliche Dunkelheit nur noch auf 28% der Fläche der Schweiz beobachtet werden, 2009 nur noch auf 18%. Die zwischen den Ballungszentren liegenden dunklen Bereiche wurden in diesem Zeitraum zunehmend heller (Abb. 1). Insgesamt nahmen die gegen oben gerichteten Lichtemissionen in der Schweiz zwischen 1994 und 2009 um rund 70% zu.

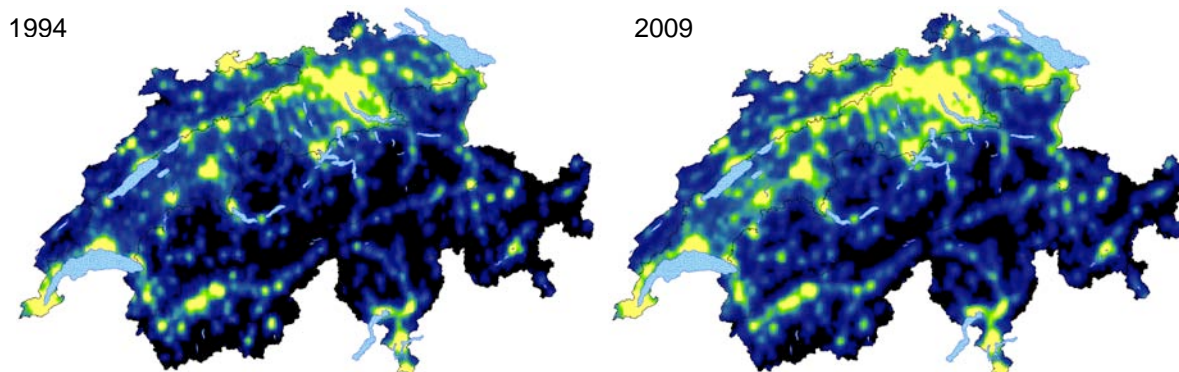


Abbildung 1: Veränderung der Nachtdunkelheit zwischen 1994 und 2009.

Neben der generellen Aufhellung ist auch die gezielte Beleuchtung von natürlichen Objekten wie Berggipfeln zu deren Inszenierung oder gar zur Projektion von Werbung eine unerwünschte Auswirkung auf die Nachtlandschaft. Insbesondere in Landschaften und Naturdenkmälern von nationaler Bedeutung (BLN), in Moorlandschaften von nationaler Bedeutung, in Schutzgebieten und schutzwürdigen Lebensräumen sind solche Beleuchtungen problematisch. Zur ungeschmälerten Erhaltung eines Objekts muss der im Inventar angestrebte Schutz vollumfänglich zur Geltung gelangen. Im Fall der grossflächigen Beleuchtung des Pilatus mit Scheinwerfern hat das Bundesgericht in einem Entscheid (BGE 123 II 256) deshalb ein saisonales Beleuchtungsregime festgesetzt, welches insbesondere auf die natürlichen Lichtverhältnisse während der Dämmerung Rücksicht nimmt. Das Aufstellen

von Beleuchtungskörpern zum nächtlichen Bescheinen wurde zudem als bewilligungspflichtige Anlage eingestuft. Bereits die heutige Gesetzgebung ermöglicht es, im Rahmen von Baubewilligungsverfahren im Sinne von Artikel 22 RPG (Baubewilligung innerhalb der Bauzonen) und 24 RPG (Bauen ausserhalb der Bauzonen), Auflagen und Bedingungen für bestimmte Beleuchtungsanlagen in die Baubewilligung aufzunehmen oder solche nicht zu bewilligen (BUWAL 2005).

## **3.2 Auswirkungen auf die Artenvielfalt**

### **3.2.1 Allgemeines**

Für viele Tier- und Pflanzenarten ist die Dunkelheit ein wichtiger Faktor im Leben. Sie haben sich im Lauf der Zeit an den natürlichen Rhythmus von Tag und Nacht angepasst (innere Uhr) und ihr Verhalten auf die natürliche Umgebungsbeleuchtung im 24-Stundenrhythmus (circadianer Rhythmus) eingestellt. Die meisten Tiere und Pflanzen sind zudem in der Lage, ihre innere Uhr auf die unterschiedlichen Tageslängen im Laufe eines Jahres einzustellen. Dank dieser Anpassungen können die Tiere zum Beispiel ihre Jungen bei günstigen Umweltbedingungen aufziehen.

Veränderungen der natürlichen Lichtverhältnisse durch Kunstlicht wirken sich unterschiedlich auf die Artenvielfalt aus, da sie insbesondere auf nachtaktive und lichtscheue Artengruppen und Tierarten Einfluss haben.

Das Postulat fordert ausdrücklich die Darstellung der Konsequenzen von zunehmenden Lichtemissionen auf Vögel und Insekten. Untersuchungen gibt es auch zu Fledermäusen, welche als nachtaktive Artengruppe von den zunehmenden Lichtemissionen besonders betroffen sind, sowie zu Amphibien und einigen (lichtassimilierenden) Pflanzen. Andere Arten oder Artengruppen wurden bisher nur spärlich untersucht. Auf die Darstellung der wenigen Ergebnisse wird im vorliegenden Bericht verzichtet. Weiterführende Angaben finden sich im Grundlagenbericht SWILD 2011.

### **3.2.2 Insekten**

Bei Insekten steuert die Tageslänge (Photoperiode) den Schlüpfrythmus der Tiere und ist Auslösefaktor für die Winterruhe. Abend- und nachtaktive Insekten (Nachtfalter, Köcherfliegen, Grillen etc.) orientieren sich im Flug an den Ultraviolett (UV)-Strahlen der Abendsonne bzw. an der leuchtenden Position des Mondes. Eine künstliche, näher gelegene Lichtquelle wird dann als Orientierungsmarke im selben Winkel übernommen, was zu einem (spiralförmigen) Kurs zum UV-Licht führt. Sie werden somit durch künstliches Licht angezogen und von ihrem natürlichen Lebensraum weggelockt. Anstatt Nahrung zu suchen, sich zu paaren und Eier zu legen verlieren sie ihre Energievorräte, indem sie desorientiert um Leuchten herumfliegen. Sie bleiben an den Lichtquellen gefangen und sterben an Übermüdung, verbrennen an der Lampe oder werden zur Beute ihrer Feinde (Fledermäuse, Spinnen, räuberische Insekten). Laut Schätzungen werden in den Sommermonaten an einer Strassenleuchte pro Nacht etwa 150 Nachtfalter getötet. Auf das Jahr hochgerechnet sterben auf diese Weise in der Schweiz Milliarden von Insekten. Darunter befinden sich auch bedrohte Arten.

Die Anziehungskraft einzelner Leuchten hängt stark von ihrem Lichtspektrum ab. Für Insekten sind besonders die Ultraviolett-Anteile im Licht attraktiv. Durch weisses Licht werden im Allgemeinen mehr Insekten „angelockt“ als durch gelboranges. LED-Leuchten scheinen Insekten gemäss ersten Studien markant weniger anzuziehen als herkömmliche Leuchtmittel. Dabei wirkt warmweisses LED-Licht auf Insekten weniger attraktiv als kaltweisses (Eisenbeis 2011).

Da nicht alle Insektenarten in gleichem Mass von Licht angezogen werden, kann es zu Artenverschiebungen kommen. Durch Lichtemissionen werden vor allem anpassungsfähigere und häufigere Arten profitieren (SWILD 2011). Das Phänomen der Attraktion von Insekten durch Leuchten ist seit langem bekannt. Da die Insekten wenig Sympathie in der Bevölkerung geniessen, wurde dieses Problem lange Zeit kaum wahrgenommen. Dabei sind Insekten wichtige Blütenbestäuber und dienen vielen Tieren als Nahrung.

Lange lineare Beleuchtungsstrukturen, wie sie entlang von Strassen vorkommen, können aufgrund ihrer Anziehungskraft für Insekten eine Barriere darstellen. Bei einem gegenseitigen Abstand der Strassenlaternen von 30 bis 50 Meter kann eine beleuchtete Strasse für nachtaktive Insekten zu einer

unüberwindbaren Barriere werden und so ihren Lebensraum zerschneiden. Die Folgewirkungen dieser Landschaftszerschneidung auf die Insektenfauna sind bislang noch nicht eingehend untersucht worden (BUWAL 2005).

### **3.2.3 Vögel**

Bei Vögeln sind besonders drei Auswirkungen von künstlichem Licht bekannt: die Attraktionswirkung von Licht, die Schreckreaktion auf Lichtreize und der verfrühte Beginn des Gesangs von Singvögeln.

#### **Attraktionswirkung von Licht**

Ein grosser Teil der Zugvögel ist in der Nacht unterwegs. Jeden Herbst ziehen sie in den untersten 1000 m der Atmosphäre von Norden nach Süden und im Frühling wieder zurück. Dabei orientieren sie sich auf ihrem Weg an den Sternen und am Magnetfeld der Erde. Diese Kombination ermöglicht ihnen eine Orientierung auch bei bedecktem Himmel. Diese wird jedoch durch künstliches Licht beeinträchtigt.

Bei einer niedrigen Wolkendecke, Dunst oder Nebel wird das Licht von Städten, Agglomerationen und Gebäuden an den Wassertröpfchen reflektiert, und es entsteht über den Siedlungen eine grossräumige Lichtglocke oder ein so genannter Lichtdom. Unter solchen Wetterverhältnissen können nachts ziehende Vögel in grossen Massen zu Tod kommen. Sie fliegen bei niedriger Höhe unter der Wolkendecke ohne Orientierung an den Sternen oder an Landmarken. Trotz der Möglichkeit zur Orientierung am Erdmagnetfeld ziehen die Vögel wenn möglich die Orientierung am Licht vor. Bei schlechtem Licht scheinen sie generell von Licht angezogen zu werden und geraten in die Lichtglocke. Als Folge davon fliegen sie stundenlang im Kreis herum, finden oft erst in der zweiten Nachthälfte aus der Falle heraus und suchen erschöpft einen Rastplatz. Auf diese Weise gehen wertvolle Energiereserven für den langen, anstrengenden Flug verloren. Oft sterben die Vögel noch im Lichtdom an Erschöpfung oder fliegen in Gebäude und verenden auf diese Weise.

Nicht nur die Summe der beleuchteten Flächen verwirrt die Vögel in der Orientierung, sondern auch einzeln stehende, beleuchtete Objekte wie Wolkenkratzer, Hochkamine, Leuchttürme oder Fernseh- und Rundfunktürme. Türme, die in der Nacht beleuchtet sind, stellen bei klarem Wetter für Vögel kein Problem dar, da sie ausweichen können. Die Beleuchtung ist unter diesen Bedingungen sogar von Vorteil. Bei Nebel hingegen entsteht eine Lichtglocke um die Objekte, welche den Vögeln die Orientierung erschwert. Sie werden auch hier vom Licht angezogen und in der kleinen Lichtsphäre gefangen. Die daraus resultierenden Folgen sind dieselben wie bei einem Lichtdom über Städten.

Eine Studie hat ergeben, dass die Beleuchtung von Fernsehtürmen mit einem roten oder weissen Blinklicht im Vergleich zu einem dauerhaft brennenden Licht zu weniger Unfällen bei Zugvögeln führt. Noch besser wäre die Installation von blauem oder grünem Licht, da die Vögel davon noch deutlich weniger angezogen werden. Von beleuchteten Wolkenkratzern ist ebenfalls bekannt, dass eine grosse Anzahl von Vögeln hineinfliegt. Durch die Abschaltung der Beleuchtung während des Vogelzugs kann dieses Risiko um mehr als 80% gesenkt werden.

#### **Schreckreaktion auf Lichtreize**

Plötzlich auftretende starke Lichtreize von Scheinwerfern oder Skybeamern haben sowohl bei guten wie bei schlechten Sichtverhältnissen einen Einfluss auf das Flugverhalten ziehender Vögel in der Nacht. Untersuchungen zeigen, dass Vögel beim Einschalten eines Scheinwerfers erhebliche Schreckreaktionen zeigen. Sie weichen von ihrer ursprünglichen Richtung ab, reduzieren ihre Flugeschwindigkeit und versuchen dem Lichtstrahl vertikal zu entweichen. Erst ab einer Distanz von etwa einem Kilometer ist der Einfluss des Lichtstrahls nicht mehr messbar.

#### **Verfrühter Gesang von Singvögeln**

Durch die künstliche Aufhellung der Nacht beginnen Singvögel in beleuchteten Stadtpärken oder in der Nähe von Strassenbeleuchtungen am Morgen früher zu singen als im Wald. Je nach Vogelart ist das Ausmass der zeitlichen Verschiebung unterschiedlich, da sie mit der gesangsauslösenden Helligkeitsschwelle zusammenhängt. Die zeitliche Verschiebung des Gesangsbeginns wirkt sich auf die Reproduktion der Vögel aus. Im Einflussbereich von Strassenlaternen legen die Weibchen ihre Eier früher und die Männchen sind doppelt erfolgreich bei der Kopulation und der Produktion von Nach-

wuchs. Die verfrühte Eiablage bewirkt, dass wichtige biologische Prozesse nicht mehr synchronisiert ablaufen und sich der Futterbedarf der Jungen nicht mehr mit der grössten Verfügbarkeit des Futters deckt. Zugvögel, die in ihren Überwinterungsgebieten künstlichem Licht ausgesetzt sind, setzen schneller Fett an und ziehen im Frühling früher ins Sommerquartier als Individuen, die nicht im Einflussbereich von künstlichem Licht überwintern. Die Vögel kommen zu früh im Brutgebiet an und die Überlebenschancen sinken (SWILD 2011).

### **3.2.4 Fledermäuse**

In der Schweiz sind rund 30 einheimische Fledermausarten bekannt. Diese sind nach Artikel 20 Absatz 2 NHG und Anhang 3 NHV geschützt. Von den 30 Arten befinden sich 13 auf der roten Liste in den Kategorien 0-3 und sind entweder ausgestorben, vom Aussterben bedroht, stark gefährdet oder gefährdet. Nur eine einzige in der Schweiz vorkommende Fledermausart, die Zwergfledermaus, ist häufig und weder auf der Alpennordseite noch auf der Alpensüdseite bedroht. Die Ursachen für den Rückgang der Fledermäuse sind vielfältig. Lebensraumverlust, Insektizide und Pestizide sowie die Zerstörung von Fledermausquartieren sind nur einige Faktoren, die dazu geführt haben. Lichtemissionen sind ebenfalls ein Faktor, da die einheimischen Fledermäuse mehrheitlich lichtscheu sind. Seltene Fledermausarten können dadurch zusätzlich bedrängt und aus ihren Lebensräumen verdrängt werden.

Verschiedene Fledermausarten versammeln sich im Sommerhalbjahr zur Fortpflanzung in den Sommerquartieren (z.B. Estrichen). Diese Arten sind sehr empfindlich gegenüber Licht in der Nähe ihres Quartiers.

Die grösste Auswirkung hat künstliche Beleuchtung beim Ausflug der Fledermäuse am Abend und beim Schwärmen vor dem Tagesquartier bei der Rückkehr von der Jagd am Morgen. Wird das Ausflugsloch beleuchtet, fliegen die Tiere am Abend später aus, was die Dauer der Nahrungssuche verkürzt und direkte Auswirkungen auf die Überlebenschancen der Jungen, resp. auf deren Grösse hat. Ist in der unmittelbaren Nähe des Ausflugslochs hingegen eine Deckung vor dem künstlichen Licht vorhanden (z.B. Bäume), fliegen die Fledermäuse früher aus und kehren am Morgen später ins Tages-Quartier zurück. Ihnen bleibt somit mehr Zeit für die Nahrungssuche. Da Fledermäuse im Winter andere Quartiere bewohnen als im Sommer, beschränken sich die Auswirkungen der Beleuchtung auf die Sommermonate von April bis Oktober.

Mit Quecksilberdampf oder einer Mischung aus Natrium- und Quecksilberdampf ausgestattete Strassenlampen ziehen Insekten an und werden von bestimmten Arten von Fledermäusen zur Insektenjagd aufgesucht. Es ist anzunehmen, dass die Fledermäuse so auf das vergrösserte Nahrungsangebot reagieren. Den grössten Nutzen davon haben die häufig vorkommenden und schnell fliegenden Arten. Natriumlampen mit monochromatisch orangefarbenem Licht ziehen hingegen nicht mehr Insekten und Fledermäuse an als unbeleuchtete Strassen (SWILD 2011).

### **3.2.5 Weitere Organismengruppen (Amphibien, lichtassimilierende Pflanzen)**

Auswirkungen von künstlichem Licht sind für Vertreter vieler weiterer Organismengruppen fallweise nachgewiesen. Herausgegriffen seien noch die Amphibien und Pflanzen, die aufgrund ihrer Lebensweise besonders von Lichteinflüssen betroffen sind.

Amphibien sind fast ausschliesslich nachtaktiv. Für gewisse Arten wurde gezeigt, dass sie empfindlich auf Hell-Dunkel-Wechsel reagieren, dass sie bei Beleuchtung später zur Nahrungssuche aufbrechen oder die Paarung durch helles Licht verhindert wird.

Bei Pflanzen werden die Samenkeimung, das Stängelwachstum, die Blattausdehnung, der Übergang vom vegetativen in den Blühstatus, die Blüten- und Fruchtentwicklung und die Alterung durch lichtempfindliche Rezeptoren gesteuert. Die Blütenbildung wird bei vielen Pflanzen durch eine bestimmte kritische Tageslänge ausgelöst, wobei auch die Temperatur eine Rolle spielt. Werden Pflanzen in der Mitte der Dunkelphase mit künstlichem Licht beleuchtet, kann bei gewissen Arten die Blütenbildung verhindert werden, während sie bei anderen angeregt wird.

Bis heute wurden viele Untersuchungen über die Mechanismen der Lichtwahrnehmung und über Tagesrhythmen bei Pflanzen durchgeführt. Spezifische Untersuchungen zu den Auswirkungen der künst-

lichen Nachtbeleuchtung auf Pflanzen fehlen hingegen. Wie Beobachtungen aus dem Alltag zeigen, werfen Äste von Bäumen, die von Strassenlampen direkt beleuchtet werden, das Laub im Herbst wegen der künstlichen Verlängerung des Tages später ab.

### 3.2.6 Massnahmen zum Schutz der Artenvielfalt

Negative Auswirkungen von Lichtemissionen auf die Artenvielfalt können begrenzt werden, indem die Beleuchtung beschränkt und die kurzwelligen Anteile, vor allem die UV-Anteile, im emittierten Lichtspektrum vermieden werden. Eine Beleuchtung, auf die nicht verzichtet werden kann, sollte so optimiert werden, dass möglichst keine unerwünschten Emissionen auftreten. Entsprechende technische und planerische Grundsätze finden sich beispielsweise in der Broschüre „Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen“ (BUWAL 2005) sowie in einer in Vorbereitung befindlichen SIA-Norm (SIA 2010).

Für viele Tiere sind künstliche Beleuchtungen in erster Linie in der warmen Jahreszeit von Frühling bis Herbst ein Problem. In diese Zeit fällt ihre Fortpflanzung und damit verbunden eine grössere Aktivität für die Futtersuche und Aufzucht der Jungen. Werden Gebäude mit nistenden Vögeln und mit Fledermausquartieren in dieser Zeit nicht beleuchtet, können negative Auswirkungen stark begrenzt werden. Werden künstliche Beleuchtungen in naturnahen Lebensräumen vermieden oder, falls nicht möglich, auf die Wintermonate beschränkt, hilft dies zusätzlich. Im Winter sind die Auswirkungen weniger gravierend, da die Tiere weniger aktiv sind.

Für Vögel stellt Kunstlicht in der Zeit des Vogelzugs von März bis Mai und von August bis November ein existenzielles Problem dar. In dieser Zeit benötigen sie ihre Ressourcen für den Flug; Lichtreize und -glocken lenken sie von ihrer Flugroute ab. Dies lässt sich vermeiden, indem die Beleuchtungen von hohen Gebäuden sowie zu Dekorations- und Reklamezwecken in diesen Monaten ab 22 Uhr, spätestens ab 24 Uhr ausgeschaltet werden. Weiter hilft es, wenn Licht gezielt eingesetzt wird und nur in die Raumbereiche gelangt, die beleuchtet werden sollen. Besonders im Herbst bei Nebel, niedriger Wolkendecke und Hochnebellage ist es angezeigt, Rundumabstrahlungen, Abstrahlungen direkt in den Nachthimmel sowie grundsätzlich unnötige Beleuchtungen zu vermeiden.

## 3.3 Auswirkungen auf den Menschen

Genügend Licht zur richtigen Zeit ist unabdingbar für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen. Zu viel Licht kann jedoch auch negative Folgen haben. Diese können von direkten Augen- und Hautschäden durch sehr intensives Licht bis zu eher belästigenden Wirkungen reichen, die unter Umständen (insbesondere in der Nacht) bereits durch wenig intensives Licht ausgelöst werden können.

Zu den direkten Schädigungen durch sehr intensives Licht zählen Entzündungen und Verbrennungen der Haut, des äusseren Auges, der Linse oder der Netzhaut. Diese direkten Wirkungen können einerseits durch Sonnenlicht verursacht sein (z.B. bei direktem Blick in die Sonne oder bei Reflexionen von Sonnenlicht an Schnee oder Sand). Andererseits können sie auch von künstlichen Quellen optischer Strahlung ausgehen, die im Arbeitsumfeld absichtlich oder unabsichtlich Licht aussenden (absichtlich: z.B. Beleuchtungs- und Signaleinrichtungen, Lichttherapie, Werkstoffprüfung; unabsichtlich: z.B. Schweisslichtbögen, Industrieöfen) (Schierz 2009). Auch die immer leistungsstärker werdenden Laserpointer können bei unsachgemässer Anwendung irreversible Augenschäden verursachen (BAG 2011).<sup>2</sup>

Bei den künstlichen Lichtquellen im Aussenraum (vgl. Kap. 1.4) kann man solche direkten physischen Schäden ausschliessen (LAI 2000). Hier stehen Auswirkungen im Vordergrund, die der Belästigung oder der Störung des Wohlbefindens zuzuordnen sind. Konkret genannt werden in der Literatur Blendungen (vgl. Kap. 3.3.1) und Belästigungen durch übermässige Raumaufhellungen (vgl. Kap. 3.3.2).

<sup>2</sup> Der Schutz des Menschen vor den Wirkungen optischer Strahlung am Arbeitsplatz wird nicht durch das Umweltrecht, sondern durch den Arbeitnehmerschutz sicher gestellt. Bezüglich der Gefährdung durch die Strahlung von Laserpointern laufen derzeit Arbeiten im Rahmen des Postulats Bugnon 10.3776 «Massnahmen gegen gefährliche Laser», um grifffigere Rechtsmittel zum Schutz von Dritten zu schaffen. Bereits heute ist das Inverkehrbringen von Laserpointern der Klassen 3B und 4 gemäss einer Allgemeinverfügung des Eidg. Starkstrominspektorats ESTI vom 2. Mai 2011 untersagt. Bei missbräuchlicher Verwendung von Laserpointern (z.B. Blendung von Fahrzeuglenkern, Lokomotivführern oder Piloten) kann im Einzelfall zudem basierend auf dem Strafgesetzbuch Anzeige erhoben werden.

Auch eine allfällige Beeinflussung des biologischen Tag-Nacht-Rhythmus durch künstliche Lichtquellen wird derzeit intensiv erforscht (sog. chronobiologische Wirkungen, vgl. Kap. 3.3.3).

### 3.3.1 Blendung

Bei der Blendung werden grob zwei Phänomene unterschieden:

- Physiologische Blendung: Es handelt sich um eine objektiv messbare Verminderung der Sehleistung.
- Belästigende Blendung, auch als psychologische Blendung bezeichnet: Die Sehleistung wird zwar nicht eingeschränkt, der Lichteindruck wird aber trotzdem als unangenehm empfunden.

#### Physiologische Blendung

Zu einer Beeinträchtigung der Sehleistung kommt es, wenn sich so viel Licht an kleinen Unregelmäßigkeiten im Auge streut, dass ein Lichtschleier entsteht, der die Kontraste im Bild auf der Netzhaut reduziert. Da ältere Menschen mehr Trübungen in den verschiedenen Augenbestandteilen wie Hornhaut, Linse und Glaskörper aufweisen, sind sie empfindlicher gegenüber Blendungen als jüngere Menschen. Die Verringerung der Sehleistung kann in einer konkreten Blendungssituation mit objektiven Messmethoden erhoben werden. Das Ausmass der Beeinträchtigung hängt von verschiedenen Faktoren ab, was eine Verallgemeinerung erschwert.

Ist das eintreffende Licht so intensiv, dass eine Anpassung des Auges an die Lichtverhältnisse gar nicht mehr möglich ist, spricht man von einer Absolutblendung (SSK 2006). In diesem Fall ist die Sehfähigkeit stark eingeschränkt oder geht (vorübergehend) gänzlich verloren. Eine Alltagssituation, in welcher es zu Absolutblendungen kommen kann, stellt die Reflexion von Sonnenlicht an spiegelnden Gebäudeelementen wie Glasfassaden, Metallverkleidungen, Fensterscheiben, Photovoltaikanlagen oder Sonnenkollektoren dar. Entsprechend sollten solche Blendungssituationen nicht über einen längeren Zeitraum andauern (vgl. FS 2005). Der Schwellenwert der Leuchtdichte für das Einsetzen einer Absolutblendung ist bekannt. Hingegen liegen derzeit keine empirischen Erhebungen vor, wie lange eine solche Absolutblendung für den Menschen andauern muss, bis sie als übermässig im Sinne des Umweltschutzgesetzes zu beurteilen und damit zu verhindern ist.

#### Belästigende Blendung

Wenn sich Menschen in der Nacht durch helle Lichtquellen im Gesichtsfeld gestört oder belästigt fühlen, spricht man in der Literatur von psychologischer Blendung. Die Bewertung als störend oder belästigend ist subjektiv und erfolgt unabhängig davon, ob die Sehfunktion beeinträchtigt ist oder nicht. Als störend wird möglicherweise empfunden, dass eine helle Lichtquelle den Blick auf sich zieht, ohne aber wesentliche Informationen zu liefern. Eine andere Hypothese geht davon aus, dass hell und dunkel beleuchtete Stellen auf der Netzhaut dazu führen, dass die Muskulatur, welche die Pupille bei Dunkelheit öffnet, in Konflikt gerät mit der Muskulatur, welche die Pupille bei Helligkeit schliessen will (Schierz 2009).

Wie unangenehm eine solche Blendung empfunden wird, hängt ab von der Leuchtdichte der Blendquelle im Verhältnis zur Umgebungsleuchtdichte, auf die das Auge angepasst ist, sowie von der Fläche und der Position der Lichtquelle. Da die belästigende Blendung auf einer subjektiven Beurteilung beruht und auch Faktoren wie z.B. die Attraktivität der Umgebung oder die Erwartungshaltung einer Person eine Rolle spielen, weisen die Bewertungsergebnisse in empirischen Untersuchungen eine grosse Streuung auf. Dennoch liegen gewisse empirische Grundlagen vor, die eine objektivierte Beurteilung der belästigenden Blendung erlauben und bereits in einige Normen eingeflossen sind (vgl. Kap. 4.3).

### 3.3.2 Raumaufhellung

Als Raumaufhellung gilt die Aufhellung des Wohnbereichs durch eine in der Nachbarschaft vorhandene Beleuchtungsanlage, welche zu einer eingeschränkten Nutzung dieses Wohnbereichs führt (LAI 2000). Eine übermässige Raumaufhellung kann zu unterschiedlichen Störwirkungen führen, am häufigsten werden Schlafstörungen genannt (Schierz 2009).



Als besonders störend gelten – in der Reihenfolge zunehmender Störung – gelbes oder weisses Licht, grünes, rotes oder blaues Licht sowie blinkendes Licht mit geringer und mit hoher Blinkfrequenz. Blinkendes Licht kann auch bei Sonnenlicht zu Störungen führen, z.B. durch Lichtreflexe von Windkraftanlagen. Für konstante Raumaufhellungen liegen Erfahrungswerte für deren Zumutbarkeit vor.

### 3.3.3 Chronobiologische Wirkungen

Der Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen wird wesentlich durch das Tageslicht bestimmt. Jüngste Forschungsergebnisse zeigen, dass auch künstliches Licht einen Einfluss auf diesen Tag-Nacht-Rhythmus haben kann. Diese sog. chronobiologischen Wirkungen werden durch Licht ausgelöst, das nicht über den Sehnerv registriert wird, sondern über Rezeptoren ohne Sehfunktion, die über die Netzhaut verteilt sind. Blaues Licht resp. Licht mit einem hohen Blauanteil im Spektrum scheint besonders stark auf diese Rezeptoren zu wirken.

Vor rund 10 Jahren ging man noch davon aus, dass Beleuchtungsstärken, wie sie bei einem bedeckten Himmel im Sommer auftreten, erforderlich sind, um solche biologischen Wirkungen auszulösen. Inzwischen wurden entsprechende Effekte jedoch auch bei sehr viel geringeren Intensitäten festgestellt (Schierz 2009, Griefahn 2010). Die noch junge Forschung in diesem Bereich geht weiter und es wird untersucht, ob auch bereits schwache Lichtquellen wie LED-Bildschirme oder Energiesparlampen solche Wirkungen haben können. Denn im Vergleich zu den bisherigen Leuchtmitteln weisen letztere einen höheren Blauanteil auf und könnten aus diesem Grund biologisch wirksamer sein.

Derzeit konzentriert sich die chronobiologische Forschung auf Lichtquellen im Innenraum, die unmittelbar auf den Menschen einwirken. Sobald bekannt ist, ab welchen Lichtintensitäten solche Effekte ausgelöst werden, wird sich auch abschätzen lassen, ob Lichtquellen in der Umwelt (aufgrund ihres Lichtspektrums und ihrer Intensität am Einwirkort) ebenfalls entscheidend zu den chronobiologischen Wirkungen beitragen oder ob es sich dabei eher um ein generelles Problem des heutigen Lebensstils (veränderte Innenraumbelichtung, anderes Freizeitverhalten etc.) handelt.

## 4 Bestehende Massnahmen zur Reduktion der Lichtimmissionen

### 4.1 Ebene Bund

Massnahmen zur Begrenzung von Lichtemissionen und -immissionen sind, wie in Kapitel 2 dargestellt, im Einzelfall direkt gestützt auf das Umweltschutzgesetz (USG), das Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), das Jagdgesetz (JSG) oder das Fischereigesetz (BGF) anzuordnen. Weitere Erlasse, welche die Vorgaben dieser Gesetze im Bereich Lichtimmissionen konkretisieren würden (z.B. eine Verordnung des Bundesrates), existieren auf eidgenössischer Ebene bislang nicht. Hilfestellung bietet eine Vollzugsempfehlung des Bundesamtes für Umwelt BAFU zur Vermeidung von Lichtemissionen (BUWAL 2005). Diese enthält allgemeine planerische und technische Grundsätze, wie unerwünschte Lichtemissionen verringert oder vermieden werden können.

Bei bundeseigenen Bauten, Anlagen und Werken sowie Nationalstrassen und Bahnanlagen mit Nebenbauten ist der Bund für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit zuständig. Das BAFU prüft als Umweltfachstelle des Bundes bei Projekten für die genannten Anlagen auch die Aspekte der Beleuchtung und stellt den Leitbehörden entsprechende Anträge. Dabei hat sich gezeigt, dass das Thema Lichtemissionen bislang nur in den wenigsten Projektunterlagen dokumentiert wird.

Das Bundesgericht hat betreffend Lichtemissionen bereits Einzelfallbeurteilungen direkt gestützt auf das Bundesrecht vorgenommen. Dies sowohl bei der Bewertung von Auswirkungen auf die Nachtlandschaft gemäss NHG<sup>3</sup> als auch bei der Beurteilung von Belästigungen des Menschen durch Ausenbeleuchtungsanlagen<sup>4</sup> oder infolge Blendungen durch reflektiertes Sonnenlicht<sup>5</sup> nach den Kriterien des USG.

<sup>3</sup> Beleuchtung Pilatus, vgl. BGE 123 II 256

<sup>4</sup> vgl. BGer 1C\_327/2007, 1C\_105/2009, 1C\_162/2009

<sup>5</sup> vgl. BGer 1C\_177/2011

## 4.2 Ebene Kantone und Gemeinden

Im Jahr 2010 klärte das BAFU in einer Umfrage bei kantonalen Umwelt- und Naturschutzämtern ab, welchen Stellenwert das Thema Licht in ihrer Arbeit einnimmt, welche Regelungen und Vorgaben bereits auf kantonaler oder kommunaler Ebene vorhanden sind und ob allenfalls weiterer Regelungsbedarf besteht (BAFU 2010b).

Gemäss den Umfrageantworten sind Lichtemissionen bzw. -immissionen bei rund drei Vierteln der Kantone und auch der befragten Ämter ein Thema, dies vorwiegend bei Ämtern aus der Deutschschweiz und dem Tessin. Involviert sind insbesondere auch Gemeinden und Städte. Zum einen sind es meist die Gemeinden, die für die Baubewilligungen und damit oft auch für die Bewilligung von Beleuchtungsanlagen zuständig sind. Zum andern gibt es in Städten oder Stadtnähe grundsätzlich mehr Lichtquellen.

Die rechtlichen Grundlagen, auf die sich die Ämter in ihrer Arbeit abstützen, finden sich auf der Ebene Bund, Kanton oder Gemeinde. Die Vorgaben sind je nach Kanton oder Gemeinde sehr unterschiedlich ausgestaltet:

- Der Schutz vor Lichtimmissionen fand zum Beispiel in sieben Kantonen Eingang in die kantonalen Einführungsgesetze zur Bundesgesetzgebung über den Umweltschutz (kantonales USG) oder in das kantonale Naturschutzgesetz. Zum Teil werden allgemeine Anforderungen formuliert, zum Teil werden auch Bewilligungspflichten statuiert oder Verbote für bestimmte Beleuchtungen ausgesprochen.
- In mindestens zehn Kantonen finden sich bereits auf kantonaler Ebene Bewilligungspflichten für Reklamebeleuchtungen; dies vielfach in Bezug auf die Sicherheit im Strassenverkehr (keine Ablenkung oder Blendung). Doch auch im Hinblick auf umweltbezogene Einwirkungen können Leuchtreklamen ein Thema sein. Die Stadt Luzern definiert in ihrem Kunstlichtreglement konkrete Grenzwerte betreffend der mittleren Beleuchtungsstärke und der mittleren Leuchtdichte von Schaufenstern, Leucht- und Dachreklamen.
- Beleuchtungsanlagen sind aber nicht in allen Kantonen bewilligungspflichtig bzw. in einem Baubewilligungsverfahren zu prüfen.
- Nicht nur Bewilligungspflichten, sondern Verbote haben insbesondere mehrere Gemeinden für himmelwärts gerichtete Beleuchtungen wie Skybeamer erlassen.
- Neben rechtsverbindlichen Vorgaben wird auch auf Empfehlungen oder Faktenblätter verwiesen. Eigene Faktenblätter haben zum Beispiel die Kantone Basel-Landschaft, Bern, Solothurn, Tessin und die Zentralschweizer Kantone herausgegeben.

Insgesamt äussern 86% der befragten Ämter Bedarf an Vorgaben des Bundes zur Beurteilung von Lichtimmissionen bei der Einwirkung auf den Menschen, wobei dies sowohl in Form einer Empfehlung (46%) als auch in Form einer rechtsverbindlichen Verordnung (40%) geschehen könnte.

## 4.3 Ebene privatrechtliche Normen

Normen sind Dokumente, welche die charakteristischen Eigenschaften und Merkmale eines Produkts, eines Prozesses oder einer Dienstleistung beschreiben. Sie definieren den Stand der Technik und können empfohlene Eigenschaften, Prüfverfahren oder Sicherheitsanforderungen festlegen. Wenn der Gesetzgeber oder die Behörden in ihren Erlassen (Gesetzen und Verordnungen) nicht verbindlich auf eine Norm verweisen, haben Normen den Charakter einer Empfehlung und deren Beachtung erfolgt freiwillig.

Die meisten privatrechtlichen schweizerischen und ausländischen Normen im Bereich Licht regeln, wie viel Licht an einem bestimmten Ort (z.B. auf der Strasse, an einem Arbeitsplatz im Freien etc.) vorhanden sein sollte, damit bestimmte Tätigkeiten ohne Schwierigkeiten oder Sicherheitsrisiken ausgeführt werden können. Vorgaben zur Begrenzung von unnötigen Lichtemissionen in die Umgebung einer Beleuchtungsanlage sind hingegen erst in wenige Normen eingeflossen. Zu erwähnen sind insbesondere folgende:

- International: Richtlinie 150 der Commission International de l'Eclairage (CIE) von 2003 (CIE 150:2003): Mit ihrem «Leitfaden zur Begrenzung der Störlichtwirkungen von Aussenbeleuchtungsanlagen» will die CIE mithelfen, Einflüsse von Aussenbeleuchtungen auf die Umwelt in einem tolerierbaren Rahmen zu halten. Sie empfiehlt dazu unter anderem auch Richtwerte für lichttechnische Grössen zur Begrenzung der Raumaufhellung und der belästigenden Blendung. Für eine Minderung der Himmelsaufhellung legt sie ebenfalls Richtwerte fest. Die jeweiligen Werte unterscheiden sich je nach Siedlungsgebiet.
- Deutschland: «Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen». Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 10. Mai 2000: Auch der LAI legt Richtwerte für eine Beurteilung von übermässigen Lichtimmissionen fest. Betreffend Raumaufhellung wird die gleiche Beurteilungsgrösse wie bei der CIE herangezogen (Beleuchtungsstärke). Bei der Blendung hingegen wendet der LAI ein anderes Konzept an. In einem Anhang gibt der LAI zudem «Hinweise über die schädliche Einwirkung von Beleuchtungsanlagen auf Tiere – insbesondere auf Vögel und Insekten» und unterbreitet «Vorschläge zu deren Minderung». Es handelt sich dabei um planerische und technische Massnahmen (z.B. Lichtlenkung, Spektrum der eingesetzten Leuchten etc.). Das genannte Dokument des LAI wird derzeit überarbeitet.
- Schweiz: Die quantitativen Richtwerte von CIE und LAI zur Begrenzung der Immissionen in der Umgebung sind in zwei schweizerischen Normen übernommen worden: in der SN EN 12464-2: 2007 «Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien» und der SN EN 12193:2008 «Sportstättenbeleuchtung». Je ein Kapitel dieser Normen, die vorwiegend die optimale Ausleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien bzw. Sportstadien behandeln, widmet sich dem Thema «Störwirkung» für Mensch und Umwelt und definiert Richtwerte zur Beurteilung der Raumaufhellung, der belästigenden Blendung und des gegen oben gerichteten Lichts. Eine Evaluation zur Anwendung dieser Normen existiert nicht.

Derzeit ist mit der SIA-Norm 491:201 (SN Entwurf 586 491) eine weitere privatrechtliche Norm in Erarbeitung, die auf eine haushälterische Lichtnutzung im Aussenraum abzielt. Diese Norm richtet sich insbesondere an Architekten, Planer, Bauherren und soll diese Berufsgruppen auf das Thema aufmerksam machen. Der Entwurf dieser Norm (SIA 2010) empfiehlt allgemeine planerische und technische Massnahmen zur Begrenzung von unerwünschten Lichtemissionen, enthält aber keine Richtwerte für eine Beurteilung von übermässigen Immissionen.

## 5 Schlussfolgerungen und Handlungsbedarf

Künstliches Licht in der Umwelt wird von der Öffentlichkeit als neue Umweltbelastung wahrgenommen, die es zu begrenzen gilt. Kantone und Gemeinden sowie Normungsorganisationen sind bereits aktiv geworden. Der Bund beschränkte sich aus Ressourcengründen bisher auf die in Kapitel 4.1 beschriebenen Aktivitäten. Die Kantone wünschen vom Bund Vorgaben für die Beurteilung, welche Lichtimmissionen im Sinn des Umweltschutzgesetzes übermässig sind.

Zahlreiche Studien zeigen, dass künstliches Licht in der Umwelt die Überlebensfähigkeit von Arten sowie Lebensgemeinschaften beeinträchtigen kann und zum Tod einer grossen Anzahl von Insekten und Vögeln führt. Eine systematische Erforschung der Gefährdung von Arten oder Artengruppen durch künstliches Licht fehlt jedoch. Entsprechend ist die Wissenschaft von einem umfassenden Verständnis, welches auch Verschiebungen zwischen den Arten einbeziehen würde, noch weit entfernt. Darum kommt dem Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes besondere Bedeutung zu, wonach Emissionen vermieden werden müssen, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Durch die stark coupierete Topografie der Schweiz, den hohen und weiter zunehmenden Zersiedlungsgrad, den vermehrten Hochhausbau sowie die verstärkte Inszenierung von Örtlichkeiten und Gebäuden mit Licht in Schweizer Städten werden sich die Auswirkungen der Lichtemissionen weiter verschärfen, wenn keine Massnahmen ergriffen werden. Diesem Trend entgegenwirken könnte das momentan verstärkte Interesse von Privaten und der öffentlichen Hand an der Einführung von LED-Beleuchtungen.

In der LED-Technik können die einzelnen Leuchten gezielt auf die tatsächlich zu beleuchtenden Flächen gerichtet und damit unerwünschte Emissionen vermindert werden, was sich positiv auf die Landschaft und auf schützenswerte Lebensräume auswirkt. Synergien ergeben sich dabei mit den ebenfalls aktuellen Bestrebungen nach Energieeinsparungen, da LED-Leuchten im Vergleich zu konventionellen Leuchten für die gleiche Helligkeit weniger Strom benötigen und sich bei Bedarf einfacher dimmen lassen. Dabei gilt es allerdings aufzupassen, dass es nicht zu einem zusätzlichen Ausbau von Beleuchtungen oder einer Vielzahl neuer Beleuchtungsarten kommt, was dem Grundsatz der Emissionsminderung zuwider laufen würde (z.B. Inszenierung von einzelnen Bäumen, Pflanzen, etc. in Gärten oder Parks, selbstleuchtende Fassaden etc.).

Die Umstellung auf die LED-Beleuchtung soll dazu genutzt werden, unerwünschtes Licht in der Umwelt in weit grösserem Ausmass als bisher zu vermeiden. Dazu sind Anstrengungen auf drei Ebenen angezeigt: auf der regulatorischen Ebene, in der Forschung sowie bei der Vollzugsunterstützung und Sensibilisierung.

### **Regulatorische Massnahme**

Der Bundesrat lässt prüfen, ob in der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1) eine Bestimmung aufgenommen werden soll, die eine zweckmässige Handhabung für mobile und ortsfeste Beleuchtungsanlagen zum Schutz der Arten und ihrer Lebensräume (im Sinne der Art. 18, 18a und 18b NHG sowie Art. 7 Abs. 4 JSG und Art. 5 BGF) garantiert. Da zu deren Schutz beim aktuellen Kenntnisstand keine quantitativen Vorgaben im Sinne von Immissionsgrenzwerten gemäss USG gemacht werden können, sind qualitative Vorgaben im Rahmen des NHG und der NHV zielführender.

### **Forschung**

Um verlässliche Grundlagen über die Auswirkungen der Lichtemissionen auf die Artenvielfalt zu erhalten, wäre ein enormer Forschungsaufwand erforderlich. Der Bundesrat erachtet ein umfassendes Forschungsprogramm derzeit nicht als prioritär, weil in absehbarer Zukunft die heute üblichen Beleuchtungen durch energieeffizientere Lösungen, insb. der LED-Technologie, abgelöst werden dürften. Dabei bestehen jedoch offene Fragen, welche durch fokussierte Forschungsprojekte geklärt werden sollten. Gleiches gilt für die Blendung des Menschen durch Solarenergieanlagen.

Der Bundesrat lässt prüfen, ob in die Ausführungspläne der Nationalen Forschungsprogramme NFP 70 „Energiewende“ und NFP 71 „Steuerungsmöglichkeiten des Endenergieverbrauchs“ folgende Themen aufgenommen werden sollen:

- Exemplarische Untersuchungen, wie die als empfindlich identifizierten Arten auf LED-Licht reagieren, um allfällige Zielkonflikte zu erkennen und Fehlentwicklungen zu verhindern. Von Bedeutung ist dabei insbesondere das Spektrum der neuen Lichtquellen.
- Empirische Erhebungen zur Belästigung des Menschen durch Sonnenlicht, das an spiegelnden Flächen wie Photovoltaikanlagen reflektiert wird. Solche Studien fehlen bisher vollständig. Nach ersten Klagen ist davon auszugehen, dass solche Belästigungen angesichts der angestrebten intensiveren Nutzung und Verbreitung von Solar-Anlagen im Siedlungsgebiet zunehmen werden. Um die Verbreitung der Photovoltaik nicht durch Nachbarschaftsstreitigkeiten zu gefährden, erscheint ein objektiver Beurteilungsmassstab zur Belästigungswirkung nach den Kriterien des USG angezeigt.

### **Vollzugsunterstützung und Sensibilisierung**

Bei konkreten Projekten für Beleuchtungsanlagen ergeben sich häufig dann Konflikte, wenn dem Thema Lichtemissionen nicht von Beginn an Rechnung getragen wurde. Sind die Beteiligten über das Thema informiert, ist die Bereitschaft oftmals gross, die Beleuchtung zu optimieren, da dies meist auch zu einer Ersparnis von Energie und Kosten führt. Mit einer Sensibilisierung von Bauherren, Planern und Bewilligungsbehörden, aber auch von Herstellern, Verkäufern und Konsumenten von Leuchten und Leuchtmitteln für die Problematik unerwünschter Lichtemissionen in der Umwelt kann daher viel erreicht werden.

Der öffentlichen Hand kommt bei der Realisierung von emissionsarmen Beleuchtungsanlagen eine Vorbildfunktion zu. Dies betrifft insbesondere die Strassenbeleuchtung, aber auch Beleuchtungskonzepte für ganze Städte.

Der Bundesrat weist die für die Bewilligung von Beleuchtungsanlagen zuständigen Bundesstellen sowie die Kantone und Gemeinden darauf hin, dass das Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes (USG) auch im Bereich der künstlichen Beleuchtung im Aussenraum konsequent anzuwenden ist. Demnach sind Lichtemissionen, die nicht dem unmittelbaren Zweck der Beleuchtung dienen, so weit als möglich zu reduzieren. Der Bund beabsichtigt, die Vollzugsbehörden dabei mit folgenden Massnahmen zu unterstützen: Die Empfehlungen des Bundesamts für Umwelt aus dem Jahr 2005 zur Vermeidung von Lichtemissionen sollen aktualisiert und dem neusten Stand der Technik angepasst werden. Dabei sollen auch Hinweise an Private (z.B. Vermeidung nächtlicher Freizeitaktivitäten mit LED-Beleuchtungen im Wald oder Abschirmung von Licht an hohen Gebäuden) Eingang in die Empfehlungen finden.

Der von den Kantonen gewünschte quantitative Massstab (Richtwerte) für die Beurteilung der Schädlichkeit und Lästigkeit von künstlichem Licht in der Umwelt für den Menschen soll nach den Kriterien des USG erarbeitet und die Vollzugsbehörden sollen bei dessen Anwendung unterstützt werden.

### Ressourcenbedarf

Angesichts der dargelegten Relevanz und des ausgewiesenen Handlungsbedarfs muss sich auch der Bund stärker als bisher für die Begrenzung unerwünschten Lichts in der Umwelt einsetzen. Die vorgeschlagenen Massnahmen (regulatorische Massnahmen, Forschung, Vollzugsunterstützung und Sensibilisierung) können zwar im Rahmen der bestehenden finanziellen Ressourcen erarbeitet werden, nicht aber mit dem bestehenden Personal. Für die Vorbereitung, Realisierung und Sicherstellung der Massnahmen benötigt das BAFU eine zusätzliche auf drei Jahre befristete Stelle. Durch interne Priorisierung können einzig die zunehmenden Aufwände aus den laufenden Vollzugsaufgaben, wie sie in Kapitel 4.1 dargelegt sind (Beurteilung von Projekten des Bundes, Beratung der Leitbehörden, Stellungnahmen ans Bundesgericht), aufgefangen werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- |                    |  |
|--------------------|--|
| BAFU 2010a         | Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.): Zustand der Landschaft in der Schweiz. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand Nr. 1010 (UZ-1010-D). Bern 2010.  |
| BAFU 2010b         | Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Luftreinhaltung und NIS & Abteilung Natur und Landschaft (Hrsg.): Umfrage zu Lichtimmissionen: Auswertung (Auswertungsbericht zuhanden der Umfrageteilnehmer, 20.12.2010). Bern 2010. |
| BAG 2011           | Bundesamt für Gesundheit BAG (Hrsg.): Vorsicht Laserpointer. Merkblatt vom 12. Oktober 2011.   |
| BGF                | Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über die Fischerei (BGF, SR 923.0).   |
| Botschaft USG 1979 | Botschaft zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 31. Oktober 1979, Bundesblatt (BBl) 1979 III 749.  |
| BUWAL 1998         | Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, heute: Bundesamt für Umwelt BAFU) (Hrsg.): Landschaftskonzept Schweiz. Vollzug Umwelt Nr. 8004 (VU-8004-D). Bern 1998.   |
| BUWAL 2005         | Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, heute: Bundesamt für Umwelt BAFU) (Hrsg.): Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen. Vollzug Umwelt Nr. 8010 (VU-8010-D). Bern 2005.                              |
| CIE 150:2003       | Commission International de l'Eclairage (CIE). Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations. Technical Report. CIE 150:2003.  |

Eisenbeis 2011	Eisenbeis G., Eick K.: Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Strassenbeleuchtung unter Einbezug von LEDs. In: Natur und Landschaft, Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege, 86 (2011): 7, S. 298-301. Stuttgart 2011.
FS 2005	Fachverband für Strahlenschutz e.V. (Hrsg.) Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft. FS-05-134-AKNIR. Köln 2005.
Griefahn 2010	Griefahn H. et al: Chronobiologische und gesundheitsrelevante Wirkungen des Lichts auf den Menschen. In: LichtRegion – Positionen und Perspektiven im Ruhrgebiet. Klartext Verlag. Essen 2010.
JSG	Bundesgesetz vom 20. Juni 1986 über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (Jagdgesetz, JSG; SR 922.0).
LABES 2010	Thélin G., Roth U.: Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES): Konzept für ein langfristiges Monitoring. In: Forum für Wissen 2010: Landschaftsqualität; Konzepte, Indikatoren und Datengrundlagen, S.13-24. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Birmensdorf 2010.
LAI 2000	Länderausschuss für Immissionsschutz (Hrsg.): Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen. Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz vom 10. Mai 2000.
NHG	Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG; SR 451).
NHV	Verordnung vom 16. Januar 1991 über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1)
NISV	Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV; SR 814.710).
PiU/SWILD 2011	Bontadina F., Kistler C., Righetti A.: Lichtemissionen und Artenvielfalt (Expertengutachten im Auftrag des BAFU). PiU GmbH – PartnerInnen für Umweltfragen & SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation. Liebefeld & Zürich 2011.
RPG	Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG; SR 700).
Schierz 2009	Schierz Ch.: Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen (Expertenbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU). TU Ilmenau/Fachgebiet Lichttechnik. Ilmenau 2009.
SIA 2010	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA-Norm 491:201 (SN Entwurf 586 491); Vermeidung unnötiger Lichtemissionen im Aussenraum. Entwurf zur Vernehmlassung, 19.11.2010. Zürich 2010.
SSK 2006	Strahlenschutzkommission (SSK): Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission. Bonn 2006.
SWILD 2011	Hotz Th., Kistler C. & Bontadina F.: Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung (Grundlagenbericht, zweite aktualisierte Zusammenstellung), SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation. Zürich 2011.
USG	Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG; SR 814.01).