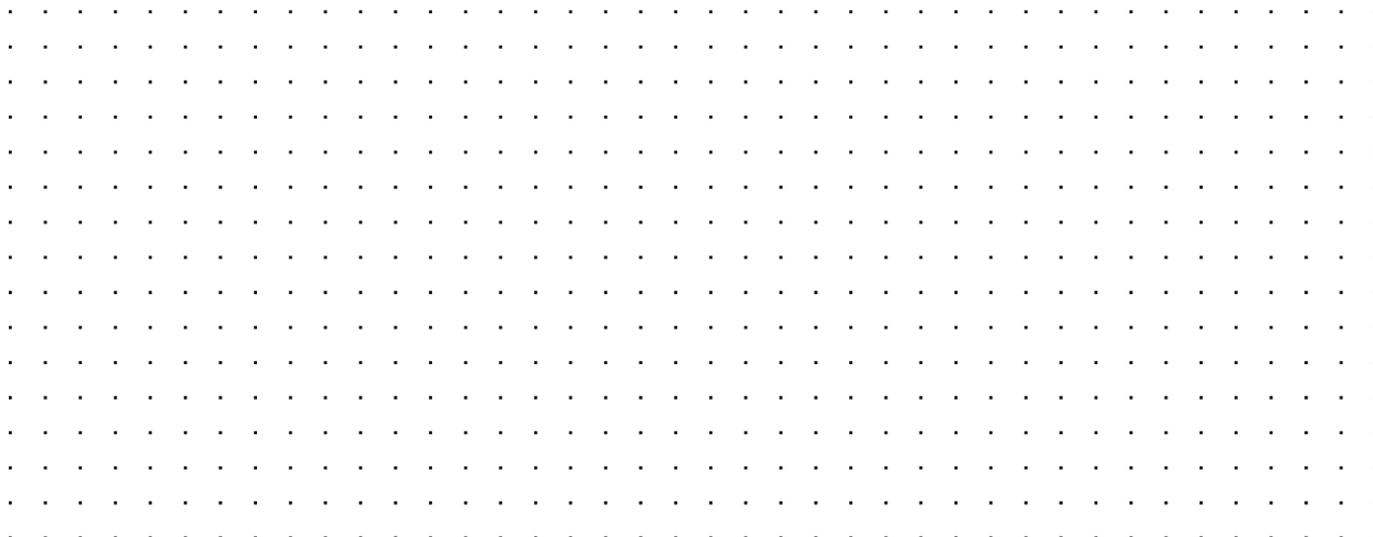


Grundlagenbericht zur Aktualisierung der Vollzugshilfe zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen

22.04.2016



Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Lärm und NIS, CH-3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: Ernst Basler + Partner AG

Autor/Autorin: Markus Deublein, Laurence Duc, Thomas Leutenegger, Walter Moggio,
Tillmann Schulze

Begleitung BAFU: Jürg Baumann, Alexander Reichenbach, Benedict Wyss

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Titelbild: © fotolia.com

Ernst Basler + Partner AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Telefon +41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Postulat und Bericht des Bundesrats	1
1.3	Auftrag des Bundesrates	1
1.4	Vorgehen	2
1.4.1	Projektorganisation	2
1.4.2	Projektablauf	4
2	Situationsanalyse	6
2.1	Anliegen der verschiedenen Bereiche	6
2.1.1	Schutz des Menschen	6
2.1.2	Naturschutz	8
2.1.3	Nachtlandschaft	10
2.1.4	Sicherheit	10
2.1.5	Energieeffizienz	12
2.1.6	Sport	13
2.1.7	Weitere Aspekte	14
2.2	Übersicht über bestehende Grundlagen und Untersuchungen	14
2.2.1	Bundesgesetze	14
2.2.2	Vollzugshilfe	17
2.2.3	Empfehlungen und privatrechtliche Normen	17
2.2.4	Bundesgerichtsentscheide	18
2.2.5	Weitere Grundlagen	19
3	Rückblick Behördentagung	21
4	Ergebnisse der Arbeitsgruppen	22
4.1	Richtwerte	22
4.1.1	Ausgangslage	22
4.1.2	Erfahrung aus Deutschland	28
4.1.3	Zielkonflikte und Meinungsdivergenzen	30
4.1.4	Empfehlungen	31
4.1.5	Vorschlag für Richtwerte für den Menschen	34
4.2	Lichtplanung	47
4.2.1	Ausgangslage	47
4.2.2	Zielkonflikte	50
4.2.3	Allgemeine Empfehlungen	52
4.2.4	Empfehlungen nach Beleuchtungsanlagen	54
4.2.5	Regulatorische Empfehlungen	64
4.2.6	Empfehlungen für weitere Untersuchungen	66
4.3	Sicherheit öffentlicher Räume	66

4.3.1	Ausgangslage.....	66
4.3.2	Zielkonflikte	67
4.3.3	Stossrichtungen.....	68
4.3.4	Allgemeine Empfehlungen.....	73
4.3.5	Empfehlungen für spezifische Beleuchtungssituationen im öffentlichen Raum	75
4.4	Verkehrssicherheit.....	76
4.4.1	Ausgangslage.....	76
4.4.2	Zielkonflikte	77
4.4.3	Allgemeine Empfehlungen.....	78
4.4.5	Empfehlungen für weitere Untersuchungen	81
4.5	Reflexion von Sonnenlicht	81
4.5.1	Ausgangslage.....	81
4.5.2	Beurteilung von Blendwirkung	83
4.5.3	Prognosen der Blendung.....	86
4.5.4	Empfehlungen für weitere Untersuchungen	86
5	Weitere Rückmeldungen.....	87
5.1	Richtwerte	87
5.2	Naturschutz und Richtwerte.....	88
5.3	Richtwerte für Leuchtreklamen	89
5.4	Zeitliche Begrenzung	90
5.5	Regulatorische Empfehlungen	90
5.6	Definition Bagatellschwelle	91
5.7	Sanierung von bestehenden Beleuchtungsanlagen.....	91
5.8	Beleuchtungsanlagen bei Privaten	91
5.9	Empfehlung zur Lichtfarbe und Leuchttypen	92
5.10	Weitere Aspekte zur Ausgestaltung der Vollzugshilfe.....	92
5.11	Aspekte zum weiteren Vorgehen.....	93
6	Fazit	94
7	Weiteres Vorgehen.....	96

Anhänge

A1	Projektorganisation	98
A2	Auslegeordnung vorhandener Normen und Richtwerte.....	100
A3	Protokoll des Experteninterviews zu den LAI-Hinweisen.....	102
A4	Factsheets zur Beleuchtung öffentlicher Räume in Bezug auf Sicherheit.....	109
A5	Literaturverzeichnis.....	121

1 Ausgangslage

1.1 Hintergrund

In den letzten Jahren hat künstliches Licht in der Umwelt stark zugenommen. Dies hat Folgen: Übermässige Lichtimmissionen können nachtaktive Tiere erheblich stören und das Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigen. Lichtimmissionen, die von ortsfesten Anlagen in der Umwelt ausgehen, gehören zu den Einwirkungen, die in den Geltungsbereich des Umweltschutzgesetzes (USG; SR 814.01) fallen. Das USG bezweckt, Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen von sichtbarer Strahlung (Licht) zu schützen (Art. 1 Abs. 1 i.V.m. Art. 7 Abs. 1 USG).

Der Bundesrat hat für die Beurteilung der Schädlichkeit oder Lästigkeit von Lichtimmissionen bislang keine Immissionsgrenzwerte festgelegt. Daher hat die rechtsanwendende Behörde, gestützt auf das USG, im Einzelfall zu beurteilen, welche Massnahmen als Emissionsbegrenzungen genügen und wann Lichtimmissionen als schädlich oder lästig einzustufen sind.

Das Bundesgericht hat dazu 2013 und 2014 zwei Leitentscheide gefällt. Diese betrafen die Weihnachts- und Zierbeleuchtung im Garten eines Privathauses in Möhlin AG sowie die Beleuchtung des Bahnhofs Oberrieden See (vgl. Kapitel 2.2.4). In diesen Urteilen bekräftigte das Bundesgericht den Grundsatz, in Anwendung des Vorsorgeprinzips unnötige Lichtemissionen zu vermeiden, soweit dies technisch sowie betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

1.2 Postulat und Bericht des Bundesrats

Das Postulat Moser «Lichtemissionen und Artenvielfalt» (09.3285) forderte den Bundesrat auf, 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.

Der Bericht „Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen“ in Erfüllung des Postulats Moser vom 29.11.2012 umfasst eine Auslegeordnung vorhandener rechtlicher Grundlagen, der Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Nachtlandschaft, die Artenvielfalt und den Menschen sowie eine Übersicht bestehender Massnahmen zur Reduktion von Lichtemissionen. Zudem zeigt der Bericht bestehenden Handlungsbedarf auf.

1.3 Auftrag des Bundesrates

Im Zusammenhang mit der Genehmigung des Berichts „Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen“ im Februar 2013 hat der Bundesrat dem Bundesamt

für Umwelt (BAFU) verschiedene Folgeaufträge erteilt. Insbesondere ist das BAFU beauftragt, die bestehende Vollzugshilfe «Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen» aus dem Jahr 2005 zu aktualisieren und inhaltlich zu erweitern:

- Gemäss dem Auftrag des Bundesrats sind Richtwerte für die Beurteilung der Schädlichkeit und Lästigkeit für den Menschen von künstlichem Licht in der Umwelt nach den Kriterien des Umweltschutzgesetzes (USG) zu erarbeiten.
- Seit 2005 hat in der Beleuchtungstechnik insbesondere mit der Einführung der Licht emittierenden Dioden (LED) eine grosse technologische Entwicklung stattgefunden. In der zukünftigen Vollzugshilfe ist diesen technischen Neuerungen und den damit verbundenen Chancen und Risiken Rechnung zu tragen.
- Die öffentliche Beleuchtung in Städten sowie entlang von Verkehrswegen dient unter anderem einer besseren Orientierung und einer Erhöhung der Sicherheit in der Nacht. Dies kann je nach Art der Beleuchtung jedoch zu unerwünschten Lichtimmissionen in angrenzenden Räumen führen. Die tatsächlichen Beleuchtungsbedürfnisse aus Sicht der Sicherheit sind in der bisherigen Vollzugshilfe nicht thematisiert. Die zu aktualisierende Vollzugshilfe soll daher explizit auch die Thematik "Sicherheit" (objektive Sicherheit, subjektives Sicherheitsgefühl, Verkehrssicherheit) miteinbeziehen.

1.4 Vorgehen

1.4.1 Projektorganisation

Die Abteilung Lärm und NIS des BAFU leitet die Arbeiten zur Aktualisierung der Vollzugshilfe. Angesichts des Auftrags des Bundesrates (vgl. Kapitel 1.3) wurden vier zu vertiefende Stossrichtungen identifiziert, die mithilfe von Experteninterviews und im Rahmen von **Arbeitsgruppen (AG)**, bestehend aus Behördenvertretern und Experten, bearbeitet wurden:

- **AG «Richtwerte»:** Praktikabilität für die Schweiz und Höhe allfälliger Immissionsrichtwerte zur Beurteilung der Lästigkeit bzw. Schädlichkeit für den Menschen von künstlichem Licht in der Umwelt prüfen.
- **AG «Lichtplanung»:** Relevante Beleuchtungsanlagen identifizieren und Empfehlungen zu konkreten technischen und planerischen Massnahmen zur Reduktion unnötiger Lichtemissionen erarbeiten.
- **AG «Sicherheit»:** Sicherheitsbedürfnisse definieren und allgemeingültige Empfehlungen erarbeiten, um mit möglichst geringer Lichtemission gut ausgeleuchtete, sichere Räume zu erhalten.

-
- **AG «Reflexion von Sonnenlicht»:** Vorgehen bei der Beurteilung der Blendwirkung von reflektiertem Sonnenlicht klären.

Die Teilnehmenden der Arbeitsgruppen (vgl. Anhang A1, Tabelle 15) brachten ihre Erfahrung und Expertise ein. Von jeder Arbeitsgruppensitzung wurde ein Protokoll verfasst, welches zusammen mit den in der Besprechung gezeigten Folien und weiteren Materialien den Sitzungsteilnehmern zur Stellungnahme und den Mitgliedern der übrigen Arbeitsgruppen zur Kenntnis zugestellt wurde. Die Ergebnisse der Inputs, Diskussionen, Schlussfolgerungen sowie die verbleibenden offenen Fragen sind im vorliegenden Grundlagenbericht zusammengefasst.

Eine **Begleitgruppe** aus Vertreterinnen und Vertretern von mitbetroffenen Bundesämtern, kantonalen Umweltämtern und Kommunalverbänden (vgl. Anhang A1, Tabelle 14) begleitete die Erstellung des Grundlagenberichts. Sie wird diese Funktion auch bei der anschliessenden Aktualisierung der Vollzugshilfe wahrnehmen. Die Begleitgruppe unterstützt das BAFU bei der strategischen Steuerung der Arbeiten. Sie half mit, die Schwerpunkte für den Grundlagenbericht und die Zusammensetzung der Arbeitsgruppen festzulegen, diskutierte deren Arbeitsfortschritte und begleitete das Verfassen des vorliegenden Berichts.

Für die Erstellung des Grundlagenberichts beauftragte das BAFU die Firma Ernst Basler + Partner (EBP). Zum Auftrag gehörten auch das Durchführen der Experteninterviews sowie die Leitung/Moderation der Arbeits- und Begleitgruppensitzungen.

Der vorliegende **Grundlagenbericht** dokumentiert die Arbeiten der verschiedenen Arbeitsgruppen und stellt eine Auslegeordnung der gesammelten Informationen dar:

- Er fasst wesentliche Kenntnisse über die Auswirkungen von Lichtemissionen auf den Menschen, die Artenvielfalt und die Nachtlandschaft kurz zusammen, zeigt die Anliegen verschiedener Akteure sowie bestehende Zielkonflikte zwischen den verschiedenen Anliegen auf (vgl. Kapitel 2.1).
- Er beinhaltet materielle, rechtliche und normative Grundlagen zum Schutz der Umwelt vor übermässigen Lichtemissionen (vgl. Kapitel 2.2).
- Das Kapitel 4:
 - beschreibt die Diskussionen und Ergebnisse der Arbeitsgruppensitzungen;
 - fasst die Empfehlungen zusammen, welche in den Arbeitsgruppen erarbeitet wurden;
 - weist bestehende Meinungsdivergenzen aus den Arbeitsgruppen aus und
 - listet die verbleibenden offenen Fragen und den von den Arbeitsgruppen identifizierten weiteren Untersuchungsbedarf auf.

- Kapitel 5 fasst Rückmeldungen der Koreferatsrunde zum ersten Entwurf des Grundlagenberichts bei Begleitgruppe und Arbeitsgruppenteilnehmern zusammen, welche über die Ergebnisse der Arbeitsgruppen hinausgingen und die weitere Erarbeitung der Vollzugshilfe betreffen.
- Kapitel 6 rundet die Erkenntnisse mit einem Fazit aus Sicht des Auftragnehmers ab.

Mit dieser Auslegeordnung bildet der Grundlagenbericht die inhaltliche/materielle Basis für die Aktualisierung der Vollzugshilfe, die in einem weiteren Schritt erfolgen soll (vgl. Kapitel 7).

Die Abbildung 1 zeigt die Projektorganisation. Im Anhang A1 sind die Mitglieder des jeweiligen Projektorgans aufgeführt.

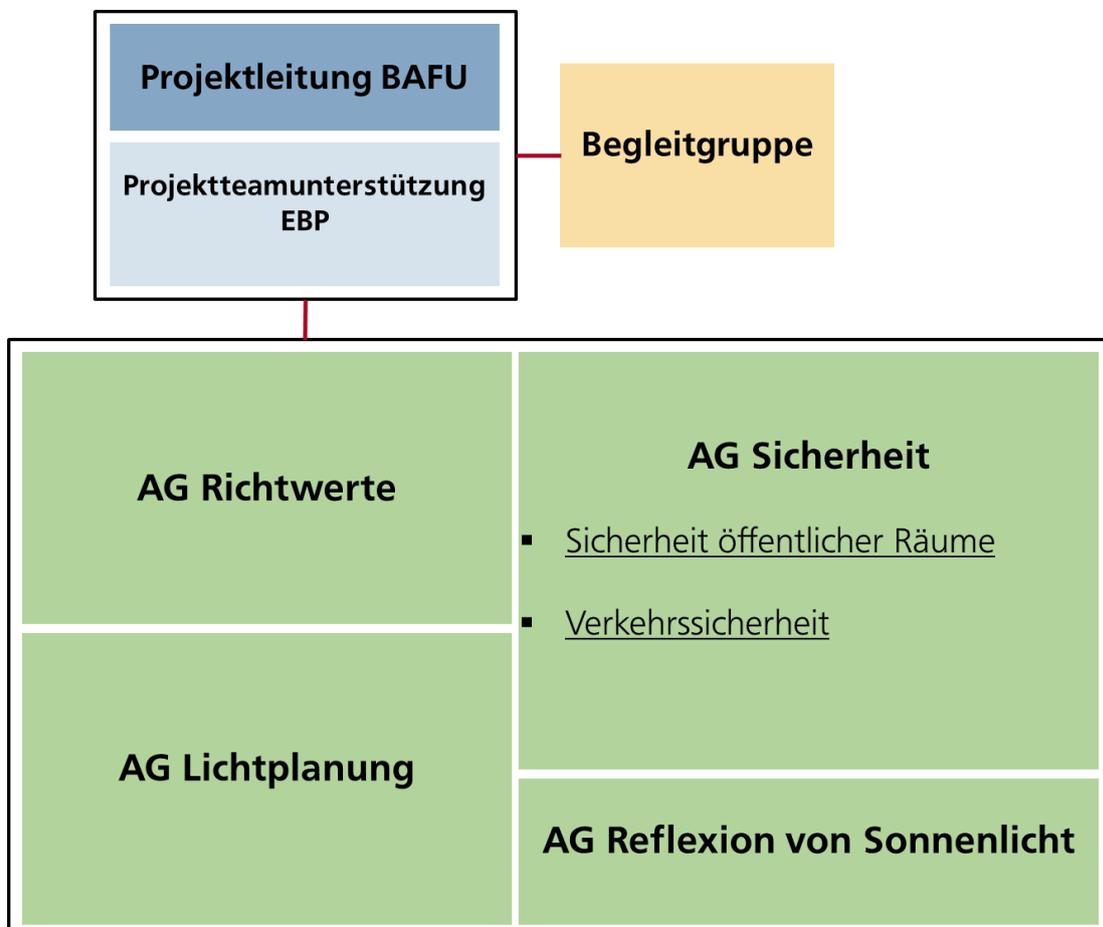


Abbildung 1: Projektorganisation zur Erarbeitung des Grundlagenberichts

1.4.2 Projekttablauf

Als Startpunkt der Arbeiten zur Aktualisierung der Vollzugshilfe fand am 13. Februar 2015 eine Behördentagung zum Thema Lichtimmissionen statt (vgl. Kapitel 3). Im Rahmen dieser

Tagung wurden die Erfahrungen und Bedürfnisse der Kantone und Kommunalverbände abgeholt.

In der 1. Begleitgruppensitzung wurden die vier thematisch unterschiedlichen Arbeitsgruppen mit gezielt ausgewählten Teilnehmerkreisen mandatiert (siehe Anhang A1). Der genaue thematische Fokus der vier Arbeitsgruppen ergab sich aus den bisher durchgeführten Vorarbeiten des BAFU sowie aus den Rückmeldungen an der Behördentagung.

Die ersten Arbeitsgruppensitzungen zu den vier Stossrichtungen fanden zwischen Juni und Juli 2015 statt. Für die Stossrichtungen „Richtwerte“, „Lichtplanung“ und „Sicherheit“ wurde weiterer Diskussionsbedarf gesehen, im August 2015 fand daher je eine zweite Sitzung statt. Basierend auf den Ergebnissen der Arbeitsgruppensitzungen erstellte EBP zusammen mit der Projektleitung BAFU ein Konzeptpapier mit der Struktur und dem vorläufigen Inhalt des Grundlagenberichts. Im Rahmen der 2. Begleitgruppensitzung wurde dieser Vorschlag vorgestellt und diskutiert. An dieser Sitzung wurde ebenfalls entschieden, die Vollzugserfahrungen mit Immissionsrichtwerten aus Deutschland abzuholen. Da im Rahmen der Arbeitsgruppensitzungen „Lichtplanung“, „Richtwerte“ und „Sicherheit“ die Strassenbeleuchtungen im Zusammenhang mit dem Thema Verkehrssicherheit immer wieder als wichtiges Thema identifiziert wurden, entschied das BAFU, in einer separaten Besprechung die normativen Vorgaben für die Strassenbeleuchtung sowie eine potenzielle Reduktion ihrer Störf Wirkung auf die Umgebung zu thematisieren. Anhand der Ergebnisse aller Sitzungen erstellte EBP in Zusammenarbeit mit dem BAFU den vorliegenden Grundlagenbericht zur Aktualisierung der Vollzugshilfe.

Der Entwurf des Grundlagenberichts wurde der Begleitgruppe sowie sämtlichen Teilnehmenden der verschiedenen Arbeitsgruppen mit der Möglichkeit zur schriftlichen Stellungnahme zugestellt. Aufgrund der Rückmeldungen wurde der Grundlagenbericht überarbeitet. Rückmeldungen, welche über die Ergebnisse der Arbeitsgruppen hinaus gingen und die zu aktualisierende Vollzugshilfe betrafen, wurden in einem separaten Kapitel zusammengefasst (vgl. Kapitel 5).

Die folgende Tabelle zeigt den zeitlichen Ablauf der beschriebenen Arbeiten.

Datum	Meilensteine
13. Februar 2015	Behördentagung
30. April 2015	1. Begleitgruppensitzung: Vorstellung, Zustimmung bzw. Anpassung und Fertigstellung des Konzepts zur Mitwirkung von Experten.

Juni-Juli 2015	Erste Arbeitsgruppensitzungen: AG „Richtwerte“, „Lichtplanung“, „Sicherheit“, „Reflexion von Sonnenlicht“
August 2015	Zweite Arbeitsgruppensitzungen: AG „Richtwerte“, „Lichtplanung“, „Sicherheit“
2. September 2015	2. Begleitgruppensitzung: Vorstellung der Ergebnisse der Arbeitsgruppen, der Planung von zukünftigen Mitwirkungen von Experten sowie des Konzepts zum Grundlagenbericht
Oktober 2015	Experteninterview zu LAI-Hinweisen¹⁾ Besprechung zur Verkehrssicherheit
7. Dezember 2015	3. Begleitgruppensitzung: Vorstellung des Berichtsentwurfs
Januar 2016	Schriftliche Stellungnahme Begleitgruppe und Mitglieder der Arbeitsgruppen zum Berichtsentwurf
Januar-März 2016	Verfassung der definitiven Version des Grundlagenberichts

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf der Arbeiten für die Erstellung des Grundlagenberichts

2 Situationsanalyse

2.1 Anliegen der verschiedenen Bereiche

2.1.1 Schutz des 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 (BAFU, 2012). In einer Bevölkerungsbefragung²⁾ gaben 22% (Jahr 2014) bzw. 24% (Jahr 2015) der Befragten an, dass sie das „Licht von Strassenbe-

1) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz LAI

2) UNIVOX Umwelt: repräsentative telefonische Umfrage; Grundgesamtheit: Erwachsene Bevölkerung der Schweiz; Stichprobe: 1009 Personen (2014) bzw. 1013 Personen (2015)

leuchtungen, beleuchteten Nachbarhäusern oder Gärten, Sportplätzen, Leuchtreklamen etc.“ in ihrem Zuhause als sehr oder eher störend empfanden (gfs-zürich, 2014 u. 2015).

Bei den künstlichen Lichtquellen im Aussenraum kann man gemäss Expertenmeinungen direkte physische Schäden an Auge oder Haut ausschliessen (LAI, 2012). Hier stehen Auswirkungen im Vordergrund, die der Belästigung oder der Störung des Wohlbefindens zuzuordnen sind. Konkret genannt werden in der Literatur Blendungen und Belästigungen durch übermässige Aufhellungen des Wohnraums. Auch eine allfällige Beeinflussung des biologischen Tag-Nacht-Rhythmus durch künstliche Lichtquellen wird derzeit intensiv erforscht (sog. chronobiologische Wirkungen).

Bei der Blendung wird zwischen physiologischer und belästigender (bzw. psychologischer / subjektiver) Blendung unterschieden. Bei der **physiologischen Blendung** handelt es sich um eine objektiv messbare Verminderung der Sehleistung. Eine Alltagssituation, in welcher es zu Absolutblendungen³⁾ kommen kann, stellt die Reflexion von Sonnenlicht an spiegelnden Gebäudeelementen wie Glasfassaden, Metallverkleidungen, Fensterscheiben, Photovoltaikanlagen oder Sonnenkollektoren dar. Ab welcher Intensität und Dauer die Einwirkung solcher Blendungen schädlich ist, ist aber noch nicht bekannt (BAFU, 2012).

Bei der **belästigenden Blendung**, in der Literatur auch als psychologische⁴⁾ oder subjektive Blendung bezeichnet, wird die Sehleistung zwar nicht eingeschränkt, der Lichteindruck wird aber trotzdem als unangenehm empfunden. Als störend wird möglicherweise empfunden, dass eine helle Lichtquelle den Blick auf sich zieht, so dass die Person dadurch von ihrem Handeln abgelenkt wird. 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).

Zudem können Beleuchtungsanlagen in der Umwelt den Wohnraum aufhellen, was zu einer eingeschränkten Nutzung dieses Wohnbereichs führen kann. Eine solche übermässige **Raumaufhellung** kann zu unterschiedlichen Störwirkungen führen.

Der Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen wird wesentlich durch das Tageslicht bestimmt. Forschungsergebnisse der letzten Jahre zeigen, dass auch künstliches Licht einen Einfluss auf

3) Blendung, bei der unter Einwirkung sehr hoher Leuchtdichten in großen Teilen des Gesichtsfelds Schutzreflexe einsetzen. Eine Absolutblendung entsteht dann, wenn die Leuchtdichten so hoch sind, dass für das Auge keine Adaptation mehr möglich ist.

4) Moshhammer und Kundi (2013) führen aus, dass sie den Begriff „psychologische Blendung“ als wenig geeignet halten, da er falsch interpretiert werden könne. Es handle sich bei dieser Einwirkung keineswegs um ein bloss subjektives Phänomen. Sie sprechen daher von Unbehaglichkeitsblendung. Im hier vorliegenden Bericht wird in Anlehnung an die Begrifflichkeiten des USG der Begriff „belästigende Blendung“ verwendet.

diesen **Tag-Nacht-Rhythmus** haben kann. Blaues Licht resp. Licht mit einem hohen Blauanteil im Spektrum ist dabei besonders wirksam.

Eine Störung des Tag-Nacht-Rhythmus könnte weitere Gesundheitsfolgen nach sich ziehen wie Schlafstörungen, Veränderungen der Hormonproduktion oder Herzschlagveränderungen. Vermutet werden weiter Störungen des Menstruationszyklus bei Frauen, eine Verminderung der Abwehrkräfte gegenüber Infektionskrankheiten und verfrühtes Einsetzen der Pubertät (Gronfier, 2015). Aus wissenschaftlicher Sicht fehlen jedoch Aussagen und Studien dazu, welchen Einfluss ein bestimmtes Beleuchtungsniveau auf die menschliche Gesundheit hat. Hier besteht Forschungsbedarf.

Die Auswirkungen des künstlichen Lichts auf den Schlaf-Wach-Rhythmus sind gemäss heutigem Wissensstand aber eher auf die Innenbeleuchtung als auf die Aussenbeleuchtung zurückzuführen, da die Expositionsintensitäten im Aussenbereich meist deutlich kleiner sind als die Intensitäten in Innenräumen wie Wohnungen. Die Bevölkerung macht sich erfahrungsgemäss Sorgen bezüglich Licht, wenn gewisse Produkte (z. B. Glühlampen) verboten werden. Die Untersuchungen des Bundesamts für Gesundheit (BAG) konzentrieren sich in einem ersten Schritt daher vor allem auf Leuchtmittel (z. B. Energiesparlampen, LED-Leuchten) und noch nicht auf das Licht von Bildschirmen (z. B. LED-Monitore, Tablets), welches ebenfalls das Potenzial hat, den Schlaf-Wachrhythmus zu beeinflussen. Bei den Untersuchungen des BAG stehen Fragen zu allfälligen photochemischen Schäden an der Netzhaut (sog. blue-light-hazard), Einflüsse auf die Chronobiologie⁵⁾ und Flicker-Phänomene im Vordergrund (BAG, 2016).

Derzeit konzentriert sich die chronobiologische Forschung auf Lichtquellen im Innenraum, die unmittelbar auf den Menschen einwirken. Sobald besser bekannt ist, ab welchen Lichtintensitäten und Expositionszeiten 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 (BAFU, 2012).

2.1.2 Naturschutz

Nächtliches Kunstlicht beeinflusst verschiedene lichtscheue nachtaktive Tiere wie Insekten, Zugvögel (Huemer et al., 2011) und viele wirbellose Tierarten (Thomas et al., 2012). Dies ist dadurch bedingt, dass lichtempfindliche Arten für Nahrungssuche, Orientierung und innerartliche Kommunikation auf Intensität, Periodizität und Spektralverteilung des natürlichen Lichts

5) Die Chronobiologie entspricht der zeitlichen Organisation physiologischer Prozesse und wiederholter Verhaltensmuster von Organismen.

angewiesen sind (Thomas et al., 2012). Neuere Studien zeigen, dass nächtliche sichtbare Strahlung die Struktur und Funktion von Ökosystemen nachhaltig beeinflussen kann, da es zu einer Artenverschiebung in Richtung lichtunempfindlicher Arten kommt (Thomas et al., 2012). Ändert sich die Artenzusammensetzung, kann dies Auswirkungen auf die Nahrungskette haben und so Veränderungen im Ökosystem hervorrufen. Neben Zersiedelung, Schadstoffeinträgen und Lärm sind nächtliche Lichtemissionen damit ein weiterer Stressfaktor für empfindliche Ökosysteme.

Der Einfluss nächtlichen Kunstlichts auf Flora und Fauna ist Gegenstand aktueller Forschung und die Problematik ist nachfolgend daher nicht abschliessend dargestellt. Die effektiven Auswirkungen von Kunstlicht auf Tiere und Pflanzen sind grösstenteils nach wie vor unklar. Im Folgenden sind Beispiele für bekannte Auswirkungen von nächtlichem Licht auf Tiere und Pflanzen aufgeführt:

- *Vögel*: Auf Vögel und insbesondere nachtaktive Zugvögel wirken stark beleuchtete Objekte anziehend und können deren Orientierung beeinträchtigen (Held et al., 2013). Beispiele sind Lichtglocken, Hochhäuser oder Skybeamer (Haupt & Schillemeit, 2011). Dabei scheinen langwellige (rot/orange) Strahlungsquellen eine stärkere Anziehung auf nachtaktive Zugvögel auszuwirken als kurzwellige (blau/grün) (Poot et al., 2008).
- *Säuger*: Fledermäuse fliegen bei nächtlichem Kunstlicht später aus und vermeiden beleuchtete Orte. Dadurch müssen sie weitere Wege zurücklegen und damit mehr Energie aufwenden, um ihre Jagdgebiete zu erreichen, verlieren Teile ihres Lebensraums und können weniger Junge aufziehen (Rose et al., 2006). Nachtlicht irritiert Igel und stört sie in ihrem räumlichen Verhalten.
- *Wirbellose Tiere*: Die Attraktion von Licht auf nachtaktive wirbellose Tiere wie Nachtfalter, Käfer, Fliegen oder Grillen ist ein bekanntes Phänomen. Diese Tiere fühlen sich von nächtlichem Licht stark angezogen und verlassen dadurch ihren natürlichen Lebensraum. Damit verlieren sie meist die Möglichkeit zur Nahrungsaufnahme oder Reproduktion und sind zudem leichte Beute für ihre Räuber. Glühwürmchen sind besonders stark auf die nächtliche Dunkelheit angewiesen, da sie sich bei der Partnersuche auf visuelle Kommunikation verlassen. Anders als nachtaktive Zugvögel werden wirbellose Tiere besonders stark durch kurzwelliges Licht angezogen, während langwelliges Licht eine geringere Anziehungskraft ausübt (Eisenbeis & Eick; 2011, BAFU, 2012).
- *Amphibien*: Fast alle Amphibien sind nachtaktiv. Beleuchtung über den Abend hinaus kann diese lichtempfindlichen Tiere davon abhalten auf Nahrungssuche zu gehen oder die Paarung verhindern (BAFU, 2012).

- *Pflanzen*: Viele Prozesse in der Entwicklung von Pflanzen wie zum Beispiel Blüten- und Fruchtentwicklung werden durch lichtempfindliche Rezeptoren gesteuert. Durch künstliches Nachtlicht kann so beispielsweise je nach Art die Blütenbildung verhindert oder beschleunigt werden (BAFU, 2012).

2.1.3 Nachtlandschaft

«Nach der Definition des Landschaftskonzepts Schweiz 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.» (BAFU, 2012, S. 11)

Die Nachtdunkelheit nimmt durch die Zunahme von Lichtemissionen weltweit ab und wird auf immer kleinere Bereiche zurückgedrängt. Auch in der Schweiz nahm der Flächenanteil mit Nachtdunkelheit in den letzten zwanzig Jahren 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. Insgesamt nahmen die gegen oben gerichteten Lichtemissionen in der Schweiz zwischen 1994 und 2009 um rund 70% zu.» (BAFU, 2012, S. 11)

«Lichtemissionen können die nächtliche Landschaft und damit im weitesten Sinne das heimatliche 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 heimatliche 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.» (BAFU, 2012, S. 9)

2.1.4 Sicherheit

Sicherheit in öffentlichen Räumen

Dunkelheit erzeugt Unsicherheit: Wenn die Gesamthelligkeit abnimmt, vermindert sich die Sehschärfe, das Kontrastsehen ist reduziert und die Entfernungseinschätzung verschlechtert sich. Dunkelheit führt zu einer Einschränkung der Farberkennung, die Blendungsgefahr steigt und die Erkennbarkeit wird herabgesetzt. Dunkelheit bedeutet Einschränkungen in der Wahr-

nehmung, die als unangenehm erlebt werden. Demzufolge wird Dunkelheit mit dem Gefühl der Unsicherheit und Helligkeit mit dem Gefühl der Sicherheit assoziiert. Untersuchungen belegen, dass Dunkelheit einen grossen Einfluss darauf hat, ob ein Raum als Angstraum eingeschätzt wird oder nicht. So werden gleiche Orte zu unterschiedlichen Zeiten mehr oder weniger intensiv als Angstraum empfunden.

Licht bzw. Beleuchtung ist demnach ein zentraler Faktor für die Sicherheit in öffentlichen Räumen wie Strassen, Plätzen oder Parkanlagen. Die richtige Beleuchtung in Verbindung mit weiteren Aspekten wie beispielsweise der richtigen Raumgestaltung, also dem Schaffen der richtigen „physikalischen Situationsmerkmale“ wie Sichtbeziehungen/Sichtachsen zwischen Raumnutzenden durch die richtige Auswahl und Höhe von Buschwerk, Mauern etc., führt nachweislich zu einem erhöhten Sicherheitsgefühl bei den Raumnutzenden. Die Auswirkung von Beleuchtung auf die faktische und damit objektive Sicherheit ist hingegen nicht nachgewiesen. Nachweisbare Delikte wie Einbruch, Raub oder Körperverletzungen nehmen bei Dunkelheit nicht unbedingt zu. Dabei ist die Phase der Dunkelheit zu differenzieren: Während beispielsweise sogenannte „Dämmerungs-Einbrüche“ in der Herbst- und Winterzeit ein jährlich wiederkehrendes Phänomen darstellen, sind in der wirklichen Nachtphase nicht mehr Delikte zu verzeichnen.

Ist es das Ziel, mittels Beleuchtung für mehr Sicherheit zu sorgen, bedeutet dies nicht einfach „mehr Licht“. So muss beispielsweise auch eine ausreichende soziale Kontrolle gewährleistet sein. Nur wenn Menschen das Gefühl haben, dass sie auch gesehen werden können, fühlen sie sich in öffentlichen Räumen auch sicherer. Haben potenzielle Täter das Gefühl beobachtet oder sogar erkannt zu werden, nehmen sie eher Abstand von einer möglichen Tat.

Auch bedarf es des „richtigen Lichts“. So dürfen Nutzende öffentlicher Räume nicht „ausgestellt“ sein, es darf kein „Bühneneffekt“ eintreten. Ein solcher Effekt ist möglich, wenn beispielsweise Wege erleuchtet sind, das Umfeld aber in Dunkelheit liegt. Entsprechend ist eine Beleuchtung erforderlich, die eine Wahrnehmung des Umfelds ermöglicht.

Verkehrssicherheit

Mit der zunehmenden Mobilität und Motorisierung der Gesellschaft nimmt auch die Beleuchtung der Strassen eine immer zentralere Bedeutung für die Verkehrssicherheit ein. Fakt ist, dass sich in der Dunkelheit die Wahrnehmungsfähigkeiten der Verkehrsteilnehmer verschlechtern und dadurch die Reaktionszeiten deutlich ansteigen. Somit können komplexe Verkehrsverhältnisse schwieriger erkannt, Geschwindigkeitsdifferenzen ungenauer eingeschätzt und auf Störungen im Verkehrsablauf kann nur eingeschränkt reagiert werden. Das

Unfallgeschehen in der Dunkelheit ist sehr vielschichtig und hängt von komplexen Zusammenhängen zwischen einer Vielzahl unfallbegünstigender Faktoren ab.

Untersuchungen im Rahmen des Konzepts für die öffentliche Beleuchtung in Berlin haben gezeigt, dass vor allem Unfälle mit einbiegendem/kreuzendem Verkehr weit über den durchschnittlichen Anteil hinaus das Unfallgeschehen in der Dunkelheit prägen. Von allen Verkehrsteilnehmergruppen sind in der Dunkelheit vor allem Fussgänger besonders gefährdet, weil sie als einzige Verkehrsteilnehmergruppe in der Regel kein eigenes Licht mit sich führen und dadurch in der Dunkelheit schlechter wahrgenommen werden können. Zusätzlich sind die Unfallfolgen bei diesen ungeschützten Verkehrsteilnehmern oft deutlich schwerer als bei Teilnehmern des motorisierten Individualverkehrs. Aus diesen Erkenntnissen entsteht eine Verantwortung für die Strassenbetreiber, besonders Fussgänger durch eine angemessene und gezielte Beleuchtung zu schützen.

2.1.5 Energieeffizienz

Mit der Vermeidung unnötiger Lichtemissionen wird gleichzeitig ein Beitrag zur sparsamen und rationellen Energienutzung gemäss Energiegesetz Art. 1 Abs. 2b (SR 730.0) geleistet. Die öffentliche Beleuchtung verbraucht jährlich rund 0.8 % des Stromverbrauchs in der Schweiz (BFE, 2015). Über die Hälfte liesse sich über effizientere Leuchtmittel wie LED-Leuchten und bedarfsgerechte Absenkung oder Steuerung mit Bewegungsmeldern einsparen. Damit können gleichzeitig unnötige Lichtemissionen vermieden und der Stromverbrauch reduziert werden.

Kaltweisse LED-Leuchten weisen bei gleicher Leuchtstärke derzeit noch einen tieferen Energieverbrauch auf als die optisch oft als angenehmer empfundenen warmweissen LED-Leuchten. Kaltweisse LED-Leuchten enthalten einen höheren Blaulichtanteil als warmweisse LED-Leuchten. Beim Dämmerungs- und Nachtsehen ist die Empfindlichkeit des menschlichen Auges im Vergleich zum Tagessehen in Richtung blau verschoben. Daher lässt kaltweisses oder neutralweisses LED-Licht eine Absenkung der Lichtintensität eher zu, da trotz der geringeren Intensität das Dämmerungssehen noch besser möglich ist (CIE 191:2010). In England können die Beleuchtungsniveaus reduziert werden, wenn mit kaltweissem Licht beleuchtet wird (BS 5489-1:2013).

Noch gibt es keinen geeigneten Recyclingprozess für LED-Leuchten. Zwar sind die Hersteller verpflichtet, die LED-Leuchten zurückzunehmen, jedoch lagern Hersteller wie beispielsweise Osram diese nur. Verschiedene Forschungseinrichtungen, wie die Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie, beschäftigen sich mit der Entwicklung von Verfahren, um LED-Leuchten zu recyceln (Fraunhofer Institut, 2015).

2.1.6 Sport

Aufgrund der Bundesverfassung (Art. 68) und des Bundesgesetzes über die Förderung von Sport und Bewegung (SR 415.0) hat der Bund, zusammen mit den Kantonen, Gemeinden und Sportverbänden, einen umfassenden Auftrag, den Sport und die Bewegung der gesamten Bevölkerung zu fördern. Diese Förderung erfolgt im Interesse der Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Bevölkerung, der ganzheitlichen Bildung und des gesellschaftlichen Zusammenhalts.

Die Ausübung von Sport und Bewegung setzt geeignete Bewegungsräume wie Hallen, Stadien, Sportplätze, aber auch Flächen in Natur, Landschaft und Siedlungsgebiet wie Pisten, Loipen, Finnenbahnen, Pumptracks usw. voraus. In Anbetracht der knapper werdenden Flächen und der zahlreichen Nutzungs- und Schutzinteressen wird es zunehmend schwieriger, die erforderlichen Bewegungsräume zur Verfügung zu stellen. Sowohl im Interesse der Sportförderung als auch der sinnvollen verdichteten Nutzung des Siedlungsraumes sollen möglichst viel Sport und Bewegung nahe bei der Bevölkerung, also im Siedlungsraum und daran angrenzend ausgeübt werden können. Um dem verbreiteten Mangel an Trainingsmöglichkeiten zu begegnen, werden beispielsweise vielenorts Fussballplätze mit Kunstrasen und Beleuchtung ausgerüstet, um sie intensiver nutzen zu können.

Ausserdem hat die Bevölkerung, insbesondere in Tourismusgebieten, ein Bedürfnis nach Sport und Bewegung in der freien Natur, weil das „Naturerlebnis“ zu den wichtigsten Sportmotiven der Bevölkerung gehört.

Die Raumbedürfnisse von Sport und Bewegung können jedoch zu Konflikten führen, namentlich wenn es darum geht, Lärm- und Lichtimmissionen gering zu halten. Aussensportanlagen führen in ihrer Umgebung wegen ihrer künstlichen Beleuchtung häufig zu erheblichen Lichtimmissionen. Auch wenn technische Massnahmen zur Vermeidung von unerwünschten Emissionen getroffen werden, reicht dies wegen des oft geringen Abstandes von Wohnzonen zur Sportanlage häufig nicht, um die Lichtimmissionen in einem akzeptablen Mass zu halten. Dies bedeutet, dass bei der Aktualisierung der Vollzugshilfe aus Sicht des Sports darauf zu achten ist, angesichts des Platzmangels die Verhältnismässigkeit zu wahren und die «Verdichtung der Nutzung» nicht zu verunmöglichen. Es sollte vermieden werden, dass durch zu strenge Vorschriften bezüglich Licht die Ausübung sportlicher Aktivitäten stark beschränkt wird. Dies ist besonders auch dort zu berücksichtigen, wo neue Wohneinheiten an bestehende Sportplätze herangebaut werden und dadurch Immissionsprobleme entstehen.

2.1.7 Weitere Aspekte

- **Tourismus:** Die Inszenierung historischer Stadtkerne, von Gebäuden (z. B. im Rahmen eines Plan Lumière) und Naturobjekten (z. B. Pilatus, Rheinfall) sowie die Beleuchtung von Sportinfrastrukturen im Naturraum können als Mittel eingesetzt werden, um Besucher in Tourismusregionen bzw. -städte anzuziehen. Solche Inszenierungen können jedoch teilweise zu Konflikten mit der Bevölkerung und mit dem Naturschutz führen. Bei strengen Vorschriften für die Beleuchtung fürchtet die Tourismusbranche Auswirkungen auf ihre Umsätze. Andererseits wurde bei der Erarbeitung von Plans Lumière (z. B. Luzern) festgestellt, dass die Innenstädte bereits derart hell waren, dass besondere Gebäude oder Objekte gar nicht mehr zur Geltung gebracht werden konnten und es auch aus gestalterischer Sicht Sinn machte, das Beleuchtungsniveau insgesamt zu senken.
- **Wirtschaft und Konsum:** Die Erschliessung der Stunden nach Sonnenuntergang für den gelebten Alltag liegt noch nicht sehr lange zurück. Erst mit technischen Erfindungen wie Strom und Licht wurde dies möglich. Heute ist der Begriff der 24-Stunden-Gesellschaft auch in der Schweiz allgegenwärtig (vgl. ARE, 2015). Diese Gesellschaft produziert, verkauft und konsumiert rund um die Uhr. Sie erschliesst ein beachtliches Wirtschaftspotenzial und benötigt dafür Kunstlicht. Dies führt unvermeidbar zu einer Zunahme von Lichtimmissionen: Läden werden länger beleuchtet, Schaufenster und Reklametafeln leuchten die ganze Nacht durch. Ausgangsviertel erfordern ebenfalls eine ständige Beleuchtung. Des Weiteren bleibt die Beleuchtung von Arbeitsstätten (z. B. Bürohäuser, Arbeitsplätze im Freien, Fabrikhallen) bis spät in die Nacht oder sogar durchgehend eingeschaltet. Auch diese Orte emittieren Licht in ihre Umgebung.

2.2 Übersicht über bestehende Grundlagen und Untersuchungen

2.2.1 Bundesgesetze

Übersicht

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): Artikel 6 definiert die Schutzbedürfnisse von Objekten, die in einem Inventar des Bundes enthalten sind. Diese

Objekte müssen vor übermässigen Lichtimmissionen geschützt werden (vgl. auch Kapitel 2.1.3).

- Raumplanungsgesetz (RPG; SR 700): Artikel 18a definiert die Anforderungen an den Bau von Solaranlagen (vgl. auch Kapitel 4.5.1). Die Artikel 22 und 24 definieren die Baubewilligungspflicht von Anlagen.
- Jagdgesetz (JSH; SR 922.0): Artikel 1 definiert den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel.
- Bundesgesetz über die Fischerei (BGF SR 923.00): Artikel 5 definiert Schutz von gefährdeten Arten und Rassen.
- Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG; SR 814.01) mit Artikel 1, Artikel 7 Absätze 1 und 2 sowie den Artikeln 11 bis 14.
- Strassenverkehrsgesetz (SVG; SR 741.01): Die Artikel 26, 31, 32 und 33 definieren die Vorsichtspflichten des Führers eines Fahrzeugs, insbesondere im Zusammenhang mit den Sichtverhältnissen (Art. 32).

Im Hinblick auf den Auftrag des Bundesrates, Richtwerte für die Beurteilung der Schädlichkeit und Lästigkeit für den Menschen von künstlichem Licht in der Umwelt nach den Kriterien des USG zu erarbeiten (vgl. Kapitel 1.3), kommt dem USG eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund werden die Vorgaben des USG nachfolgend genauer beschrieben.

Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG)

Lichtimmissionen, die von ortsfesten Anlagen in der Umwelt ausgehen, gehören zu den Einwirkungen, die in den Geltungsbereich des Umweltschutzgesetzes (USG; SR 814.01) fallen. Das USG bezweckt, Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen von sichtbarer Strahlung (Licht) zu schützen (Art. 1 Abs. 1 USG). Das USG schützt vor solchen Einwirkungen mit einem zweistufigen Konzept:

- Als erste Stufe verlangt Artikel 11 Absatz 2 USG, im Rahmen der Vorsorge Emissionen unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist (vorsorgliche Emissionsbegrenzungen).
- In einer zweiten Stufe sind die Emissionsbegrenzungen 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). Für die Beurteilung, ab wann eine Einwirkung schädlich oder lästig ist, legt der Bundesrat durch eine Verordnung

Immissionsgrenzwerte fest (Art. 13 Abs. 1 USG). Gemäss Artikel 13 Absatz 2 USG berücksichtigt er dabei auch die Wirkungen der Immissionen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit, wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere.

Gemäss Artikel 11 Absatz 1 USG sind die Emissionen durch Massnahmen bei der Quelle zu begrenzen. Emissionsbegrenzungen für Strahlen werden durch den Erlass von Emissionsgrenzwerten, Bau- und Ausführungsvorschriften sowie Verkehrs- und Betriebsvorschriften oder bei Fehlen solcher Vorschriften mittels Verfügung vorgeschrieben (Art. 12 USG).

Der Bundesrat hat für die Beurteilung der Schädlichkeit oder Lästigkeit von Lichtimmissionen bislang keine Immissionsgrenzwerte festgelegt. Daher hat die rechtsanwendende Behörde, gestützt auf das USG, im Einzelfall zu beurteilen, welche Massnahmen als Emissionsbegrenzungen genügen und wann Lichtimmissionen als schädlich oder lästig einzustufen sind.

Müssen sich Betroffene vor Lichtimmissionen selber schützen?

Wie oben ausgeführt sieht das USG grundsätzlich vor, dass störende oder lästige Einwirkungen durch Massnahmen bei der Quelle begrenzt werden. Im Zusammenhang mit Beschwerdefällen zu Auswirkungen von Lichtimmissionen auf den Menschen stellt sich jedoch auch oft die Frage, ob von den betroffenen Anwohnern allenfalls verlangt werden kann, sich selber zu schützen, z. B. durch Schliessen der Fensterläden oder Storen.

Die Luftreinhaltung, der Schutz vor Lärmimmissionen (inkl. Erschütterungen) sowie der Schutz vor Strahlen (inkl. Lichtimmissionen) werden traditionellerweise unter dem Oberbegriff „Immissionsschutz“ zusammengefasst. Das USG weist für diesen Bereich ein übergreifendes Konzept auf, das in den Artikeln 11–18 USG festgelegt ist (Schrade/Loretan, Komm. USG, 2. Aufl., Vorbemerkungen zu Art. 11–25 N. 1). Für den Schutz vor Strahlung gilt dieses immissionschutzrechtliche Grundkonzept des USG ohne Ausnahmen.

Dieses Grundkonzept besteht, wie oben erläutert, aus den beiden zentralen Instrumenten Emissionsbegrenzungen und Immissionsgrenzwerte. Artikel 11 Absatz 1 USG fasst unter dem Begriff der Emissionsbegrenzungen alle Massnahmen zur Reduktion der Entstehung von Einwirkungen direkt bei der Quelle zusammen. Schon in der Botschaft zum USG hatte der Bundesrat klargestellt, „dass der Umweltschutz, wenn immer möglich, mit der Bekämpfung der Einwirkungen am Ort ihres Entstehens beginnen muss“ (BBl 1979 III 789; vgl. auch BGE 121 II 378, E. 11a) (a.a.O., N. 4 und 16b). Massnahmen, die lediglich die weitere Ausbreitung der Einwirkungen begrenzen, kommen nur in zweiter Linie in Frage; erst recht nur als Ultima Ratio in Betracht zu ziehen sind Massnahmen, die am Ort des Einwirkens selbst eingreifen (a.a.O., N. 4). Massnahmen, die erst einsetzen, nachdem eine bestimmte Einwirkung bereits aus der Quelle ausgetreten ist, und damit Mensch und Umwelt lediglich noch gegen Einwirkungen

abschirmen (a.a.O., N. 16a), „kommen nach der grundlegenden Wertentscheidung des Gesetzgebers nur als Notlösung in Betracht“ (a.a.O., N 16b).

Für den Schutz vor Lärm und Erschütterungen sieht das USG in den Artikeln 19–25 Abweichungen von diesem Grundkonzept vor und lässt unter gewissen Bedingungen Massnahmen am Immissionsort zu (z. B. Schallschutz an Gebäuden). Für den Schutz vor Strahlen inkl. Licht gilt das Immissionsschutzkonzept des USG hingegen in seiner "reinen" Form, d.h. ohne die für den Schutz vor Lärm und Erschütterungen geltenden Abweichungen. Deshalb ist es für diesen Bereich nicht möglich, Betroffene gestützt auf das USG zu irgendwelchen Massnahmen zum Schutz vor Lichtimmissionen Dritter zu verpflichten.

Ganz grundsätzlich ist auch darauf hinzuweisen, dass allfällige Verpflichtungen Betroffener, sich selber vor Lichtimmissionen Dritter zu schützen, Eingriffe in deren Grundrechte (z. B. Eigentumsgarantie, persönliche Freiheit) darstellen würden. Nach Artikel 36 Absatz 1 der Bundesverfassung bedürfen solche Eingriffe einer gesetzlichen Grundlage, wobei schwerwiegende Einschränkungen in einem Gesetz und nicht nur in einer Verordnung geregelt sein müssen. Für den Schutz vor Lichtimmissionen existiert eine solche bundesgesetzliche Grundlage nicht.

2.2.2 Vollzugshilfe

- BAFU, 2005: Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen.

Diese Vollzugshilfe enthält allgemeine planerische und technische Grundsätze, wie unerwünschte Lichtemissionen verringert oder vermieden werden können. Sie ist gemäss Auftrag des Bundesrates nun zu überarbeiten (vgl. Kapitel 1.3). Hierzu bildet folgender Bericht eine wichtige Grundlage:

- Bundesamt für Umwelt BAFU: Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285, 29. November 2012.

2.2.3 Empfehlungen und privatrechtliche Normen

Neben den (gesetzlichen) Grundlagen des Bundes werden in der Schweiz die folgenden Empfehlungen und privaten Normen bei der Planung und Beurteilung von Beleuchtungsanlagen angewendet:

Empfehlungen

- Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) 12.3-2011: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen.

-
- Deutsche Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI, 2012): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen.
 - Auch einige Schweizer Kantone haben Faktenblätter und Empfehlungen zur Vermeidung von unnötigen Lichtemissionen erarbeitet⁶⁾.

Normen

- SIA 491:2013 (SN 586 491:2013): Vermeidung unnötiger Lichtimmissionen im Aussenraum.
- CIE 150-2003: Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations («Leitfaden zur Begrenzung der Störlichtwirkungen von Aussenbeleuchtungsanlagen»).
- CIE 126-1997: Guidelines for Minimizing Sky Glow.
- SN EN 12464-2:2014: Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien.
- SN EN 12193:2008: Sportstättenbeleuchtung.
- SN TR 13201-1, SN EN 13201-2 bis -4:2004: Strassenbeleuchtung.

2.2.4 Bundesgerichtsentscheide

Das Bundesgericht hat betreffend Lichtemissionen bereits Einzelfallbeurteilungen direkt gestützt auf Bundesgesetze vorgenommen. Dies sowohl gemäss NHG bei der Bewertung von Auswirkungen auf die Nachtlandschaft als auch nach den Kriterien des USG bei der Beurteilung von Belästigungen des Menschen durch Aussenbeleuchtungsanlagen oder infolge Blendungen durch reflektiertes Sonnenlicht. Erwähnenswert sind insbesondere die folgenden sechs Entscheidungen des Bundesgerichts, in denen dieses die schweizerischen Rechtsvorschriften unter Berücksichtigung der oben genannten Empfehlungen und Normen angewendet hat:

- BGE 123 II 256 vom 16.4.1997: Grossflächige Beleuchtung des Pilatus mit Scheinwerfern.
- 1C_105/2009 vom 13.10.2009: Sportplatzbeleuchtung Gde. Lachen Kt. SZ -> Beurteilung Raumaufhellung gemäss CIE 150:2003 / SN EN 12193:2008.
- 1C_216/2010 vom 28.09.2010: Zwei Aussenleuchten mit je 9W-Stromsparlampen -> Beurteilung Raumaufhellung gemäss CIE 150:2003 / LAI 2000.
- 1C_177/2011, 9. Februar 2012: Blendung durch reflektiertes Sonnenlicht in Burgdorf BE.

6) Diese finden sich auf der Website des BAFU unter www.bafu.admin.ch/licht > Massnahmen (Stand: 18. April 2016).

-
- BGE 140 II 33 (1C_250/2013) vom 12.12.2013: Weihnachts- und Ganzjahres-Zierbeleuchtung Möhlin AG -> Empfehlungen BAFU 2005 / SIA-Norm 491:2013.
 - BGE 140 II 214 (1C_602/2012) vom 2.4.2014: Beleuchtung des Bahnhofs Oberrieden See ZH -> Beurteilung Raumaufhellung gemäss CIE 150:2003 / LAI 2012.

In den letzten beiden Leitentscheiden bekräftigte das Bundesgericht den Grundsatz, im Sinne der Vorsorge unnötige Lichtemissionen zu vermeiden, soweit dies technisch sowie betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (1. Stufe USG).

2.2.5 Weitere Grundlagen

Am Anfang der Arbeiten zur Aktualisierung der Vollzugshilfe stellten ferner die folgenden Dokumente wichtige fachliche Grundlagen dar:

- Magazin „umwelt“ 4/2013: Problematisches Kunstlicht: Wenn die Nacht zum Tag wird.
- Bundesamt für Naturschutz Deutschland: Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. BfN-Skripten 336. Bonn. 2013 (Held et al., 2013).

Die genauen Referenzen sowie die zahlreichen Normen, Empfehlungen, rechtlichen Grundlagen und Artikel, die im Rahmen der Arbeiten zusammengestellt wurden, sind im Literaturverzeichnis (Anhang A5) aufgelistet.

Im Hinblick auf die Aktualisierung der Vollzugshilfe gab das BAFU zudem die folgenden Untersuchungen in Auftrag:

- Auftrag an das Schweizerische Institut für Rechtsvergleichung SIR: Rechtsvergleichende Untersuchung zu Regelungen über Lichtimmissionen in zehn europäischen Ländern
- Messauftrag an die „art light GmbH“, St. Gallen: Erhebung der Lichtimmissionen in verschiedenen Beleuchtungssituationen und Untersuchungsräumen

Der letztgenannte Auftrag diente dazu, Anhaltspunkte zu erhalten, welchen Lichtimmissionen Menschen an ihrem Wohnort durch künstliches Licht aus der Umwelt ausgesetzt sind. Dafür wurden zwei Messreihen mit unterschiedlicher Fragestellung durchgeführt:

- In Modul A wurden spezifische Beleuchtungssituationen ausgemessen (Immissionen durch Strassenbeleuchtungen unterschiedlicher Kategorien und Leuchtmittel bzw. durch Sportplatzbeleuchtungen).
- In Modul B wurden die von aussen kommenden Lichtimmissionen in Wohnungen, die sich in verschiedenen Umgebungen befinden (urbaner Raum, Agglomeration, ruraler Raum mit mässiger Besiedelung und solcher mit schwacher Besiedelung), stichprobenartig erhoben (vertikale Beleuchtungsstärke in Lux).

Der Bericht «Erhebung der Lichtimmissionen in verschiedenen Beleuchtungssituationen und Untersuchungsräumen» vom 30. September 2015 fasst die Messergebnisse zusammen (art light, 2015). Es zeigt sich in allen Umgebungen eine sehr grosse Streuung der gemessenen Beleuchtungsstärken von sehr tiefen Messwerten bis zu sehr hohen. Eine Ausnahme bildet der rurale Raum mit geringer Besiedlung, hier lag das Beleuchtungsniveau grundsätzlich tief (vgl. Abbildung 2).

Auch im städtischen Bereich ist die Beleuchtungsstärke nicht zwingend von der Grösse der Stadt abhängig, sondern in erster Linie von der Geometrie des Strassenraums. So ergeben sich z. B. im Altstadtbereich St. Gallens auf der Fassade angrenzender Gebäude höhere Werte als im grosstädtischen Raum Zürichs. Dies lässt sich unter anderem dadurch erklären, dass die in St. Gallen gemessenen Strassen weniger breit sind und der Abstand der Häuser zu den Strassenleuchten entsprechend kleiner ist.

Insgesamt zeigten die Messungen, dass die konkrete Raumgeometrie, der jeweilige Standort und die Art der Leuchten bzw. die Lichtverteilung einen sehr wesentlichen Einfluss auf die vertikale Beleuchtungsstärke haben, die bei angrenzenden Wohnhäusern auftritt.

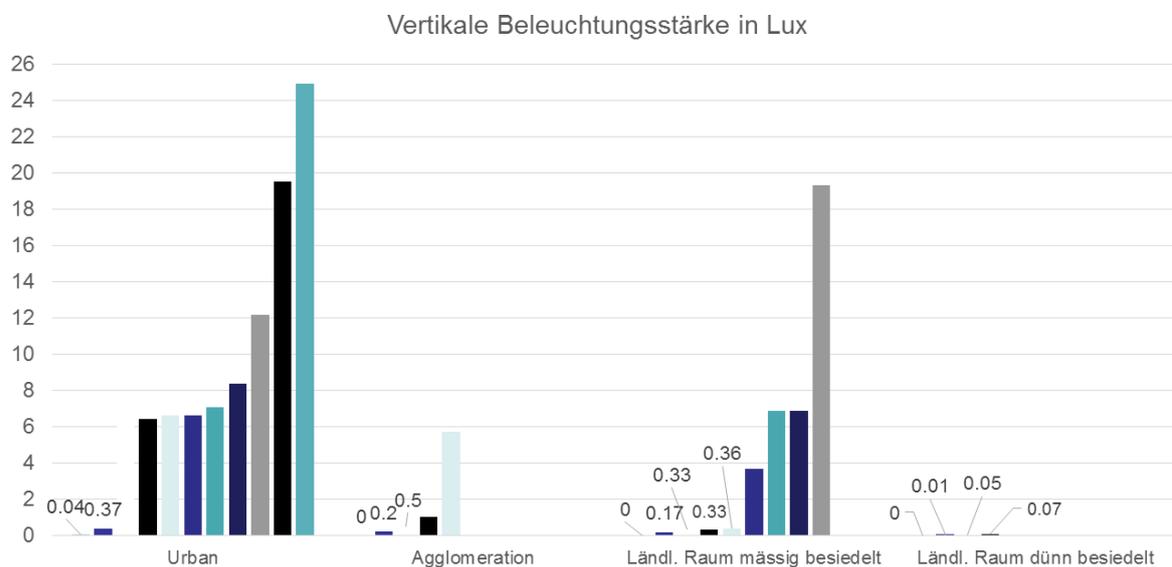


Abbildung 2: Übersicht der erhobenen vertikalen Beleuchtungsstärken in den Fenstern und auf den Fassaden von Wohnhäusern, aufgeteilt nach verschiedenen Umgebungen. Die Erhebung ist nicht repräsentativ.

3 Rückblick Behördentagung

Zu Beginn der externen Arbeiten zur Aktualisierung der Vollzugshilfe führte das BAFU am 13. Februar 2015 eine Behördentagung zum Thema Lichtmissionen durch. An der Tagung nahmen 55 Personen aus 18 Kantonen und dem Fürstentum Liechtenstein teil. Neben Fachleuten von Bundesstellen, kantonalen Ämtern und Gemeinden waren ebenfalls einzelne Akteure aus den Bereichen Forschung und Lichtplanung vertreten.

Die Veranstaltung diente insbesondere auch dazu, die Erfahrungen und Bedürfnisse der Kantone einzubeziehen. Zu diesem Zweck wurde den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Tagung mit der Anmeldebestätigung ein kurzer Fragebogen zugestellt, mit dem sie sich dazu äussern konnten, welche Erfahrungen sie mit der Vollzugshilfe „Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtmissionen“ (BAFU, 2005) gemacht haben und welche Erwartungen sie an die geplante Aktualisierung der Vollzugshilfe haben.

Die meisten Teilnehmer schätzten die Vollzugshilfe 2005 als gute Grundlage zum Einstieg ins Thema. Die darin aufgeführten Grundsätze zur Vermeidung unnötiger Lichtmissionen (5-Punkte-Plan) genügen in gewissen Fällen, um Lösungen zu finden oder bilden zumindest eine gute Grundlage für erste Auflagen in Baugenehmigungsverfahren. Bei komplexeren Beleuchtungssituationen stossen die Empfehlungen hingegen an ihre Grenzen.

Die Kantone und Gemeinden wünschten eine verstärkte Unterstützung durch den Bund beim Vollzug des USG zum Schutz vor unnötigen Lichtmissionen:

- Klare Grundlage (qualitative Vorgaben) für die Beurteilung schädlicher Auswirkungen im Bereich Flora und Fauna
- Verbindliche rechtliche Grundlagen (z. B. eine Lichtmissions-Verordnung, die auf dem USG beruht)
- Strengere Richtlinien bei Neubauten (z. B. Gewerbe, Industrie oder Neuerschliessungen)
- Hilfsmittel für den Vollzug (Checklisten, beispielhafte Abbildungen, erlaubte Beleuchtungsstärke je nach Empfindlichkeitszone)
- Solide Grundlagen zur Beurteilung und Durchführung von Interessensabwägungen (Praxisbeispiele), Definition von „no goes“
- Konkrete Vorschläge und Anleitungen zur effektiven Verminderung von Lichtmissionen

Sie empfahlen ebenfalls, die psychologischen und gesellschaftlichen Dimensionen der Lichtwahrnehmung nicht zu vergessen. Weiter würden sie begrüssen, dass die Vollzugshilfe die Zuständigkeiten (USG <--> RPG <--> NHG <--> JSG) und die Rolle der Kantone besser klärt.

4 Ergebnisse der Arbeitsgruppen

4.1 Richtwerte

4.1.1 Ausgangslage

Im Zusammenhang mit der Aktualisierung der Vollzugshilfe hat der Bundesrat dem BAFU den Auftrag erteilt, einen quantitativen Massstab (Richtwerte) für die Beurteilung der Schädlichkeit und Lästigkeit von künstlichem Licht in der Umwelt für den Menschen nach den Kriterien des Umweltschutzgesetzes (USG) zu erarbeiten (vgl. Kapitel 1.3).

Dieser Auftrag geht zurück auf die im Bericht «Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen» (vgl. Kapitel 1.2) vorgenommene Situationsanalyse betreffend wissenschaftlichem Kenntnisstand und Anliegen der Kantone.

Der Wissensstand wird im Bericht wie folgt beschrieben (vgl. BAFU 2012, S. 3): «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.»

Gemäss diesen Ausführungen ist es beim heutigen Kenntnisstand noch nicht möglich, zum Schutz von Tieren und Pflanzen vor künstlichen Lichteinwirkungen einen wirkungsbasierten Grenzwert im Hinblick auf eine Begrenzung der Beleuchtungsintensität festzulegen. Beim Menschen hingegen gibt es – bezogen auf unerwünschte Raumaufhellungen und belästigende Blendungen – erste empirisch ermittelte, quantitative Belästigungsschwellen. Ein solcher quantitativer Massstab (Richtwerte) für die Beurteilung der Schädlichkeit und Lästigkeit von künstlichem Licht auf den Menschen wurde denn auch von Kantonen und Gemeinden zur Unterstützung des Vollzugs des USG gewünscht (vgl. Kapitel 3 und BAFU, 2012, S. 18).

Entsprechend setzte sich die Arbeitsgruppe «Richtwerte» mit der Praktikabilität und der Ausgestaltung allfälliger Immissionsrichtwerte zur Beurteilung der Lästigkeit bzw. Schädlichkeit für den Menschen von künstlichem Licht in der Umwelt auseinander.

Warum braucht es Richtwerte?

Die Festlegung von Richtwerten im Sinne einer maximal zulässigen Belastung analog den Immissionsgrenzwerten z. B. bei der Luftreinhaltung oder beim Lärm würde den einheitlichen Vollzug der gesetzlichen Grundlagen erleichtern. Die BAFU-Empfehlung 2005 und die SIA-Norm 491 sind zumeist ausreichend für eine gute Planung von Beleuchtungsanlagen und um die Lichtemissionen tief zu halten. Eine objektive Beurteilung der Störungen durch Lichtimmissionen bei Klagen ist hingegen ohne Richtwerte sehr schwierig.

Die Arbeitsgruppe machte bezüglich Richtwerte die folgenden Feststellungen:

- Der Vollzug der Umweltschutzgesetzgebung im Bereich Licht ist ohne Richtwerte schwierig.
- Klagefälle können in der Regel mit entsprechenden Massnahmen pragmatisch gelöst werden, obwohl heute quantitative Beurteilungsgrundlagen fehlen. Dabei ist die Vollzugsbehörde aber meist auf den Goodwill des Verursachers angewiesen.
- Im Rahmen der Beurteilung von Baugesuchen, bei denen die Beleuchtung relevant ist, werden von den Vollzugsbehörden teilweise Immissionsprognosen verlangt. Ohne entsprechende Richtwerte sind jedoch die Beurteilung und die Festlegung griffiger Massnahmen schwierig.

Für welche Auswirkungen des Lichts sollen Richtwerte festgelegt werden?

Als störend empfunden wird Licht, wenn es nachts durchs Fenster strahlt und dies zu einer unerwünschten Raumaufhellung führt (vgl. Kapitel 2.1.1). Entsprechende Klagen werden überwiegend (gemäss einer Studie von Hartmann et al. 1984 zu 85%) mit Schlafstörungen begründet. Klagen werden aber nicht allein durch die Raumaufhellung ausgelöst, sondern auch durch belästigende Blendung (vgl. Kapitel 2.1.1). Bei der Frage, ob für Lichtimmissionen Richtwerte festgelegt werden sollen, muss deshalb zwischen diesen beiden Effekten unterschieden werden.

- **Raumaufhellung:** Beurteilt wird die Raumaufhellung meist anhand der vertikalen Beleuchtungsstärke E_v in Lux, die von aussen auf die Fensterebene fällt. Da diese relativ einfach gemessen und modelliert werden kann, eignet sie sich gut als Grundlage für die Beurteilung der Belästigung durch Raumaufhellung. Allerdings hängt die Aufhellung des dahinter liegenden Raumes nicht nur von der Beleuchtungsstärke am Fenster ab, sondern

auch von der Raumausstattung und der Grösse des Fensters. Die gängigen Richtwerte aus Deutschland beruhen im Wesentlichen auf den Forschungsergebnissen von Hartmann et al. 1984.

- **Belästigende Blendung:** Wie unangenehm eine 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. Für die Beurteilung der Störwirkung einer Lichtquelle ist die Leuchtdichte in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) das geeignetere Mass als die Lichtstärke in Candela (cd), da die Leuchtdichte direkt dem vom Menschen wahrgenommenen Helligkeitseindruck entspricht. Die Leuchtdichte einer einzelnen Beleuchtungsanlage kann grundsätzlich prognostiziert werden. Das Problem besteht aber bei der Prognose der Leuchtdichte der Umgebung. Standardmässig ist eine Prognose nicht möglich, weil dazu relativ umfassende Überlegungen zu den Immissionspunkten angestellt werden müssten. Eine Prognose kann also nur mit grossem Aufwand im Voraus erstellt werden. Daher werden in der Praxis bei Beleuchtungsanlagen in der Planung meist nur die Lichtstärken, nicht aber die Leuchtdichten berechnet. Ohne konkrete Richtwerte ist für die Vollzugsbehörden eine Beurteilung der belästigenden Blendung schwierig.

Bestehende Richtwerte zur Beurteilung der Raumaufhellung und der belästigenden Blendung

Es gibt bereits verschiedene Ansätze zur Beurteilung der Raumaufhellung und der belästigenden Blendung (siehe auch zusammenfassende Tabelle im Anhang A2):

CIE 150:2003 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations (Leitfaden zur Begrenzung der Störlichtwirkungen von Aussenbeleuchtungsanlagen)

Die Richtlinie 150 der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE 150:2003) möchte die Einflüsse von Aussenbeleuchtungen auf die Umwelt in einem tolerierbaren Rahmen 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 Messgrösse für die Raumaufhellung ist die vertikale Beleuchtungsstärke in Lux. Bewertet werden die Gesamtimmissionen, die von allen Beleuchtungsanlagen in der Umgebung ausgehen und auf einen Wohnraum einwirken. Zur Beurteilung der Blendung wird die Lichtstärke der Leuchtquelle in Candela herangezogen. Die jeweiligen Richtwerte unterscheiden sich je nach Umweltzone (Natural, Rural, Suburban, Ur-

ban). Die Werte werden zudem nach zwei Zeitfenstern differenziert (Pre-curfew⁷⁾, Post-curfew); eine spezifische Uhrzeit wird jedoch nicht genannt.

SN EN 12193:2008 Sportstättenbeleuchtung

Diese Norm regelt die Beleuchtung von Sportstätten in Innen- und Aussenanlagen für die in Europa am häufigsten ausgeübten Sportarten. Sie gibt Werte für Beleuchtungsstärken, Gleichmässigkeit, Blendungsbegrenzung und Farbeigenschaften der Lichtquellen an, um die Beleuchtung von Sportstätten zu planen und überprüfen zu können. Im Weiteren sind Grenzwerte für die Minimierung der Störwirkungen von Aussenbeleuchtungsanlagen auf den Menschen angegeben.

SN EN 12464-2:2014 Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien.

Diese Norm legt die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten/Arbeitsplätzen im Freien fest, die den Erfordernissen im Hinblick auf Sehkomfort und Sehleistung entsprechen. Im Weiteren sind Grenzwerte für die Minimierung der Störwirkungen von Aussenbeleuchtungsanlagen auf den Menschen, Flora und Fauna angegeben.

Die beiden oben genannten SN-EN-Normen stützen sich auf die Richtwerte in der CIE 150:2003 ab. Die Messgrösse zur Beurteilung der Raumaufhellung ist die vertikale Beleuchtungsstärke in Lux. Betrachtet werden die von einer einzelnen Anlage ausgehenden Immissionen. Zur Beurteilung der belästigenden Blendung wird die Lichtstärke der Leuchtquelle in Candela herangezogen. Die jeweiligen Richtwerte unterscheiden sich je nach Umweltzone (dunkle Bereiche bzw. Bereiche mit geringer, mittlerer und hoher Gebietselligkeit). Die Werte werden nach zwei Zeitfenstern differenziert (vor und nach Geltungszeit); eine spezifische Uhrzeit wird jedoch nicht genannt.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) 12.3 – 2011: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen

Mess- und Beurteilungsgrösse der Raumaufhellung ist die vertikale Beleuchtungsstärke am Immissionsort in der Fensterebene. Beurteilt werden die Immissionen, die von einer einzelnen Beleuchtungsanlage ausgehen. Strassenbeleuchtungen sind von den Empfehlungen ausgenommen. Die belästigende Blendung beurteilt die LiTG, indem die mittlere Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m^2 mit einer maximal zulässigen mittleren Leuchtdichte verglichen wird. Diese ist abhängig von der Umgebungsleuchtdichte und vom Raumwinkel, unter dem

7) Unter „curfew“ (=“Sperrstunde“) wird eine „Ruhezeit“ oder „Nachtzeit“ verstanden. Nach dieser Zeit, die in den Normen zur Beleuchtung von Sportstätten bzw. Arbeitsplätzen im Freien mit „Geltungszeit“ bezeichnet wird, gelten strengere Richtwerte als vorher.

die Blendlichtquelle am Immissionsort gesehen wird. Die jeweiligen Richtwerte zur Bewertung der Raumaufhellung und der belästigenden Blendung unterscheiden sich je nach Umweltzone (Kurgebiete, reine Wohngebiete, Mischgebiete, Gewerbe- und Industriegebiete). Die Werte werden nach drei Zeitfenstern differenziert (6 – 20 Uhr, 20 – 22 Uhr, 22 – 6 Uhr).

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (2012)

Die Richtwerte entsprechen im Wesentlichen den oben erwähnten der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft. Die Richtwerte werden jedoch nur zwischen zwei Zeitfenstern differenziert (6 – 20 Uhr, 22 – 6 Uhr).

ÖNORM O 1052:2012 Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung

Ziel dieser ÖNORM ist es, Grenzwerte für maximal zulässige Lichteinwirkungen auf Mensch und Umwelt festzulegen, die durch künstliche Lichtquellen aller Art, aber auch durch beleuchtete Fassaden oder Schilder entstehen. Die Einwirkungen von Strassenbeleuchtungen auf die Umgebung fallen ebenfalls unter diese Norm. Messgrösse zur Beurteilung der Aufhellung von Räumlichkeiten (Raumaufhellung) ist die vertikale Beleuchtungsstärke in Lux. Massgebend sind die Gesamtimmissionen. Die Richtwerte unterscheiden sich je nach Umweltzone (bebautes Gebiet mit besonderem Schutzbedürfnis, Wohngebiet, Mischgebiete, Kerngebiete) und nach drei Zeitfenstern (6 – 20 Uhr, 20 – 22 Uhr, 22 – 6 Uhr). Die Richtwerte für das erste Zeitfenster entsprechen den Werten der CIE 150:2003 und die Werte für die Zeiträume 2 und 3 den Werten der LAI. Die belästigende Blendung wird analog LiTG/LAI anhand der Leuchtdichte bewertet. Zudem macht die ÖNORM auch quantitative Vorgaben zur Begrenzung der Raumaufhellung durch Strassenbeleuchtungen sowie – als einzige der hier behandelten Normen – zur Begrenzung von Aufhellungen der Natur und Umwelt (Umweltaufhellungen).

Richtwerte von Slowenien

Die Messgrösse zur Beurteilung der Raumaufhellung ist die vertikale Beleuchtungsstärke in Lux. Die jeweiligen Richtwerte unterscheiden sich nicht nach den Umweltzonen, sondern nach dem Abstand von der Beleuchtungsanlage (bis 3 m, 3 bis 10 m, 10 bis 20 m, > 20 m). Die Werte werden nach zwei Zeitfenstern differenziert (Abend bis 24 Uhr, 24 Uhr bis in den Morgen).

Fazit

Aus der Darstellung der bestehenden Normen lässt sich folgendes Fazit ziehen:

- Die Richtwerte der Internationalen Beleuchtungskommission CIE und der ÖNORM für die Raumaufhellung entsprechen grundsätzlich dem Konzept eines Immissionsgrenzwerts gemäss USG. Abweichend davon wird der Immissionsgrenzwert jedoch nach verschiedenen Umweltzonen differenziert. Die Richtwerte der übrigen Institutionen entsprechen dagegen eher einer vorsorglichen Emissionsbegrenzung (Betriebsvorschrift, analog Anlagegrenzwerten gemäss der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung NISV).
- Obwohl die Richtwerte in den Normen auf den ersten Blick ähnlich aussehen (z. B. Untergrenze von meist 1 Lux), sind sie bei näherem Hinsehen doch unterschiedlich definiert.

Bestehende Richtwerte für Leuchtreklamen

Leuchtreklamen finden infolge neuer technologischer Möglichkeiten (LED, grosse Monitore) immer mehr Anwendung. Da sie häufig farbiges und zeitlich wechselndes Licht verwenden, sind sie eine Lichtquelle, von der eine besonders belästigende Wirkung ausgehen kann⁸⁾. Von Seiten der Kantone und Gemeinden wurde deshalb gewünscht, dass in der zu aktualisierenden Vollzugshilfe auch Empfehlungen zu dieser Anlagekategorie abgegeben werden.

In einigen Schweizer Städten gibt es bereits Richtwerte, welche die Behörden im Rahmen von Bewilligungsverfahren zur Beurteilung von Leuchtreklamen heranziehen. Diese Richtwerte sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt. Im Unterschied zu den oben beschriebenen Richtwerten zur Beurteilung der Raumaufhellung und belästigenden Blendung, welche sich jeweils auf die Immissionen am Wohnort beziehen, handelt es sich bei den Richtwerten für die Leuchtreklamen um eine Emissionsbegrenzung. Die Intensität der Leuchtreklamen wird nicht von einem Immissionsort aus gemessen und bewertet, sondern direkt vor dem entsprechenden Objekt.

8) 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 (Schierz, 2009).

Gebietshelligkeit	SN EN 12464-2:2014	Stadt Zürich	Stadt Luzern	Stadt Schaffhausen	
	Leuchtdichte (cd/m ²)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Beleuchtungsstärke (lx)	Leuchtdichte (cd/m ²)
dunkel	50	300	110	80	400
gering	400	300	110	80	400
mittel	800	500	110	80	400
hoch	1000	500	110	80	400
Zeitbegrenzung	---	6:00 bis 24:00 6:00 bis 22:00 in der Nähe von Wohnnut- zungen	---	---	---

Tabelle 2: Verschiedene Richtwerte für Leuchtreklamen

Erfahrungen in der Stadt Zürich bei der Bearbeitung von Lichtklagen zeigen, dass die Vorgabe einer Leuchtdichte von 300 Candela pro Quadratmeter (cd/m²) für flächige selbstleuchtende Flächen in dunklen Gebiete zu hoch angesetzt ist. Nach Ansicht der Arbeitsgruppe sind die in der Stadt Schaffhausen für alle Gebiete einheitlich geltenden 400 cd/m² für dunkle Gebiete sowie die gemäss SN EN 12464-2 geltenden 800 bzw. 1'000 cd/m² für mittlere bzw. hohe Gebietshelligkeit ebenfalls viel zu hoch.

4.1.2 Erfahrung aus Deutschland

Im Rahmen eines Experteninterviews mit Dipl.-Ing. Hermann Lewke vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie des Landes Mecklenburg-Vorpommern und Zuständiger in der LAI für den Bereich Lichtimmissionen wurden die Vollzugserfahrungen aus Deutschland mit den LAI-Richtwerten abgeholt. Das Protokoll des kompletten Expertengesprächs befindet sich im Anhang A3.

Die Richtwerte der LAI sind seit dem Jahr 2000 in Anwendung und dienen zur Beurteilung der Wirkung von Lichtimmissionen auf Menschen durch Licht emittierende Anlagen wie die Beleuchtungen von Sportstätten, von Verladeplätzen oder von Gebäude-Anstrahlungen. Von der Richtlinie ausgenommen sind öffentliche Strassenbeleuchtungsanlagen.

Die Anwendung der LAI-Hinweise in Deutschland ist abhängig vom Genehmigungsverfahren. Für die genehmigungsbedürftigen Anlagen besteht durchaus die Möglichkeit, die LAI-Hinweise bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. Bei nicht bewilligungspflichtigen Anlagen werden die LAI-Hinweise erst bei Klagen aus der Bevölkerung angewendet, wobei es im Allgemeinen nicht sehr viele Klagen zum Thema Licht gibt. Bei Gerichtsfällen werden die LAI-Hinweise ebenfalls verwendet. Das Thema Licht bleibt aber weniger wichtig als andere Umweltbereiche wie Lärm, Luft oder Erschütterungen. Die LAI-Hinweise entsprechen keinen Verwaltungsvorschriften und sind daher nicht normativ. Die Gerichte müssen sich zum Thema Licht sachverständig äussern, jedoch bleiben Abweichungen zu LAI-Hinweisen möglich.

Die Immissionsrichtwerte und Messhinweise der LAI haben sich in der Vollzugspraxis bewährt. Jedoch ist eine gewisse Flexibilität im Einzelfall für die Vollzugspraxis notwendig. Bei bestehenden Beleuchtungsanlagen sind Abweichungen möglich, während bei neuen Anlagen der Stand der Technik verlangt wird. Bei Grossstadien mit Fernsehübertragungen werden Ausnahmen gesprochen. Die Gerichte haben nämlich im Hinblick auf das starke öffentliche Interesse entschieden, dass die erhöhte Belästigung der Nachbarschaft während der grossen Spiele akzeptiert werden muss.

Bei bestehenden Anlagen besteht keine rechtliche Verpflichtung, Reduktionsmassnahmen zu treffen. Massnahmen werden jedoch im Einzelfall geprüft (siehe Massnahme 14 der LAI: Umrüstung von Altanlagen). Die betroffenen Betriebe sollen aber wirtschaftlich nicht gefährdet werden. Falls neue Gebäude im Bereich bestehender, licht-emittierender Anlagen geplant werden, ist der Bauherr verantwortlich für die Einhaltung der geltenden Richtwerte. Gegebenenfalls muss er Massnahmen treffen, um die Lichtimmissionen in den Wohnräumen zu reduzieren.

Eine Prüfung der Immissionen wird pro Betreiber durchgeführt. In einem ersten Schritt werden die Gesamtimmissionen aller Teilanlagen (einzelne Lichtquellen) zusammen beurteilt. Falls der entsprechende Richtwert überschritten ist, werden die einzelnen Teilanlagen angeschaut, um die für die übermässigen Lichtimmissionen massgebende(n) Lichtquelle(n) zu identifizieren.

Die LAI-Hinweise enthalten keine klaren Vorschriften für den Naturraum, obwohl dies wünschenswert wäre. Leider wurde diesbezüglich kein Konsens mit den Naturschutzbehörden gefunden. Im Naturraum werden lediglich die im Anhang der LAI-Hinweise aufgelisteten Massnahmen angewendet.

4.1.3 Zielkonflikte und Meinungsdivergenzen

Im Zusammenhang mit der Festlegung von Richtwerten haben sich in den Diskussionen der Arbeitsgruppe folgende Zielkonflikte und Meinungsdivergenzen gezeigt:

- **Rechtssicherheit vs. Minimierung der Lichtemissionen:** Eine Festlegung von Richtwerten könnte einerseits den Vollzug vereinfachen und die Rechtssicherheit erhöhen. Andererseits ist die Arbeitsgruppe auch der Ansicht, dass Richtwerte, die einmal festgelegt sind, von den Verursachern auch ausgeschöpft werden, weil sie sich nicht präventiv einschränken wollen und eine Tendenz in Richtung „möglichst hell“ zu beobachten ist. Lichtverursachende Anlagen würden so optimiert, dass diese Richtwerte gerade eingehalten werden, auch wenn durchaus Möglichkeiten bestehen würden, diese Richtwerte deutlich zu unterschreiten.
- **Technische Machbarkeit vs. Vorgaben des USG:** Es wird gewünscht, dass die Richtwerte so festgelegt werden, dass sie mit Massnahmen gemäss dem Stand der Technik in den meisten Fällen eingehalten werden können. Denn zu anspruchsvolle Richtwerte könnten im Sportbereich den Trainings- und Wettkampfbetrieb zu stark einschränken und sie könnten generell auch dazu führen, dass sehr viele Ausnahmen/Erleichterungen erteilt werden müssten (ähnlich wie bei der Lärmbekämpfung), was aus Sicht des Vollzugs unerwünscht wäre. Diese Forderung, Richtwerte gemäss dem Stand der Technik festzulegen, steht teilweise im Widerspruch zu den Vorgaben des USG. Die technische und betriebliche Machbarkeit sowie die wirtschaftliche Tragbarkeit von Vorgaben wie Richtwerten sind nur bei der vorsorglichen Emissionsbegrenzung zu beachten (1. Stufe USG). Werden hingegen Richtwerte erlassen, um zu beurteilen, ob eine Einwirkung im Sinne des USG übermässig ist (2. Stufe USG), sind diese wirkungsbezogen und nicht basierend auf dem Stand der Technik festzulegen (vgl. Kapitel 2.2.1).
- **Einschätzung der Richtwerte der LAI und des LiTG:** Ein Teil der Arbeitsgruppe findet die Anlehnung an die Richtwerte der LAI vertretbar. Das Expertengespräch mit Hermann Lewke von der LAI bestätigt diese Meinung (siehe oben). Ein anderer Teil der Arbeitsgruppe hinterfragt die Richtwerte der LAI sowie auch die Aussage der LiTG kritisch, wonach ein Wert von 3 Lux (Gebietsart 2) üblicherweise einhaltbar sei. Insbesondere bei der Strassenbeleuchtung (die allerdings von den LiTG- und LAI-Empfehlungen ausgenommen ist) und in unmittelbarer Nähe von Sportplatzbeleuchtungen können in der Schweiz deutlich höhere Werte auftreten. So sei ein Abstand von ca. 50 m von der Sportanlage nötig, um einen Wert von 5 Lux einhalten zu können, respektive von 60-70 m, damit ein Wert von 1 Lux nicht überschritten würde.

- **Schutzanspruch vs. knappe Raumverhältnisse und Verdichtung der Wohnnutzung:** Aus der oben geschilderten Einschätzung dazu, welche Distanzen nötig sind, um die zum Schutz der Anwohner gedachten Richtwerte der LAI einhalten zu können, ergibt sich ein Zielkonflikt zwischen dem Schutz vor Lichtimmissionen und einer möglichst guten Ausnutzung der in Städten und Agglomerationen vorhandenen knappen Raumverhältnisse und dem vielerorts vorhandenen Anspruch zu einer verdichteten Bauweise.
- **Schutz des Menschen vs. Schutz der Natur:** Alle oben genannten Richtwerte sind festgelegt worden, um die Störwirkung von Lichtimmissionen bei Menschen im akzeptablen Mass zu halten. Sie entsprechen damit nicht automatisch den Bedürfnissen der Pflanzen und der nachtaktiven Tiere. Es stellt sich auch die grundsätzliche Frage, ob der Naturraum eher durch Beleuchtungsverbote und Einschränkungen geschützt werden soll oder durch Richtwerte, bei denen die Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie dann auch ausgeschöpft werden.

4.1.4 Empfehlungen

Die Arbeitsgruppe machte folgende Empfehlungen für die Aktualisierung der Vollzugshilfe sowie für weitere Untersuchungen.

Empfehlungen für die Aktualisierung der Vollzugshilfe

- **Raumaufhellung vs. belästigende Blendung:** Die Blendung scheint bei den Klagefällen in den Kantonen für die Störwirkung relevanter zu sein als die Raumaufhellung. Für Schlafstörungen ist wiederum die Raumhelligkeit das entscheidende Kriterium. Richtwerte für die Beleuchtungsstärke (Raumaufhellung) sind ein geeignetes Mass für die Planung einzelner Anlagen. Für die Beurteilung der Störwirkung sollte gemäss der Arbeitsgruppe jedoch auch die Leuchtdichte (belästigende Blendung) miteinbezogen werden und ins Verhältnis zur Leuchtdichte der Umgebung (je dunkler die Umgebung, desto blendender wird die Lichtquelle) gesetzt werden. Obwohl die Beleuchtungsstärke an der Fassade nur ein grobes Mass für die Raumaufhellung darstellt, ist sie derzeit die einzige praxistaugliche Grösse. Sie ist ausserdem ein stellvertretendes Mass für die generelle Aufhellung der Umgebung. Die Arbeitsgruppe ist überwiegend dafür, Richtwerte für diese zwei unterschiedliche Grössen in der Vollzugshilfe zu empfehlen. Es ist auch die Möglichkeit für Ausnahmegewilligungen zu schaffen.
- **Begriff Raumaufhellung:** Unter „Raumaufhellung“ könnte grundsätzlich auch die Aufhellung des Aussenraums verstanden werden. Gemeint ist damit jedoch die übermässige Aufhellung des menschlichen Wohnraums (Wohnzimmer, Schlafzimmer etc.) durch Beleuchtungsanlagen in der Umgebung. Es wird daher empfohlen, in diesem Zusammen-

hang eher den Begriff „Innenraumaufhellung“ zu benutzen. Allenfalls könnte auch auf den Begriff „Orte mit empfindlicher Nutzung“ (analog NISV) Bezug genommen werden.

- **Bewilligungsverfahren:** Mit der Festlegung von Immissionsrichtwerten in Lux je Anlage (ähnlich wie die Anlagegrenzwerte der NISV) lassen sich Lichtimmissionen von einzelnen Anlagen gut begrenzen. Für grössere Anlagen soll der Nachweis der Einhaltung dieser Richtwerte im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens verlangt werden. Für kleinere Anlagen müsste jedoch eine Bagatellschwelle definiert werden, damit auf einen solchen Nachweis verzichtet werden kann.
- **Immissionsrichtwert für einzelne Anlagen vs. für die Gesamtbelastung:** Die Immissionsrichtwerte sollten grundsätzlich auch die Helligkeit der Umgebung berücksichtigen. Um eine Erhöhung der Gesamtbelastung zu verhindern, wäre somit ein Immissionsrichtwert für die Gesamtbelastung und nicht nur für einzelne Anlagen nötig. Die Festlegung eines solchen Werts wird von der Arbeitsgruppe grundsätzlich als schwierig betrachtet.
- **Bestehende vs. neue Anlagen:** Die Situation, dass neue Gebäude an bestehende Lichtquellen herangebaut werden, ist grundsätzlich ebenfalls zu berücksichtigen. Gerade in solchen Situationen sollen die Vorgaben pragmatisch sein und es sollten nötigenfalls auch Ausnahmen möglich sein, damit die raumplanerisch geforderte Verdichtung nach innen möglich bleibt.
- **Umgebungszonen:** Im Auftrag des Bundesrats steht, Richtwerte seien für die Beurteilung der Schädlichkeit und der Lästigkeit künstlichen Lichts in der Umwelt für den Menschen zu erarbeiten. Beim Menschen steht der Schutz vor Lästigkeit (und nicht der Gefährdung) im Vordergrund. Damit scheint es vertretbar, für verschiedene Umgebungszonen und für verschiedene Uhrzeiten (z.B. nach 22 Uhr strengeres Regime) unterschiedlich strenge Richtwerte zu empfehlen und damit je auch eine unterschiedlich hohe Prozentzahl belästigter Personen zuzulassen. Bei der Definition der Umgebungszonen soll keine eigene Lösung entwickelt werden, sondern es soll versucht werden, die bestehenden Vorgaben in Normen auf Schweizer Verhältnisse zu übertragen. Nach Möglichkeit ist analog den Lärmempfindlichkeitsstufen der Lärmschutzverordnung (LSV) zu differenzieren.
- **Schutz der Natur:** Für bestimmte nachtaktive Tierarten wurden gewisse schädliche Auswirkungen von Lichtimmissionen nachgewiesen. Diese lassen sich jedoch nicht an einem quantitativen Richtwert festmachen, da zu wenig art- und habitatspezifische Grundlagen vorhanden sind. In der Richtlinie der internationalen Beleuchtungskommission (CIE) sind auch Richtwerte für die Zone E1 („natural“) vorhanden. Aus Sicht Naturschutz wird jedoch ein generelles Beleuchtungsverbot ausserhalb des Siedlungsraums bevorzugt.

- **Geltungszeit:** Grundsätzlich sind viele Probleme mit zeitlichen Beschränkungen lösbar. Die in der Lärmschutzverordnung (LSV) definierten Zeiten (6 bis 22 Uhr bzw. 22 bis 6 Uhr) sind aus Sicht der Arbeitsgruppe praktikabel, da gesellschaftliche Aktivitäten in der Regel bis 22 Uhr dauern. Die Vollzugshilfe sollte sich also auf die zeitlichen Regelungen beim Lärm abstützen; die Anwendung anderer Uhrzeiten würde nicht verstanden werden. Priorität soll die Begrenzung der Lichtimmissionen zwischen 22.00 und 06.00 Uhr haben.
- **Permanente vs. temporäre Beleuchtungen:** Bei der Beurteilung der Lichtimmissionen sollten temporäre Beleuchtungen nicht den gleichen Stellenwert haben wie permanente Beleuchtungen. Auch sollte eine differenzierte Beurteilung für eine punktuelle Beleuchtung (künstlerische Installationen, einzelne sportliche Veranstaltungen, ausserordentliche einmalige Werbeinstallationen) möglich sein.
- **Richtwerte für Leuchtreklamen:** Leuchtreklamen sollten einer Bewilligung bedürfen und gedimmt werden müssen. Verschiedene Gemeinden wie z. B. Luzern oder Zürich haben schon positive Erfahrungen mit der Regulierung (zeitliche und intensitätsbezogene Anforderungen) von Leuchtreklamen gemacht. Eine schweizweite Harmonisierung wäre wünschenswert. Entsprechende Empfehlungen sollten die Umgebungshelligkeit einbeziehen: Die Vorschriften sollten je nach Umweltzone und Helligkeit der Umgebung differenziert werden. In der Vollzugshilfe ist zu begründen, weshalb nur für Leuchtreklamen spezifische Richtwerte erlassen werden. Die Vollzugshilfe sollte für Leuchtreklamen auch eine zeitliche Beschränkung empfehlen. Die Arbeitsgruppe machte dazu jedoch keinen konkreten Vorschlag. Eine Möglichkeit wäre es, die Vorschriften der Stadt Zürich zu übernehmen, die ein Ausschalten von Leuchtreklamen ab 22 Uhr in der Nähe von Wohnnutzungen und ab 24 Uhr in den übrigen Gebieten vorschreiben.
- **Messung:** Ähnlich wie in den Hinweisen der LAI ist für die Vollzugshilfe auch eine Messempfehlung zu erarbeiten. Neben dem Vorgehen bei der Messung sind dabei auch Mindestanforderungen an die Messgeräte zu definieren.

Empfehlungen für weitere Untersuchungen

Folgender weiterer Forschungsbedarf wurde identifiziert:

- Es besteht Forschungsbedarf bei der Beurteilung grosser LED-Schirme. Die Beurteilung anhand der Richtwerte für die belästigende Blendung ist zwar grundsätzlich möglich. Bezüglich der Beurteilung der Belästigung sowie der Messung der Immissionen sind aber noch verschiedene Punkte zu klären. So stellt sich z. B. die Frage, ob bei Messungen von bewegten Quellen über die Zeit gemittelt werden muss und gegebenenfalls über welche Zeit. Im Weiteren ist noch offen, ob auch zeitliche Spitzen beurteilt werden sollen.

- Für die Prognose der Blendwirkung müssten die 3-D-Geometrie der Lichtquelle und die Leuchtdichte der Umgebung bekannt sein. Dies ist grundsätzlich möglich, die Prognose wird dadurch aber relativ aufwändig. Es ist deshalb zu untersuchen, wie weit die Prognose durch pragmatische Annahmen vereinfacht werden könnte, ohne dass dadurch ihre Genauigkeit in Frage gestellt würde.
- Einflüsse von künstlichem Licht auf Tiere und Pflanzen sind in zahlreichen Fällen nachgewiesen worden. Jedoch wird weitergehende Forschung zu den Auswirkungen von Lichtimmissionen auf Flora und Fauna benötigt, um Richtwerte für den Schutz der Natur festlegen zu können. Neben der Lichtintensität spielt auch das Farbspektrum eine wichtige Rolle. Der Effekt verschiedener Lichtfarben auf unterschiedliche Tier- und Pflanzenarten wurde noch wenig erforscht.

4.1.5 Vorschlag für Richtwerte für den Menschen

Vorgehensweise für die Entwicklung konkreter Vorschläge für die Vollzugshilfe

Von den Empfehlungen der Arbeitsgruppe ausgehend wird in diesem Kapitel versucht, eine erste Konkretisierung der Richtwerte vorzunehmen. Dieser Vorschlag soll als Diskussionsgrundlage für die weitere Ausarbeitung der Vollzugshilfe dienen. In einem ersten Schritt wird ein Vorschlag für eine Unterteilung in verschiedene Umgebungszone hergeleitet. In einem zweiten Schritt werden dann die – je nach Umgebungszone unterschiedlichen – Richtwerte zur Beurteilung von Raumaufhellung, belästigender Blendung und Leuchtreklamen definiert. Dafür werden jeweils zuerst die vorhandenen Grundlagen vorgestellt und danach ein konkreter Vorschlag ausgearbeitet.

Umgebungszone

Sowohl die CIE als auch die LAI/LiTG definieren verschiedene Umgebungszone, in welchen unterschiedlich strenge Richtwerte gelten. Sie gehen dabei jedoch etwas verschieden vor:

- Die CIE unterscheidet vier Gebiete mit unterschiedlicher Grundhelligkeit: von E1 „dunkle Gebiete“ bis E4 „Bereiche mit hoher Gebietselligkeit (vgl. Tabelle 3).
- Die LAI und LiTG hingegen beziehen sich bei ihrer Unterteilung nur auf das Siedlungsgebiet und ordnen verschiedene Gebietsarten gemäss der deutschen Baunutzungsverordnung (BauNVO) vier unterschiedlichen Zonen zu. Ausschlaggebend für die Einteilung der vier Zonen ist nicht in erster Linie die vorhandene Umgebungshelligkeit, sondern der jeweilige Nutzungszweck respektive das Schutzanliegen einer Zone. So befinden sich in Zone 1 mit den strengsten Richtwerten Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten. Als Zone 2 gelten reine Wohngebiete und Erholungsgebiete. Dorf- und Mischgebiete zählen

zur Zone 3, und Kern- und Industriegebiete bilden die Zone 4 mit dem geringsten Schutzniveau für Anwohner (vgl. Tabelle 3). Gebiete ausserhalb des Siedlungsgebietes werden in der LAI/LiTG-Einteilung nicht betrachtet.

CIE 150:2003 SN EN		LAI/LiTG		
Zone	Beschreibung	Zone	Immissionsort (Einwirkungsort) (Gebietsart nach § BauNVO)	Vergleich mit CIE
E0*	ganz dunkle Gebiete (intrinsically dark): UNESCO Starlight Reserves, IDA Dark Sky Parks, Major Optical Observatories			
E1	dunkle Bereiche: z. B. Nationalparks oder geschützte Stätten, relativ unbewohnte ländliche Gebiete	1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	E2 / E3 / E4
E2	Bereiche mit geringer Gebiets-helligkeit: z. B. Industriegebiete oder Wohngebiete in ländlicher Umgebung	2	reine Wohngebiete allgemeine Wohngebiete besondere Wohngebiete Kleinsiedlungsgebiete Erholungsgebiete	E2 / E3 / E4 E2 / E3 / E4 E2 / E3 / E4 E2 / E3 E1 / E2 / E3
E3	Bereiche mit mittlerer Gebiets-helligkeit: z. B. Industriegebiete oder Wohngebiete in Vororten	3	Dorfgebiete Mischgebiete	E2 / E3 E3 / E4
E4	Bereiche hoher Gebiets-helligkeit: z. B. Stadtzentren und Geschäftszentren	4	Kerngebiete Gewerbegebiete Industriegebiete	E3 / E4

* Derzeit läuft eine Überarbeitung der CIE-Richtlinie. Dabei wird diskutiert, zusätzlich noch eine Zone E0 für ganz dunkle Gebiete (intrinsically dark) einzuführen, welche die Anforderungen UNESCO Starlight Reserves, IDA Dark Sky Parks erfüllen.

Tabelle 3: Einteilung von Umgebungszonen gemäss CIE und LAI/LiTG

Von der LiTG findet sich ein Vorschlag, wie die eigenen vier Zonen den vier Gebieten nach CIE zuzuordnen sind (vgl. Tabelle 3, Spalte ganz rechts). Dabei fällt auf, dass die Zonen gemäss LAI/LiTG nicht eindeutig einer Zone gemäss CIE entsprechen, sondern mehreren CIE-

Zonen zugeordnet werden können: so kann z. B. die Zone 2 (reine Wohngebiete) in sämtlichen Gebieten E1 bis E4 nach CIE vorkommen.

Die Ansätze von CIE und LAI/LITG wurden zum Beispiel in den Ländern Österreich und Südkorea aufgegriffen und weiterentwickelt. Südkorea hat in einem Gesetz zur Einschränkung der Lichtverschmutzung („Light Pollution Prevention Act“) verschiedene Umgebungszonen definiert und unterschiedlich strenge Vorschriften betreffend Lichtemissionen für diese Gebiete erlassen (JS Cha et al., 2014). Bei der Gebietseinteilung orientierte sich Südkorea an den vier Zonen gemäss CIE, beschrieb diese jedoch genauer (vgl. Tabelle 4). Interessant am Vorgehen von Südkorea ist, dass bei der Definition der Gebiete zum einen Schutzanliegen (eher Zonen E1 und E2) und zum andern Nutzenanliegen (E3 und E4) festgelegt werden.

Gebiet	Beschreibung	Raumnutzung
E1	Gebiete, in welchen Licht einen schädlichen Effekt auf die natürliche Umwelt haben könnte	Naturschutzparks, Schutzgebiete und natürliche Grünflächen (in Städten)
E2	Gebiete, in welchen Licht einen schädlichen Effekt auf die Landwirtschaft und Fischerei haben oder den (ländlichen?) Charakter des Gebiets stören könnte. Das Sehvermögen von Bewohnern ist an niedrige Lichtintensitäten angepasst.	Landwirtschafts- und Waldflächen, produktive Grünflächen (in Städten) sowie „conservation/productive/planning and management areas“
E3	Gebiete, in welchen das Sehvermögen der Bewohner und Nutzer an mittlere Lichtverhältnisse angepasst ist. Das Licht ist grundsätzlich gewollt für Sicherheit und Komfort.	Wohn- und Mischgebiete wie auch Industriegebiete
E4	Gebiete, in welchen das Sehvermögen der Bewohner und Nutzer an hohe Lichtintensitäten angepasst ist. Das Licht ist grundsätzlich gewollt für verschiedene gesellschaftliche und kommerzielle Aktivitäten.	Kommerzielle und exklusive Industriegebiete, dicht bebaut

Tabelle 4: Einteilung von verschiedenen Umgebungszonen in Südkorea (JS Cha, 2014)

In Österreich wurde in der ÖNORM O 1052:2012 versucht, die beiden Ansätze von CIE und LAI/LITG betreffend Zoneneinteilung zu kombinieren (vgl. Tabelle 5). Bei der Zoneneinteilung in Bezug auf die Begrenzung der Aufhellung von Innenräumen (in der Norm als „Räumlichkeiten (Raumaufhellung)“ bezeichnet) werden vier Gebiete A bis D in Abhängigkeit von den üblicherweise vorhandenen Umgebungshelligkeiten unterschieden (Ansatz CIE). Es wird expli-

zit erwähnt, dass diese Gebiete nicht einen unmittelbaren Zusammenhang mit Bauordnungs- oder Raumordnungsplänen wie bei der LAI/LiTG haben, obwohl analog LAI/LiTG trotzdem nur das bebaute Gebiet betrachtet wird. Die ÖNORM ändert die Gebietseinteilung gemäss CIE damit etwas ab und nähert sie der LAI/LiTG-Einteilung an. Neben Vorgaben zur Begrenzung der Aufhellung von Räumlichkeiten (Raumaufhellung) macht die ÖNORM auch Vorgaben zur Begrenzung der Aufhellung der Umwelt („Umweltaufhellungen“). Hier hingegen wendet die ÖNORM die gleiche Gebietseinteilung an wie die CIE (vgl. Tabelle 5).

Einteilung der Bewertungsgebiete für Aufhellungen von Räumlichkeiten (Raumaufhellungen)		Einteilung der Bewertungsgebiete für Umweltaufhellungen	
Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichnung	Beschreibung
Gebiet A	Bebautes Gebiet mit besonderem Schutzbedürfnis, z. B. Bereich um Kurgelände, Spitäler, Pflegeanstalten	Gebiet I	Gesetzlich festgelegte Gebiete zum Schutz der Natur, z. B. Nationalparks, Naturschutzgebiete u. dgl
Gebiet B	Wohngebiet, Bereiche, die überwiegend dem Wohnen dienen, nur vereinzelt Geschäftslokale, Kleinsiedlungsgebiete	Gebiet II	Nicht für Bebauung gewidmete Gebiete, Freilandgebiete, unbebaute Gebiete, Grünland
Gebiet C	Mischgebiete, Geschäftslokale und Wohnungen, Einkaufsstrassen lokaler Bedeutung	Gebiet III	Siedlungsrand, ländliche und durchgrünte Siedlungsgebiete
Gebiet D	Kerngebiete, Betriebs- und Industriegebiete, Geschäftsstrassen übergeordneter Bedeutung	Gebiet IV	Dicht bebaute Gebiete, städtische Gebiete, Industriegebiete

Tabelle 5: Einteilung von Umgebungszonen gemäss ÖNORM O 1052

Vorschlag Einteilung und Definition Umgebungszonen für Vollzugshilfe

Der Vorschlag der LAI/LiTG zur Einteilung verschiedener Umgebungszonen bezieht sich nur auf das Siedlungsgebiet, der Vorschlag der CIE hingegen macht keine Unterscheidung zwischen Bauzone und Nicht-Siedlungsgebiet. Die Richtwerte sind zur Begrenzung der Auswirkungen auf den Menschen am Wohnort gedacht. Da es in der Schweiz auch Wohnhäuser in

der Landwirtschaftszone und damit ausserhalb der Bauzone gibt, macht es Sinn, sich bei der Zoneneinteilung nicht nur auf das Siedlungsgebiet, sondern auf das ganze Gebiet zu beziehen, was grundsätzlich dem Ansatz der CIE entspricht.

Die CIE teilt ihre Zonen aufgrund der vorhandenen Umgebungshelligkeit ein. Eine solche Einteilung ist auch in Bezug auf die Beschränkungen der Belästigungswirkung für den Menschen ein sinnvoller Ansatz, so hat die Umgebungshelligkeit (insbesondere bei der belästigenden Blendung) einen direkten Einfluss darauf, wie belästigend eine Lichtquelle wahrgenommen wird. Eine Verfeinerung der Zoneneinteilung unter Bezugnahme auf die LAI/LITG-Einteilung, welche sich primär am Schutzanliegen orientiert, scheint jedoch eine sinnvolle Erweiterung. Ein Beispiel dafür bietet die ÖNORM. Dieser Ansatz könnte auf schweizerische Verhältnisse übertragen werden.

In der Schweiz definieren zum Beispiel die Lärm-Empfindlichkeitsstufen (ES) verschiedene Schutzniveaus. Es existieren vier ES, von Zonen mit erhöhtem Lärmschutzbedürfnis (ES I) bis zu Zonen, in denen stark störende Betriebe zugelassen sind (ES IV). Von der Arbeitsgruppe wurde angeregt, diese ES bei der Einteilung der Umgebungszonen miteinzubeziehen. Bei einem Versuch, dies umzusetzen, zeigten sich jedoch Zielkonflikte. So gehören z. B. Landwirtschaftszonen zur ES III, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind. Bezüglich Licht stellen Landwirtschaftszonen hingegen meist Gebiete mit geringer Umgebungshelligkeit dar. Oder Industriezonen, die bezüglich Lärm zur Stufe mit dem geringsten Schutzniveau (ES IV) gehören, werden häufig am Siedlungsrand angeordnet, wo die Umgebungshelligkeit tiefer ist als z. B. in Stadtzentren.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass es eher nicht sinnvoll scheint, für die Bereiche Lärm und Licht die gleichen Empfindlichkeitsstufen anzuwenden. In einem ersten Vorschlag für die Einteilung der Umgebungszonen wurde daher versucht, die Zonen anhand unterschiedlicher GebietsHELLigkeiten, die sich aufgrund der Bebauung ergeben, einzuteilen. Der Vorschlag findet sich in Tabelle 6.

Kategorie	Beschreibung	Korrespondierende Einteilungen
Umgebungszone 1	ländliche Gebiete dünn besiedelt, vereinzelte Wohnhäuser	
Umgebungszone 2	ländliche Gebiete mit mässiger Besiedelung, reine Wohngebiete, Siedlungsrand	
Umgebungszone 3	Agglomeration, dicht bebaute Gebiete, Wohn- und Gewerbebezonen (Mischzonen)	
Umgebungszone 4	Stadt- und Geschäftszentren	

Tabelle 6: *Vorschlag zur Einteilung von verschiedenen Umgebungszone*

(Wohn-)Raumaufhellung

Begrifflichkeiten

In der Literatur wird unter Raumaufhellung die Aufhellung des Wohnbereichs durch eine in der Nachbarschaft vorhandene Beleuchtungsanlage verstanden. In der Diskussion der «Arbeitsgruppe Richtwerte» stellte sich heraus, dass unter Raumaufhellung auch die Aufhellung des Aussenraumes verstanden werden könnte. Dies ist in Bezug auf die zu definierenden Richtwerte jedoch nicht gemeint, sondern nur die übermässige Aufhellung des Wohnraums des Menschen (Wohnzimmer, Schlafzimmer etc.) durch Beleuchtungsanlagen in der Umgebung. Die Arbeitsgruppe schlug daher vor, einen anderen Begriff zu suchen und z. B. von „Innenraumaufhellung“ zu sprechen. Auch die ÖNORM setzt sich mit diesen Begrifflichkeiten auseinander. Sie unterscheidet dabei zwischen der „Aufhellung von Räumlichkeiten (Raumaufhellung)“ und der „Aufhellung der Umwelt (Umweltaufhellungen)“.

Der vorgeschlagene Begriff „Innenraumaufhellung“ ist relativ nahe am Terminus der Innenraumbeleuchtung. Um sich besser von diesem besetzten Fachbegriff abgrenzen zu können, wird vorgeschlagen, die hier gemeinte Einwirkung mit „Wohnraumaufhellung“ zu bezeichnen. In diese könnten bei Bedarf auch Balkone und Terrassen miteinbezogen werden, wie dies die LAI macht.

Vorhandene Vorlagen zur Beurteilung der Wohnraumaufhellung

Die vorhandenen Normen und Richtlinien beurteilen die (Wohn-)Raumaufhellung anhand der vertikalen Beleuchtungsstärke E_v in Lux am Immissionsort. Der Messort kann je nach Norm leicht unterschiedlich sein. In Tabelle 7 findet sich eine Zusammenstellung der in den Normen vorhandenen Richtwerte.

CIE / SN EN			LAI			ÖNORM			
Zone	Vor G*	Nach G*	Zone	6-22h	22-6h	Zone	6-20h	20-22h	22-6h
E1	2	0	I	1	1	A	2	1	1
E2	5	1	II	3	1	B	5	3	1
E3	10	2	III	5	1	C	10	5	1
E4	25	5	IV	15	5	D	25	15	5

G*: Geltungszeit. Es handelt sich um eine zu spezifizierende Uhrzeit, die die Nacht in zwei Zeitabschnitte mit unterschiedlichem Schutzbedarf unterteilt.

Tabelle 7: Übersicht der Richtwerte für die vertikale Beleuchtungsstärke in Lux zur Begrenzung der (Wohn-)Raumaufhellung

Die Richtwerte von CIE und LAI unterscheiden sich insbesondere für die erste Zeitperiode (vor Geltungszeit resp. vor 22 Uhr). Bei der CIE betragen die Richtwerte 2 bis 25 Lux, bei der LAI 1 bis 15 Lux. Die ÖNORM hat die CIE und LAI-Richtwerte kombiniert. In der ÖNORM gelten für die Zeit bis 20 Uhr die gleichen Richtwerte wie bei der CIE, von 20 bis 22 Uhr die gleichen wie bei der LAI.

Für die Zeit nach 22 Uhr liegen die Richtwerte bei den erwähnten Normen im gleichen Bereich (CIE: 0 bis 5 Lux, LAI/ÖNORM: 1 bis 5 Lux).

Aus Deutschland ist bekannt, worauf sich die Richtwerte von LiTG und LAI abstützen. Sie beruhen im Wesentlichen auf den Forschungsergebnissen von Hartmann et al.: Demnach kommt es vermehrt zu Beschwerden über die Raumaufhellung bei $E_v > 3$ Lux. Eine Feldstudie von Vos et al. zu Licht aus Treibhauseinrichtungen mit $0.01 \text{ Lux} < E_v < 0.05 \text{ Lux}$ konnte keine signifikante Veränderung der Anzahl schwach oder stark Belästigter nachweisen (Schierz, 2009).

Im Rahmen eines Experteninterviews wurde abgeklärt, welche Erfahrungen in Deutschland mit den LAI-Richtwerten bislang gemacht worden sind (vgl. Kapitel 4.1.2). Die LAI-Richtwerte gelten als sehr hilfreich und haben sich bewährt. Diese entsprechen dem Stand der Technik. Die Einhaltung von strengeren Richtwerten wäre gemäss LAI nicht möglich. Die Akzeptanz der Richtwerte in der Bevölkerung sei aber nicht immer gegeben, da häufig auch bei eingehaltenen Werten eine gewisse Belästigung verbleibe (vgl. Anhang A3).

Einen Spezialfall stellen die Sportinfrastrukturen dar. In Deutschland wurden vor 10 Jahren im Rahmen der Sportministerkonferenz Einwände gegen die LAI-Empfehlungen geäußert. Die AG Sportstätten fand die Richtwerte damals zu streng. Seit der lichttechnischen Sanierung im Rahmen der Förderung von Sportanlagen habe sich die Situation stark entschärft. Bei Sportanlagen führte vor allem die psychologische (belästigende) Blendung zu Beschwerden. Die Klagen dazu hätten in den letzten Jahren, seit Beginn der Sanierungen, jedoch stark abgenommen. Es wurden seither auch von der AG Sportstätten keine weiteren Einwände mehr

geäussert. Heutzutage gilt der Bau von neuen Sportanlagen in Deutschland grundsätzlich als möglich, ohne die Richtwerte zu überschreiten (vgl. Anhang A3).

Im Rahmen der Arbeitsgruppen Richtwerte und Lichtplanung kamen die Vertreter der SLG Fachgruppe Beleuchtung von Sportanlagen für die Situation in der Schweiz zu einer anderen Einschätzung. Zwar konnten sie bestätigen, dass sich die Situation verbessert habe durch den Einsatz von neuen asymmetrischen Scheinwerfern. Damit könne der beleuchtete Bereich bei Sportinfrastrukturen deutlich begrenzt werden. Trotzdem sei ein Abstand von ca. 50 m von der Sportanlage nötig, um einen Wert von 5 Lux einhalten zu können, respektive von 60-70 m, damit ein Wert von 1 Lux nicht überschritten würde. Probleme bezüglich belästigender Blendung könnten meist durch Drehen der entsprechenden Scheinwerfer gelöst werden, wobei es auch hier gewisser Mindestabstände zu den nächsten Wohnhäusern bedürfe.

Vorschlag Richtwerte zur Begrenzung der Wohnraumaufhellung

Die Arbeitsgruppe Richtwerte hat sich dafür ausgesprochen, prioritär die Lichtimmissionen zwischen 22.00 und 06.00 Uhr zu begrenzen, da dieser Zeitraum in Bezug auf die Belästigungswirkungen als besonders relevant angesehen wird („Nachtruhefenster“). Die für diesen Zeitraum in den Normen und ausländischen Empfehlungen vorgeschlagenen Richtwerte unterscheiden sich nicht gross, sondern liegen in der gleichen Grössenordnung (CIE/SN EN 0 bis 5 Lux bzw. 1 bis 5 Lux LAI/ÖNORM). Ein Vorschlag zur Begrenzung der Wohnraumaufhellung findet sich in Tabelle 8. Dieser basiert im Wesentlichen auf der Empfehlung der CIE, bewertet wie diese die Gesamtimmissionen und entspricht damit dem Konzept der Immissionsgrenzwerte nach USG.

Der Zeitraum vor 22 Uhr erscheint in Bezug auf die Belästigungswirkungen weniger empfindlich. Es sollen daher keine über die bestehenden Normen hinausgehenden Begrenzungen verlangt werden. In den Betriebszeiten vor 22 Uhr sind die Beleuchtungsanlagen damit gemäss der für diese Anlage jeweils existierenden Normvorgaben zu betreiben und dabei sind auch die in diesen Normen gemachten Vorgaben zur Begrenzung der Auswirkungen auf die Umgebung einzuhalten (vgl. Kapitel 4.1.1). Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Betriebsvorschriften gemäss dem Konzept der vorsorglichen Emissionsbegrenzung gemäss USG. Massgebend für den Zeitraum vor 22 Uhr sind somit:

- Für Sportinfrastrukturen: SN EN 12193:2008 «Sportstättenbeleuchtung», Kapitel 5.10 Störwirkung
- Für Arbeitsstätten im Freien: SN EN 12464-2:2014 «Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien», Kapitel 4.5 Störlicht
- Für Leuchtreklamen findet sich weiter unten ein separater Vorschlag.

- Für die Strassenbeleuchtung sind zusätzliche Abklärungen vorgesehen (vgl. Kapitel 4.4.4).
- Bei Beleuchtungsanlagen, für die es keine expliziten Normvorgaben gibt, wird empfohlen, sich auf die LAI-Empfehlungen abzustützen.

Einteilung Umgebungszone gemäss Tabelle 6	Vor Geltungszeit (d.h. i.d.R. vor 22 Uhr) E_v in Lux	Nach Geltungszeit (d.h. i.d.R. nach 22 Uhr) E_v in Lux
Umgebungszone 1	Begrenzung der Störwirkung	0
Umgebungszone 2	gemäss der für die jeweilige Beleuchtungsanlage existierenden	1
Umgebungszone 3	Norm	2
Umgebungszone 4		5

Tabelle 8: Richtwerte zur Begrenzung der Wohnraumaufhellung (mittlere vertikale Beleuchtungsstärke E_v in Lux) an Fensterflächen von Wohnräumen. Beurteilt wird die von aussen senkrecht auf die Fensterebene von Wohnräumen treffende Beleuchtungsstärke.

Wird in einem Zimmer gemessen, so ist die Messung bei geöffnetem Fenster und ohne Zimmerbeleuchtung durchzuführen. Ersatzweise kann auch die von aussen senkrecht auf die Gebäudehülle treffende Beleuchtungsstärke auf Fensterhöhe gemessen werden.

Die Störwirkung für den Menschen ist bei farbigem Licht oder zeitlich veränderlichem Licht grösser als bei weissem oder konstantem Licht. 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. Aus diesem Grund wird weiter vorgeschlagen, mit Zuschlagsfaktoren zu arbeiten, wenn die Immissionen überwiegend (z. B. zu mehr als 80%) von einer einzelnen Beleuchtungsanlage stammen, die farbiges Licht und/oder zeitlich veränderliches Licht abstrahlt. Bei farbigem Licht schlagen die Normen vor, die Mess- oder Berechnungsergebnisse mit einem Zuschlagsfaktor von 2 zu multiplizieren. Für zeitlich veränderliches Licht bieten die Empfehlungen der LAI/LiTG sowie der ÖNORM entsprechende Vorlagen für Zuschlagsfaktoren in Abhängigkeit der Frequenz.

Belästigende Blendung

Von belästigender Blendung spricht man, wenn sich Personen durch helle Lichtquellen in ihrem Gesichtsfeld gestört oder belästigt fühlen (vgl. Kapitel 2.1.1). Solche Belästigungen können nur auftreten, wenn vom Immissionsort aus (z. B. Wohnung) ein direkter der Blick zur Blendquelle hin möglich ist. Ein direkter Blick vom Immissionsort auf die Quelle ist entspre-

chend auch die Voraussetzung dafür, solche Einwirkungen beurteilen zu können. Hierfür gibt es zwei verschiedene Ansätze:

- Die LAI und LiTG beurteilen die subjektive Blendung, indem sie die mittlere Leuchtdichte der Blendlichtquelle (in Candela pro Quadratmeter [cd/m^2]) mit einer maximal zulässigen mittleren Leuchtdichte vergleichen. Letztere ist abhängig von der Umgebungsleuchtdichte, vom Raumwinkel, unter dem die Blendlichtquelle am Immissionsort gesehen wird, von der Uhrzeit und von der Gebietsart des Immissionsortes.
- Die CIE ihrerseits empfiehlt Maximalwerte der Lichtstärke (in Candela [cd]) von Leuchten in potenzieller Störrichtung, also z. B. in Richtung von Nachbargebäuden. Auch diese Werte unterscheiden sich je nach Uhrzeit und Gebietsart. Die Umgebungsleuchtdichte wird jedoch nur sehr indirekt über die Gebietsart und nicht explizit miteinbezogen.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist der Ansatz von LAI/LiTG adäquater, weil er die Umgebungsleuchtdichte, auf die das Auge adaptiert ist, miteinbezieht. Zudem basieren die Empfehlungen von LAI/LiTG auf vier empirischen Untersuchungen, aus welchen eine Dosis-Wirkungskurve ableitbar ist.

Eine vorhandene Beleuchtungssituation (Umgebungsleuchtdichte und Leuchtdichte der Blendquelle) lässt sich mit einer Leuchtdichtemesskamera und entsprechender Software beurteilen, z. B. bei vorhandenen Klagen bei Behörden oder vor Gericht. Schwieriger ist eine Berechnung im Voraus. Die Leuchtdichte einer einzelnen Anlage kann zwar grundsätzlich prognostiziert werden, die Prognose der Leuchtdichte der Umgebung ist jedoch bedeutend schwieriger. Hier müsste allenfalls ein Weg über Messungen der Umgebungsleuchtdichte im Ausgangszustand gesucht werden. Zu bedenken ist jedoch auch, dass Bewertungen der belästigenden Blendung immer von einem bestimmten Immissionsort (z. B. einer bestimmten Wohnung) aus erfolgen. Somit sind Prognosen nicht standardmässig möglich, weil dazu relativ umfassende Überlegungen zu allen relevanten Immissionspunkten angestellt werden müssen. Man müsste sich bei solchen Prognosen somit auf einige wenige Immissionsorte (z.B. die drei am höchsten belasteten Wohnräume) beschränken.

Da eine Prognose der Leuchtdichte sehr aufwändig ist, wird in der Praxis bei der Planung einzelner Anlagen die Lichtstärke in Richtung Immissionsort berechnet (gemäss dem Ansatz der CIE). Hier stellt sich jedoch die Frage, wie sachgerecht Berechnungen ohne Miteinbezug der Umgebungshelligkeit sind. Denn während eine Anlage mit einer bestimmten Lichtstärke in einer hellen Umgebung zu keiner Belästigung führt, könnte eine gleiche Anlage mit der gleichen Lichtstärke in einer dunkeln Umgebung durchaus Belästigungen hervorrufen. Eine Begrenzung der Lichtstärke – ohne Miteinbezug der Umgebungshelligkeit – erscheint daher

nicht sinnvoll. Aus diesem Grund wird nachfolgend empfohlen, die Blendung mit der Methode von LAI/LiTG zu beurteilen.

Vorschlag Richtwerte zur Begrenzung der belästigenden Blendung

Bei der Methode nach LAI/LiTG wird jeweils das Blendmass k_S der (potenziellen) Blendlichtquelle S ermittelt, welches die vorgegebenen – je nach Umgebungszone unterschiedlichen – Immissionsrichtwerte nicht überschreiten darf (vgl. Tabelle 9). Je größer k ist, desto geringer ist der Schutz gegen die Blendung: Bei $k = 32$ und einer Umgebungsleuchtdichte von $0,1 \text{ cd/m}^2$ bis 10 cd/m^2 beurteilen etwa 2,7% bis 0,5% der Population die Blendung als gerade intolerabel oder schlimmer; mit $k = 160$ sind es bereits 50,1% bis 24,6% der Bevölkerung, welche die Blendung als übermässig beurteilen (Schierz, 2009).

Für die Bestimmung des Blendmasses k_S sind die mittlere Leuchtdichte \overline{L}_S der zu beurteilenden Blendlichtquelle, der zugehörige Raumwinkel Ω_S vom Immissionsort aus betrachtet und die Umgebungsleuchtdichte L_U zu ermitteln. Das Blendmass k_S ergibt sich wie folgt:

$$k_S = \overline{L}_S \cdot \sqrt{\frac{\Omega_S}{L_U}}$$

Dabei bedeuten (vgl. auch Abbildung 5):

- \overline{L}_S : mittlere Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m^2
- L_U : Leuchtdichte der Umgebung der Blendlichtquelle in cd/m^2 (falls die aus Messungen ermittelte Umgebungsleuchtdichte kleiner als $0,1 \text{ cd/m}^2$ ist, wird mit $L_U = 0,1 \text{ cd/m}^2$ gerechnet)
- Ω_S : Raumwinkel der vom Immissionsort aus gesehenen Blendlichtquelle in Steradian (sr)

(Der Anwendungsbereich der Gleichung ist auf $L_U < 10 \text{ cd/m}^2$ und $10^{-6} \text{ sr} < \Omega_S < 10^{-2} \text{ sr}$ beschränkt.)

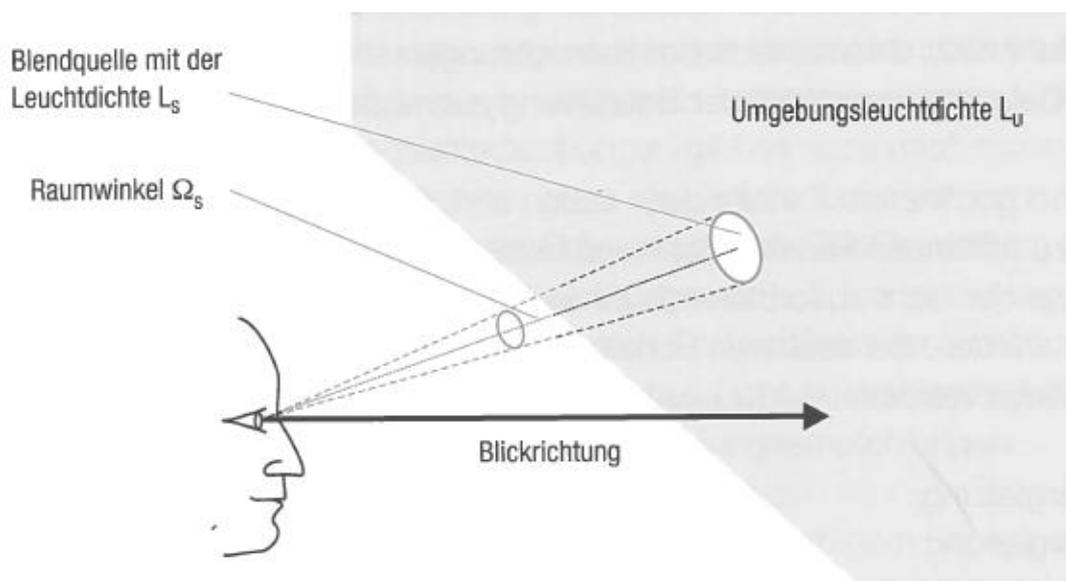


Abbildung 3: Skizze zur Veranschaulichung der Grössen, welche die subjektive Blendung beeinflussen und zur Berechnung des Blendmasses k_s bestimmt werden müssen (Quelle: Abbildung 4.1 aus LiTG 12.3-2011)

Das Blendmass k_s soll die Richtwerte für Blendung k gemäß Tabelle 9 nicht überschreiten.

Einteilung Umgebungszone gemäss Tabelle 6	Nach Geltungszeit (d.h. i.d.R. nach 22 Uhr) Richtwert k
Umgebungszone 1	0
Umgebungszone 2	32
Umgebungszone 3	32
Umgebungszone 4	160

Tabelle 9: Richtwerte zur Begrenzung der belästigenden Blendung: Richtwert k zur Festlegung der maximal zulässigen Blendung vom Immissionsort aus betrachtet

Eine Begrenzung der Störung durch Blendungen vor Geltungszeit könnte gemäss der für die jeweilige Beleuchtungsanlage existierenden Norm erfolgen.

Leuchtreklamen

Zur Beurteilung von Reklamebeleuchtungen gibt es in der Schweiz, wie weiter vorne beschrieben, verschiedene Ansätze (vgl. Tabelle 2). Auch aus dem Ausland sind Ansätze bekannt. In Österreich legt die ÖNORM zulässige Leuchtdichten für Werbeschilder und angestrahlte Fassaden fest (vgl. Tabelle 10). Je nach Gebietsart sind diese Werte unterschiedlich streng. Im Gebiet I (Schutzgebiete, Definition vgl. Tabelle 5) sind keine solchen Lichtquellen zugelassen.

Gebiet (vgl. Tabelle 5)	Zulässige maximale⁹⁾ Leuchtdichten von Werbeschildern	Maximale mittlere¹⁰⁾ Leuchtdichte von angestrahlten Fassaden
	Maximale ⁹⁾ Leuchtdichte in cd/m^2	Maximale mittlere ¹⁰⁾ Leuchtdichte in cd/m^2
I	-	-
II	100	5
III	250	10
IV	650	25
Zeitbegrenzung	Für das Gebiet IV wird ein Abschalten der Beleuchtung für Werbeanlagen um 22:00 Uhr empfohlen.	

Tabelle 10: Anforderungen der ÖNORM an beleuchtete Werbeflächen und angestrahlte Fassaden (ÖNORM O 1052:2012)

Aus Südkorea ist eine weitere Regelung bekannt, welche zulässige Leuchtdichten für dekorative Beleuchtung (inkl. Gebäudeanstrahlungen), Werbebeleuchtung (z. B. Leuchtreklamen) und für Werbebildschirme (digital multimedia signboards) festlegt (vgl. Tabelle 11). Die zulässigen Werte sind je nach Gebietsart (Einteilung vgl. Tabelle 4) verschieden hoch. Die festgelegten Werte gelten grundsätzlich für die ganze Nacht (von 60 Minuten nach Sonnenuntergang bis 60 Minuten vor Sonnenaufgang). Einzig für Werbebildschirme werden für die Zeit nach 24 Uhr etwas strengere Grenzwerte festgelegt (JS Cha et al., 2014).

Gebiet (Definition s. Tabelle 4)	Werbebeleuchtung (Leuchtschilder)	Werbebildschirme (digital multimedia signboards)		Dekorative Beleuchtung (angestrahlte Fassaden oder abgestrahltes Licht zu Dekorationszwecken)	
	Maximale Leuchtdichte in cd/m^2	Mittlere Leuchtdichte in cd/m^2 vor 24 Uhr	Mittlere Leuchtdichte in cd/m^2 nach 24 Uhr	Maximale Leuchtdichte in cd/m^2	Mittlere Leuchtdichte in cd/m^2
E1	50	400	50	20	5
E2	400	800	400	60	5
E3	800	1000	800	180	15
E4	1000	1500	1000	300	25
Geltungszeit	Diese Werte müssen von 60 Minuten nach Sonnenuntergang bis 60 Minuten vor Sonnenaufgang eingehalten werden.				

Tabelle 11: Zulässige Leuchtdichten für verschiedene Arten von Beleuchtungen für Dekorations- und Werbezwecke in Südkorea (JS Cha et al., 2014)

9) Die leuchtenden Flächen sind durch mehrere Punktmessungen auf eventuelle Maxima zu untersuchen.

10) Es handelt sich um eine räumliche Mittelung. Bei der Ermittlung der mittleren Leuchtdichte ist auf eine gleichmäßige Verteilung der Messpunkte zu achten. Zudem ist für die Einhaltung einer Gleichmäßigkeit von L_{mit} zu L_{max} von $\geq 0,05$ zu sorgen.

Vorschlag Richtwert für Leuchtreklamen

Die Arbeitsgruppe schlug folgende Richtwerte für eine Begrenzung der Leuchtdichte von Leuchtreklamen, differenziert nach deren Grösse, sowie von angestrahlten Fassaden vor:

Fläche (A)	Klein ($A < 2 \text{ m}^2$) ¹¹⁾	Mittel ($2 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2$) ¹²⁾	Gross ($A > 10 \text{ m}^2$) ¹³⁾	Fassaden- anstrahlung ¹⁴⁾
	zulässige mittlere Leuchtdichte [cd/m ²]	zulässige mittlere Leuchtdichte [cd/m ²]	zulässige mittlere Leuchtdichte [cd/m ²]	Zulässige mittlere Leuchtdichte [cd/m ²]
Niveau 1	50	15	0	0
Niveau 2	400	110	25	5
Niveau 3	800	300	110	10
Niveau 4	1000	500	300	25

Tabelle 12: Richtwerte zur Begrenzung der Leuchtdichte von Leuchtreklamen und angestrahlten Fassaden

Es handelt sich dabei um Betriebsvorschriften gemäss dem Konzept der vorsorglichen Emissionsbegrenzung gemäss USG. Die Werte stellen eine Diskussionsgrundlage dar und sollten noch vertieft werden. Dabei ist auch zu klären, ob für die Differenzierung der Richtwerte für die Leuchtreklamen (Niveau 1 bis 4) die gleiche Einteilung der Umgebungszonen verwendet werden kann wie bei der Wohnraumaufhellung und der belästigenden Blendung. Gemäss Arbeitsgruppe ist zudem eine zeitliche Beschränkung von Reklamebeleuchtungen anzugehen.

4.2 Lichtplanung

4.2.1 Ausgangslage

In der Regel gilt die Vollzugshilfe 2005 als gute Grundlage zum Einstieg in das Thema Lichtplanung und zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen. Sie liefert Grundsätze zur Prüfung der Notwendigkeit einer Beleuchtung, zu technischen Massnahmen wie Abschirmung, Ausrichtung, Stärke und Qualität von Leuchten sowie zur Lichtsteuerung (Dimmbarkeit, Zeitmanagement).

11) Entspricht den CIE- und EN-Normen, ausser dass diese keine Limitierung der Grösse vorsehen.

12) Entspricht ungefähr der gegenwärtigen Praxis in Zürich und ist nicht weit weg von der österreichischen Norm ÖNORM O 1052 „Lichtmissionen – Messung und Beurteilung“.

13) Interpoliert ohne fundierte Grundlage. Soll noch validiert werden.

14) Entspricht den CIE- und EN-Normen.

Wie schon im Kapitel 3 erwähnt bemängeln die Kantone und Gemeinden jedoch gewisse Punkte in der Vollzugshilfe. Sie erwarten konkretere Vorschläge und Anleitungen zur effektiven Verminderung von Lichtemissionen, gute Fallbeispiele als Grundlage zur Beurteilung und Durchführung von Interessensabwägungen sowie qualitative Vorschriften für die Beurteilung von Beleuchtungen im Naturraum.

Um konkrete Empfehlungen zur effektiven Verminderung von Lichtemissionen entwickeln zu können, ist eine Identifikation der Situationen, die zu übermässigen Lichtemissionen führen können, erforderlich. Anhand der Rückmeldungen der Teilnehmer der Behördentagung können die folgenden Arten von Beleuchtungsanlagen, die bei Gemeinden und Kantonen zur Beurteilung kommen oder zu welchen sich aus der Bevölkerung Nachfragen oder Reklamationen ergeben, identifiziert werden:

Verkehrsinfrastruktur

- Strassenbeleuchtung
- Beleuchtung von Radrouten
- Beleuchtung von Wegen ausserhalb der Siedlungen
- Kreiselbeleuchtung
- Beleuchtung von ungedeckten Parkplätzen
- Parkhausbeleuchtung
- Signaletik (u. a. Verkehrsleitsysteme)
- Beleuchtung von Fussgängerstreifen
- Beleuchtung von Fussgängerzonen
- Beleuchtung auf Flughäfen
- Beleuchtung öffentlicher Plätze

Sport- und Freizeitanlagen

- Sport- und Trainingsplatzbeleuchtung
- Beleuchtung von Sportinfrastrukturen ausserhalb von Siedlungen: z. B. Skipisten, Schlittelwege, Joggingstrecken im Wald, Kajakstrecken, Aussenreitplätze
- Beleuchtung von Sportstadien
- Spezielle Beleuchtung für Fernsehübertragungen

Gewerbe und Industrie

- Beleuchtung von Industrie- und Gewerbearealen (z. B. Güterbahnhöfe, Rampen, Lagerplätze)
- Beleuchtung von Industrie- und Gewerbebauten (z. B. Einkaufszentren, Logistikzentren, Bahnhöfe (Perronbereich))
- Industrie- und Bürobetriebe oder Spitäler mit Nachtnutzung
- Lichtemission hoher Gebäude oder Bauten (Hochhäuser; Licht von innen nach aussen)
- 24h-Shops/Autowaschanlagen/Tankstellen
- Beleuchtung von Industriebauten
- Flutlichtanlagen bei Autohandel-Arealen
- Baustellen, Turmkräne

Öffentliche Gebäude, Anlagen und Bauten

- Beleuchtung historischer Gebäude und Kirchen
- Beleuchtung von Begegnungszonen
- Beleuchtung von Schulen

Privathäuser

- Aussenbeleuchtung
- Zierbeleuchtungen (Beleuchtung von Bäumen im Garten, Fassaden (an)leuchtende Objekte)
- Lichtemission hoher Gebäude oder Bauten (Hochhäuser; Licht von innen nach aussen)

Reklamebeleuchtungen

- Werbebeleuchtung: Schaufenster, Firmenschilder, Leuchtreklamen
- Werbeanzeigen in der Nähe von Strassen
- Eventbeleuchtung (z. B. Skybeamer, Konzertbeleuchtung)
- Beleuchtungskonzepte im Gebirge für Hotels, Bergrestaurants, Bergbahnanlagen oder Berggipfel
- Permanente Kunstobjekte oder Lichtinstallationen mit Kunstanspruch
- (Permanente) Medienfassaden oder Screens

- Beleuchtung von Naturobjekten

Die Arbeitsgruppe identifizierte aus dieser umfassenden Liste die folgenden Beleuchtungsanlagen bzw. -situationen, die entweder sehr hohe Lichtemissionen verursachen oder für die Natur kritisch sind:

- Sportinfrastrukturen im Siedlungsgebiet
- Baustellen
- Beleuchtung von Industrie- und Gewerbearealen
- Beleuchtung historischer Gebäude/Kirchen und Fassadenbeleuchtungen
- Beleuchtung im Naturraum

Für diese Beleuchtungsanlagen bzw. -situationen sollen in der Vollzugshilfe gute Praxisbeispiele dargestellt werden, um die Kantone und Gemeinden bei der Minimierung der Lichtimmissionen und bei Interessensabwägungen zu unterstützen.

Zwei weitere priorisierte Beleuchtungsanlagen wurden in anderen Arbeitsgruppen behandelt: Empfehlungen für die Beleuchtung von Begegnungszonen wurden im Rahmen der Sitzungen zur Sicherheit öffentlicher Räume entwickelt (siehe Kapitel 4.3), während für die Strassenbeleuchtung eine extra Sitzung einberufen wurde (siehe Kapitel 4.4).

4.2.2 Zielkonflikte

Es bestehen verschiedene Zielkonflikte zwischen dem Schutz vor übermässigen Lichtimmissionen einerseits und den Nutzinteressen andererseits:

- **Sportinfrastrukturen im Siedlungsgebiet:** Die bestehende Sportinfrastruktur (v. a. Fussballplätze) wird bereits heute intensiv genutzt und die Nachfrage nimmt eher noch zu. Es ist deshalb zu erwarten, dass die bestehenden Anlagen in Zukunft noch intensiver genutzt werden sollen bzw. neue Anlagen gebaut werden. Eine höhere Belastung der Nachbarschaft durch Lichtimmissionen ist deshalb kaum zu vermeiden. Der Betrieb der Sportanlagen ist ein gewichtiges öffentliches Interesse und die „Verdichtung der Nutzung“ soll weiter ermöglicht werden.
- **Sportinfrastrukturen im Naturraum:** Bei Sportinfrastrukturen im Naturraum (z. B. Skianlagen, Langlaufloipen, Schlittelwege, Aussenreitplätze) besteht zunehmend der Bedarf nach einer Nutzung in der Dämmerung oder sogar in der Nacht. Dies ist mit einer entsprechenden Beleuchtung verbunden. Die Zielkonflikte bestehen zwischen dem wirtschaftlichen Interesse der Betreiber bzw. der Tourismusregion und dem Schutz der An-

wohner bei Anlagen im unmittelbaren Bereich des Siedlungsgebiets (z. B. Talstationen von Skianlagen) bzw. dem Schutz der lichtempfindlichen Flora und Fauna.

- **Beleuchtung von Arbeitsstätten:** Auch bei Einhaltung der Mindestvorgaben aus der Norm SN EN 12464-2 (Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien) verbleiben Lichtimmissionen in der Umgebung dieser Anlagen und damit Konflikte mit der ansässigen Bevölkerung. Zu beachten ist, dass diese Norm auch Vorgaben zur Begrenzung der Störwirkung für die Umgebung enthält, welche bei der Planung zu berücksichtigen sind (vgl. Kapitel 4.1.1).
- **Historische Stadtkerne und Gebäude:** Die Inszenierung historischer Stadtkerne und von Gebäuden, aber auch von Naturelementen (z. B. Berggipfel, Wasserfälle) mittels Beleuchtung kann Konflikte mit der Bevölkerung oder dem Naturschutz erzeugen.
- **Werbung:** Viele Objekte im Bereich Werbung (z. B. Reklametafeln, LED-Schirme) sind mit Beleuchtung und damit mit Lichtimmissionen verbunden. Darunter fällt auch die nächtliche Beleuchtung von Gebäuden, Arealen oder Firmenlogos aus PR-Gründen. Dies kann entweder zu Problemen bezüglich der Verkehrssicherheit führen oder zu störenden Lichtimmissionen in der Nachbarschaft und für die angrenzende Natur und Umwelt.
- **Sicherheit:** Die Beleuchtung aus Sicherheitsgründen (Arbeitssicherheit, Verkehrssicherheit, Kriminalitätsprävention) kann zu Konflikten mit der Bevölkerung und in Einzelfällen mit dem Naturschutz führen. Die Themen Kriminalitätsprävention und Verkehrssicherheit werden ausführlich in den Kapiteln 4.3 und 4.4 behandelt.
- **Individuelle Freiheit:** Einschränkungen der Beleuchtung (z. B. Lichtabschaltung von Bürohäusern während der Nacht oder Beleuchtung von Naturobjekten) führen immer auch zu Konflikten mit der individuellen Freiheit. Für die Bereinigung von Konflikten zwischen Nachbarn (z. B. Weihnachtsbeleuchtung) besteht zwar mit dem Zivilgesetzbuch eine gesetzliche Grundlage. Es besteht aber eine gewisse Unsicherheit darüber, welches Mass an Lichtimmission toleriert werden muss.
- **Energieeffizienz:** Die meisten Menschen empfinden warmweisses LED-Licht als angenehmer als neutral- oder kaltweisses LED-Licht. Letzteres enthält im ausgestrahlten Spektrum einen ausgeprägten Peak im blauen Wellenlängenbereich (420 bis 490 nm) (siehe Abbildung 4). Dies kann bei vielen Insektenarten Verhaltensänderungen (v. a. Aktivitätsmuster, Fortpflanzungsverhalten) hervorrufen (Eisenbeis & Eick, 2011). Jedoch haben LED-Leuchten mit geringem Blaulichtanteil bei gleicher Leuchtstärke derzeit noch einen etwas höheren Energieverbrauch. Ausserdem ist eine Absenkung der Lichtintensität bei neutral- oder kaltweissem LED-Licht eher möglich, da manche Blautöne im Dämmerungs-

sehen leuchtender erscheinen (CIE 191:2010). Hier besteht ein Zielkonflikt zwischen dem Empfinden der Bevölkerung und dem Naturschutz (Leuchten mit möglichst geringem Blaulichtanteil) auf der einen Seite und dem Bestreben nach Energieeffizienz und Einsparungspotenzial andererseits.

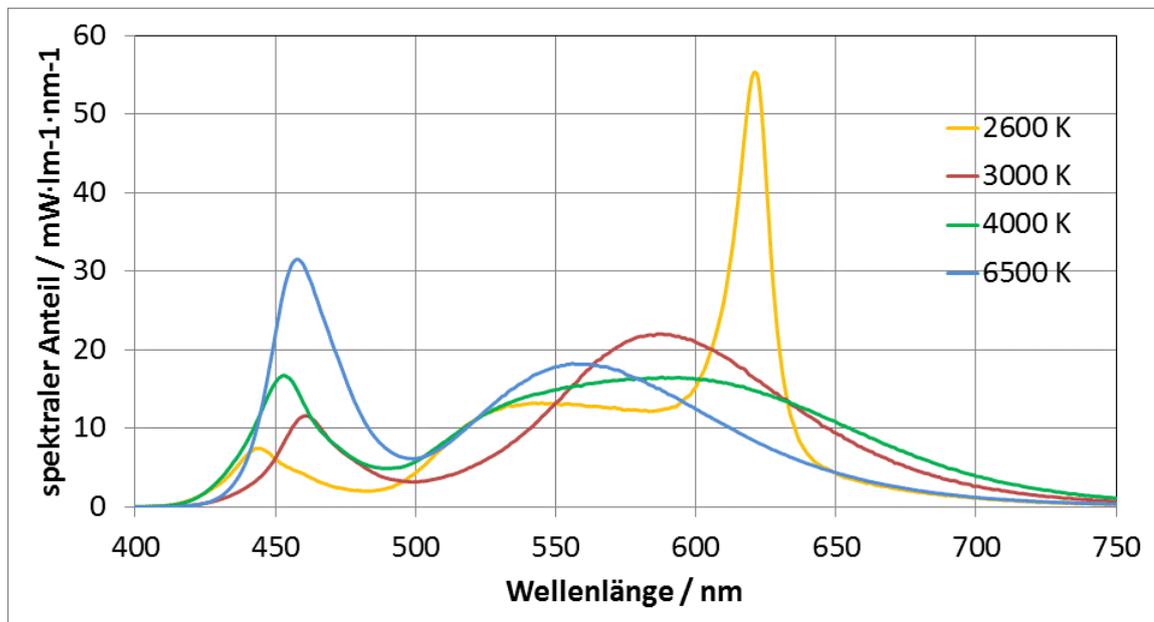


Abbildung 4: Lichtspektren typischer weisser LED-Leuchten unterschiedlicher Farbtemperatur, die weisses Licht mittels Lumineszenzkonversion erzeugen. Während das Spektrum der kaltweissen LED (6500 Kelvin [K]) einen ausgeprägten Peak im blauen Wellenlängenbereich (bei ca. 460 nm) aufweist, ist der Blauanteil bei der neutralweissen LED (4000 K) bereits deutlich geringer. Auch warmweisse LED können je nach Bauart noch Blauanteile im Spektrum aufweisen (s. Beispiel mit 3000 K). Den geringsten Blauanteil hat die warmweisse LED einer Farbtemperatur von 2600 K. Die dargestellten Lichtspektren sind photometrisch normiert, beziehen sich also auf den gleichen Lichtstrom in Lumen (Messungen und Grafik: METAS).

4.2.3 Allgemeine Empfehlungen

Zusätzlich zu den Empfehlungen für die priorisierten Beleuchtungsanlagen (siehe Kapitel 4.2.4) machte die Arbeitsgruppe die folgenden allgemeinen Empfehlungen für die Aktualisierung der Vollzugshilfe.

Planung

Die nachfolgenden Empfehlungen beziehen sich auf die Planung von Beleuchtungsanlagen, unabhängig von technischen Optimierungsmassnahmen.

- Grundsätzlich soll nur beleuchtet werden, was aufgrund der Anforderungen der Nutzer auch beleuchtet werden muss. Die Notwendigkeit einer Beleuchtung ist immer zuerst zu hinterfragen.
- Bei der Planung von Beleuchtungsanlagen ist ein Lichtplaner einzubeziehen und die gültigen Normen sollen herangezogen werden.
- Die Auswirkungen auf die Natur sind im Beleuchtungskonzept ebenfalls zu berücksichtigen (z. B. Auswirkungen auf Insekten). Meist sind Gutachten dazu notwendig, um abklären zu können, ob sensible Arten und Habitate vorhanden sind, und wie sicher zu stellen ist, dass diese nicht geschädigt werden (wieviel Beleuchtung, wo, welche Art der Beleuchtung).
- Die Chancen neuer technischer Möglichkeiten (z. B. Dimmbarkeit der Beleuchtungskörper) sind konsequent zu nutzen.
- Für den Vollzug wäre es hilfreich, wenn in der Vollzugshilfe eine Vorlage zur Bewertung der Lichtimmissionen analog zur Beurteilung des Alltagslärms erstellt würde.

Technische Aspekte

Die aktuelle Vollzugshilfe empfiehlt bereits verschiedene technische Massnahmen. Zudem verfolgen manche Städte individuelle Strategien auf technischer Ebene. In Schaffhausen (Stadt) werden beispielweise alle Strassenleuchten so montiert, dass das Abschlussglas horizontal und der Lichtpunkt aus der Entfernung daher nicht zu sehen ist. Seit 2005 hat in der Beleuchtungstechnik insbesondere mit der Einführung der Licht emittierenden Dioden (LED) eine grosse technologische Entwicklung stattgefunden. Die aktualisierte Vollzugshilfe soll diese technischen Neuerungen berücksichtigen. Die Arbeitsgruppe identifiziert die folgenden ergänzenden Massnahmen:

- Der Trend bezüglich der Farbtemperatur sollte dahin gehen, vermehrt warmweisses Licht ($\leq 3000\text{K}$) einzusetzen, dies auch bei einer Verwendung von LED-Leuchten. Da auch warmweisses LED-Licht je nach Bauart¹⁵⁾ noch deutliche Anteile blauer Wellenlängen aufweisen kann, sind daher nach Möglichkeit LED-Leuchten einzusetzen, deren Spektrum möglichst ausserhalb des blauen Bereichs liegt. Leuchten mit einem geringen Blaulichtan-

15) «Weisses LED-Licht kann durch unterschiedliche Herstellungsverfahren erzeugt werden. Das derzeit gängigste Verfahren nutzt das Prinzip der „Lumineszenzkonversion“ und wird auch bei Leuchtstofflampen eingesetzt. Bei dieser Methode wird oberhalb eines blauen LED-Chips eine hauchdünne Phosphor-Leuchtschicht aufgedampft. Sie wandelt einen Teil des blauen Lichts durch den gelben Phosphor in weisses Licht. [...] Eine andere Möglichkeit, weisses LED-Licht zu gewinnen, ist die Mischung von farbigem Licht unterschiedlicher Wellenlänge. Diese additive Farbmischung von Rot, Grün und Blau (RGB) kann neben allen anderen Mischfarben auch weisses Licht erzeugen.» (licht.wissen 17_LED: Das Licht der Zukunft, S. 18-19).

teil weisen indes eine schlechtere Energieeffizienz auf. Sie sollen daher vorrangig in naturnahen Lebensräumen sowie auch im innerstädtischen Bereich eingesetzt werden.

- Wenn möglich sind dimmbare Leuchtmittel zu verwenden. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass dadurch keine substantziellen Mehrkosten entstehen. Moderne Leuchten werden nämlich zunehmend standardmässig dimmbar kostenneutral angeboten. Beim Einsatz von dimmbaren Leuchtmittel ist jedoch auch darauf zu achten, dass es zu keinen Flimmer-Erscheinungen kommt.
- Oszillierende Beleuchtungen (bewegte Lichter) sind im Aussenraum zu verbieten. Solche Beleuchtungen führen zur Störung des Strassenverkehrs und können für die Bevölkerung sehr lästig sein. Notwendige Ausnahmen (z. B. Apotheken) sind über eine Zeitbegrenzung zu regeln.

4.2.4 Empfehlungen nach Beleuchtungsanlagen

Die Arbeitsgruppe diskutierte die priorisierten Beleuchtungsanlagen bzw. -situationen anhand von Praxisbeispielen. Aus dieser Diskussion konnten weitere konkrete Empfehlungen erarbeitet werden:

Sportinfrastrukturen im Siedlungsgebiet

In der Arbeitsgruppe wurde als Beispiel einer Sportplatzbeleuchtung die Sportanlage KEBA in der Gemeinde Suhr (AG) vorgestellt. Zusammen mit der Stadt Aarau, der Platzgenossenschaft und dem FC Aarau musste eine massgeschneiderte bewilligungsfähige Beleuchtungslösung gesucht werden:

- Die Anforderungen an die Platzbeleuchtung wurden stark reduziert. Anstelle einer ligatauglichen Wettkampf-Beleuchtung wurde nur noch eine Trainingsbeleuchtung vorgesehen.
- Die Anzahl der Kandelaber wurden von sechs auf acht erhöht. Zusätzlich musste die Neigung der Scheinwerfer auf Kosten der Beleuchtungssymmetrie angepasst werden (siehe Abbildung 5).
- Es wurden alle lichttechnischen Mittel ohne Rücksicht auf die Kosten ausgereizt, um die Immissionsrichtwerte der SN EN 12193:2008 einhalten zu können.

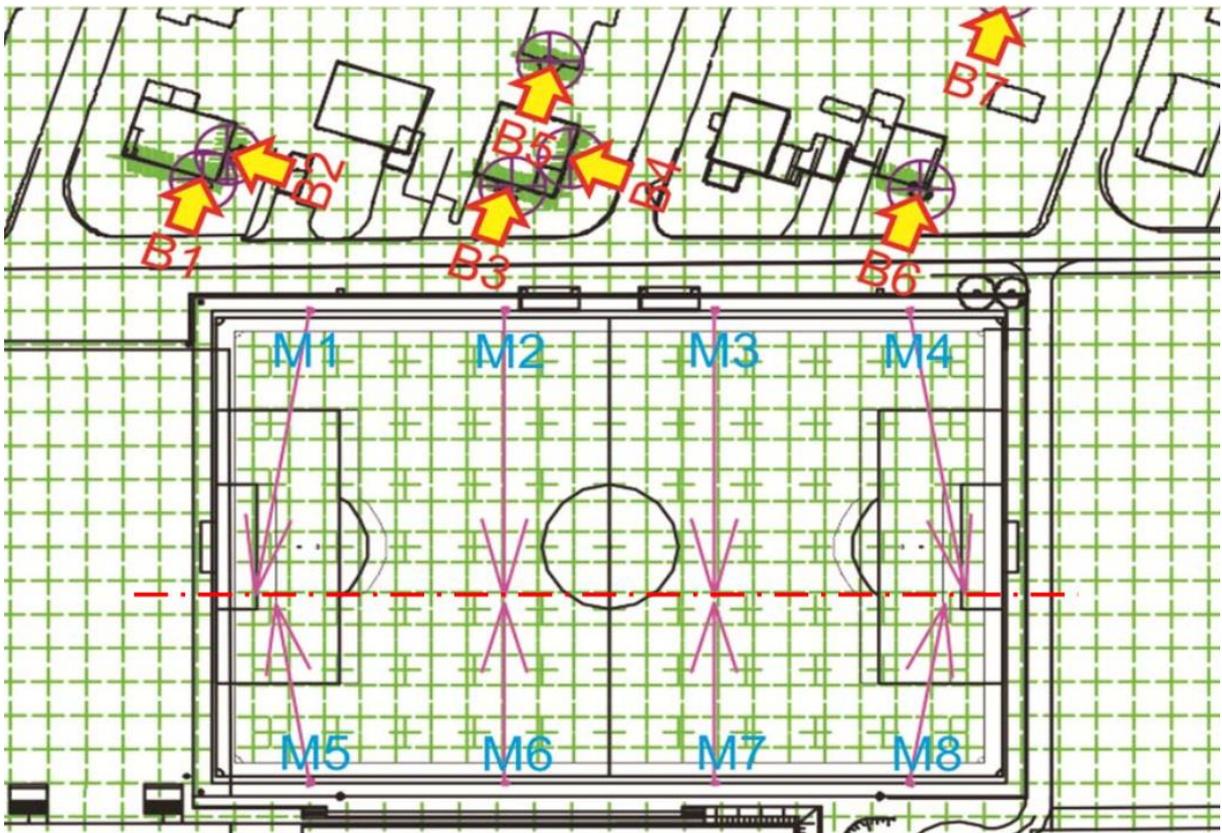


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Beleuchtung der Sportanlage KEBA (Gemeinde Suhr). Quelle: Bericht Messungen Lichtimmissionen KEBA Aarau Bericht Messungen Lichtimmissionen, LICHTPLAN GMBH und HHM Aarau AG , 21.05.15.

Ausführliche Information zu dieser Beleuchtungsanlage befinden sich in der Beilage des Protokolls der 2. Arbeitsgruppensitzung „Lichtplanung“. In der Vollzugshilfe sollte sie als gutes Fallbeispiel für eine Sportplatzbeleuchtung eingefügt werden.

Aus der Diskussion zu Sportinfrastrukturen im Siedlungsgebiet ergaben sich noch folgende weitere Empfehlungen:

- Die Planung der Beleuchtung für eine Sportanlage erfordert Spezialisten. Die Auswahl der Produkte für die Beleuchtung ist begrenzt. Relevant ist zudem die Bestimmung der Empfindlichkeit der Anlagenumgebung.
- Die Beleuchtung von Trainingsplätzen unter Berücksichtigung der Immissionsrichtwerte der Norm SN EN 12193:2008 ist eigentlich immer möglich. Bei Meisterschaftsspielen sind jedoch zur Erfüllung der Anforderungen bezüglich Homogenität Beleuchtungsanlagen erforderlich, die über den eigentlichen Fussballplatz hinaus strahlen. Somit ist bereits die Realisierung von Plätzen für den Meisterschaftsbetrieb für die 3. Liga kaum mehr nach

Massgabe der erwähnten Norm möglich. Die Möglichkeit für Ausnahmegewilligungen ist deshalb für den Sportbereich notwendig.

- Bei Fussballplätzen sind Schaltstufen für niedrigere Beleuchtungsstufen vorzusehen (bei einem 120-Lux-Platz z. B. eine 80-Lux-Stufe für den Trainingsbetrieb, bei einem 200-Lux-Platz Schaltstufen für 120 und 80 Lux). Damit ist Breitenfussball in allen Ligen möglich. Da die Stufen manuell eingeschaltet werden, besteht die Möglichkeit, auf die Anwohner Rücksicht zu nehmen. Bei Sportstadien ist bezüglich Beleuchtung zwischen dem Spiel- und Trainingsbetrieb zu differenzieren.
- Aus Rücksicht auf die Anwohner sind die Anlagen jeweils nur bis 22 Uhr zu betreiben. Bezüglich der Störwirkung durch die Lichtemissionen ist zu beachten, dass zwischen April und Oktober normalerweise kaum Licht benötigt wird. Aufgrund der Winterpause wird deshalb eigentlich nur während zwei Monaten Licht für den Spielbetrieb benötigt.
- Asymmetrische Scheinwerfer bündeln das Licht besser als Scheinwerfer mit symmetrischer Lichtverteilung und sind heute in vielen Fällen Stand der Technik (siehe Abbildung 6). Vor allem wenn grössere Flächen beleuchtet werden müssen, können symmetrische Scheinwerfer aber nach wie vor sinnvoll sein. Falls Probleme bezüglich Blendung auftauchen, können diese meist durch ein Drehen der Scheinwerfer gelöst werden, wobei auch hier gewisse Mindestabstände zu den nächsten Wohnhäusern nötig sind.
- In Kapitel 1.7.4 der SLG Richtlinie 301 „Beleuchtung von Sportanlagen - Teil 1: Grundlagen allgemein“ finden sich weitere mögliche Massnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen von Beleuchtungsanlagen auf die Umgebung, z. B.:
 - Berücksichtigung des Umfeldes (Anwohner u. Ä.) und dementsprechende Wahl von Maststandorten und Höhen der Masten, Typen und Ausrichtung der Scheinwerfer. Optimierungen können unter Umständen durch Verschiebung der Maststandorte erreicht werden.
 - Unter bestimmten Umständen sind mehrere räumlich verteilte Leuchten aus der Sicht des Nachbarschutzes günstiger als wenige zentrale Leuchten.
 - Asymmetrische Scheinwerfer verwenden und diese möglichst mit horizontalem Abschlussglas installieren.
 - Bepflanzungen (Achtung: im Winter nicht mehr oder nur noch teilweise wirksam) oder bauliche Massnahmen zur Abschattung verwenden.

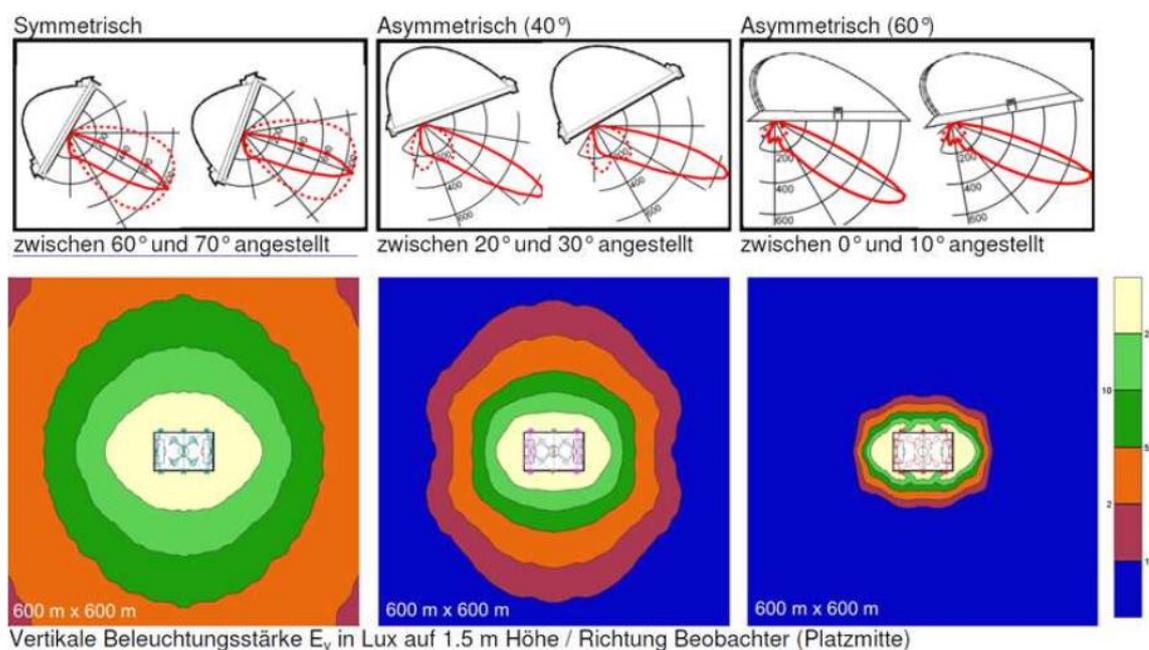


Abbildung 6: Vertikale Beleuchtungsstärke von alten Scheinwerfern (links und Mitte) und neuen Scheinwerfern (rechts). Quelle: SLG Richtlinie 301: 10-2013 Beleuchtung von Sportanlagen. Teil 1 Grundlagen, allgemein.

Baustellen

- Baustellen sind nur während einer zeitlich begrenzten Dauer in Betrieb. Bei den meisten Baustellen werden während der Nacht keine Bauarbeiten durchgeführt. Die Problematik übermäßiger Lichtimmissionen beschränkt sich deshalb oft auf grössere Baustellen (z. B. Tunnelbaustellen mit 24-h-Schichtbetrieb).
- Bei grossen Baustellen, auf welchen nachts gearbeitet wird, ist das Licht während der Nacht auf das gesetzliche Minimum zu begrenzen, d.h. bestehende Normen zur Arbeitsplatzbeleuchtung im Freien sind einzuhalten, sollen aber nicht übererfüllt werden.
- Auch bei Baustellen, auf welchen nachts nicht gearbeitet wird, ist aus Sicherheitsgründen während der Nacht meist eine gewisse Grundbeleuchtung notwendig (z. B. für Verkehrssicherheit, Schutz gegen Vandalismus etc.). Eine generelle zeitliche Beschränkung der Beleuchtung ist hier deshalb kaum möglich.

Beleuchtung von Gewerbe- und Industriearealen

Als Beispiel für die Beleuchtung von Gewerbe- und Industriearealen wurde in der Arbeitsgruppe das neue Beleuchtungskonzept der SBB für Bahnhöfe anhand des Pilotprojektes Tägerschi vorgestellt. Ausführliche Information zu dieser Beleuchtungsanlage befinden sich in der Beilage des Protokolls der 2. Arbeitsgruppensitzung „Lichtplanung“.

Die SBB möchten mit diesem Konzept zum einen den Energieverbrauch der Beleuchtung reduzieren und die neuen technischen Möglichkeiten durch LED-Leuchten berücksichtigen. Zum anderen möchten sie der zunehmenden Sensibilisierung der Bevölkerung bezüglich Emissionen und Energieverbrauch und den aktuellen Bundesgerichtsentscheiden (z. B. Oberrieden See) Rechnung tragen und die Lichtimmissionen im Bereich der Bahnhöfe reduzieren. Es soll auch von der strikten Anwendung der Norm SN EN-12464-2 abgewichen werden, weil diese in vielen Fällen eine gegenüber heute deutlich stärkere Beleuchtung zur Folge hätte.

Grundsätzlich soll nur beleuchtet werden, was aufgrund der Anforderungen der Nutzer auch beleuchtet werden muss, d. h. grosse Bahnhöfe werden stärker beleuchtet als kleinere und gedeckte Perrons stärker als ungedeckte. Die SBB haben dazu ihre Bahnhöfe in vier Kategorien unterteilt (Tägertschi gehört zur dritten Kategorie). Die „Nachtruhe“ soll in Zukunft berücksichtigt werden, indem ein Bahnhof ab 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr eine Kategorie heruntergestuft und die Beleuchtung entsprechend reduziert wird. Zudem wird ein „Betriebsschluss-Modus“ eingeführt, in dem die Beleuchtung auf eine Orientierungsbeleuchtung reduziert oder komplett ausgeschaltet wird (abhängig von der Station).

Im Rahmen der Umsetzung werden beim Bahnhof Tägertschi sämtliche Leuchten (inkl. Uhren, Stele) auf LED-Technologie umgerüstet und eine DALI-Leuchtensteuerung eingeführt. Es wird auch keine nach oben gerichteten Scheinwerfer mehr geben, und das Konzept des Railbeams (Lichtstete) wird überarbeitet. Mit diesen Massnahmen wird eine massive Reduktion der Lichtemissionen und des Energieverbrauchs erwartet, und eine gewisse gewollte Fernwirkung der Beleuchtung wird trotzdem erreicht.

Aus dem Beispiel lassen sich folgende allgemeinen Massnahmen herleiten:

- Die Anwendung der Norm SN EN 12464-2:2014 darf sich nicht darauf beschränken, optimale Lichtverhältnisse für die Arbeitenden zu schaffen. In der Norm sind explizit auch Richtwerte zur Begrenzung der Auswirkungen auf die Bevölkerung enthalten. Die Beleuchtung ist deshalb so zu justieren und anzupassen, dass diese Richtwerte eingehalten werden können.
- Die Beleuchtungsstärke bei Gewerbe- und Industriearealen ist unter Berücksichtigung der Norm (SN EN 12464-2) und der Personenfrequenz festzulegen. Da meistens die Anzahl Personen von der Tageszeit abhängig ist, kann die Beleuchtungsstärke ebenfalls anhand der Tageszeit bzw. Nachtzeit variiert werden. Nach Betriebsschluss ist auf eine Beleuchtung grösstenteils zu verzichten. Bei Tankstellen sollten z. B. nur noch die Zapfsäulen beleuchtet werden, sobald der Shop geschlossen ist.

Beleuchtung historischer Gebäude/Kirchen und Fassadenbeleuchtungen

In der Arbeitsgruppe wurde die Beleuchtung der Heiliggeistkirche im Bern (siehe Abbildung 7) vorgestellt. Dieses Projekt ist ein gutes Fallbeispiel für die Beleuchtung historischer Gebäude und sollte in der Vollzugshilfe dargestellt werden.

Im Zuge der Neugestaltung des Bahnhofplatzes wurde die Beleuchtung 2007 / 2008 entfernt und ist bis heute nicht ersetzt worden. Mit dem Baugesuch im Jahr 2014 wurde von der Bauherrschaft (Energie Wasser Bern ewb) bereits ein vollständiges Beleuchtungskonzept eingereicht. Die Baubewilligungsbehörde stellte dem Amt für Umweltschutz das Baugesuch zur Beurteilung der Lichtemissionen zu. Das Beleuchtungskonzept war sehr schlüssig und vollständig. Unter anderem wurden das Nachtbild des ganzen Bahnhofplatzes aufgenommen und die vorhandenen Leuchtdichten gemessen. Auf dieser Basis konnte die minimal nötige Beleuchtung der Kirche mit Projektortechnik geplant werden.

Insgesamt sind 13 Metaldampf-Halogen-Projektoren auf umliegenden Gebäuden (inkl. zwei Projektoren auf der Heiliggeistkirche) vorgesehen und, wo nicht möglich, sollen sie auf Masten platziert werden. Massgeschneiderte Lichtmasken werden eingesetzt, um unnötige Lichtemissionen zu minimieren. Die Lampen weisen eine warmweisse Lichtfarbe auf und erzeugen eine Leuchtdichte von 0 bis 4 cd/m² je nach Fassade und Fassadenteilen der Kirche und je nach Umgebungshelligkeit. Die Lichtverschmutzung wird reduziert, die Energieersparnis gegenüber der alten Beleuchtung beträgt 79% und die Kirche wird auch in ästhetischer Hinsicht besser zur Geltung kommen. Gemäss Gemeinderatsbeschluss betreffend Anleuchtungen in der Stadt Bern (1986) gehört die Heiliggeistkirche zu den Objekten, die von Oster-samstag bis am letzten Sonntag im Oktober und vom 1. Adventssonntag bis am 1. Arbeitstag im Januar beleuchtet werden (in diesen Zeiträumen allabendlich bis 00:05). Die Fachstelle Natur und Ökologie von Stadtgrün Bern konnte das Lichtkonzept in Bezug auf allfällige Störungen von Tieren (Fledermäuse, Vögel) ebenfalls überprüfen und hatte keine Beanstandungen.

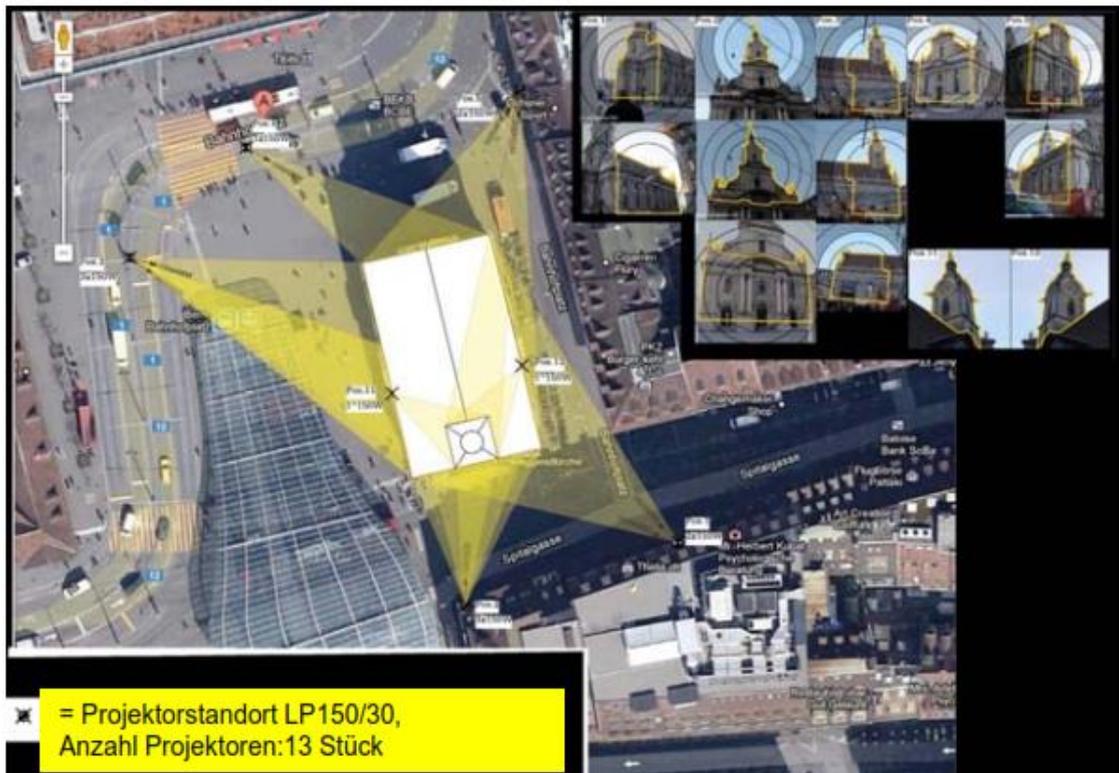


Abbildung 7: Beleuchtung Heiliggeistkirche in Bern

Anhand dieses Projekts sowie drei weiterer Beispiele leitete die Arbeitsgruppe folgende allgemeinen Empfehlungen ab:

- Grosse Städte haben aufgrund des Stellenwerts ihrer historischen Bauwerke und des urbanen Umfelds grundsätzlich ein begründetes Interesse auf Inszenierung mit Licht. Die Beleuchtung muss jedoch nicht zwingend permanent erfolgen, sondern kann allenfalls auch auf einzelne Tage oder Zeitperioden (z. B. Abschaltung ab 0:30 Uhr) beschränkt sein. Die Städte benötigen eine Strategie, welche Gebäude beleuchtet sein dürfen, und zwar nicht nur für öffentliche, sondern auch für private Gebäude.
- Beleuchtungsanlagen, die Aussenbereiche erhellen oder Kulturgüter beleuchten, sind so einzurichten, dass sie ausserhalb ihres Bestimmungsbereichs keine störenden Immissionen verursachen.
- Bei der Beleuchtung historischer Gebäude ist wegen der Konkurrenzbeleuchtung das Beleuchtungsniveau bestehender Quellen in der Umgebung herunterzufahren. Wird mit neuer Projektionstechnologie geplant, müssen Standorte und Höhe der Projektoren sowie Lichtmenge und -verlauf sorgfältig bestimmt werden. Eine steile Anstrahlung von unten ist zu vermeiden.

-
- Für eine gezielte Beleuchtung sollen massgeschneiderte Lichtmasken eingesetzt werden. Dank solchen Schablonen können bestimmte Bereiche einer Fassade selektiv beleuchtet werden.
 - Bei der Wahl der Leuchte soll warmweisses Licht mit kleinem Blauanteil bevorzugt werden.
 - Vögel wie z. B. Mauersegler sowie Turm- oder Wanderfalken ertragen eigentlich überhaupt kein Licht. Es braucht deshalb Beschränkungen des Lichts (entweder ganzjährig oder nur während der Brutzeit). Jedes Wahrzeichen, das als Nistplatz für Vögel infrage kommt, ist separat zu beurteilen.
 - Der Betrieb von Effekt- oder Weihnachtsbeleuchtung ist in zeitlicher Hinsicht (bezogen auf die Uhrzeit sowie die Jahreszeit) zu beschränken.
 - Dauerhafte Installation und der regelmässige Betrieb von Anlagen, die im Freien Licht- oder Lasereffekte erzeugen, oder ähnliche künstliche, himmelwärts gerichtete Lichtquellen sind zu verbieten. Vorübergehender Betrieb von Anlagen, die im Freien Licht- oder Lasereffekte erzeugen, dürfen keine für Tiere und Pflanzen schädlichen Immissionen verursachen und sind durch die zuständige Gemeindebehörde zu bewilligen.
 - Bei alten Stadtkernen ist es manchmal unumgänglich, von dem in der bisherigen Vollzugshilfe dargestellten Prinzip der Beleuchtung von oben nach unten abzuweichen und die Fassaden der Objekte von unten her zu beleuchten. Um eine angenehme Atmosphäre zu erzeugen, ist die Stärke der Beleuchtung weniger relevant als die Art und Weise der Beleuchtung. Die Bevölkerung hat auch oft einen emotionalen Bezug zu Objekten wie historischen Strassenlaternen und akzeptiert Beleuchtungen, obwohl diese teilweise stark blenden und ineffizient sind.

Beleuchtung im Naturraum

Naturräume sollen grundsätzlich nicht beleuchtet werden. Eine Beleuchtung in solchen Gebieten ist als Ausnahme zu betrachten und einer Bewilligungspflicht zu unterstellen. Es ist deshalb zu kontrollieren, ob die Anforderungen der Bewilligung eingehalten werden. Solche Beleuchtungsprojekte sind zudem durch eine Begleitgruppe bestehend aus Bauherrschaft, Fachstellen und Umweltorganisationen zu begleiten. Zu unterscheiden ist zudem, ob nur eine reine Umsetzungskontrolle oder, je nach Formulierung der Massnahme bez. Auflage, allenfalls auch eine Wirkungskontrolle durchgeführt werden muss. Es ist sinnvoll, die zuständigen Fachstellen frühzeitig miteinzubeziehen (z. B. bei der Festlegung, welche sensiblen Naturräume bei der Planung der Beleuchtung zu berücksichtigen sind).

- Sportinfrastrukturen im Naturraum (z. B. Beleuchtung von Skipisten):

Im Rahmen der Arbeitsgruppe wurde das Detailprojekt Lichtimmissionen vorgestellt, das im Rahmen des Projekts Skiinfrastrukturanlagen Urserental/Oberalp entstand (siehe Abbildung 8).

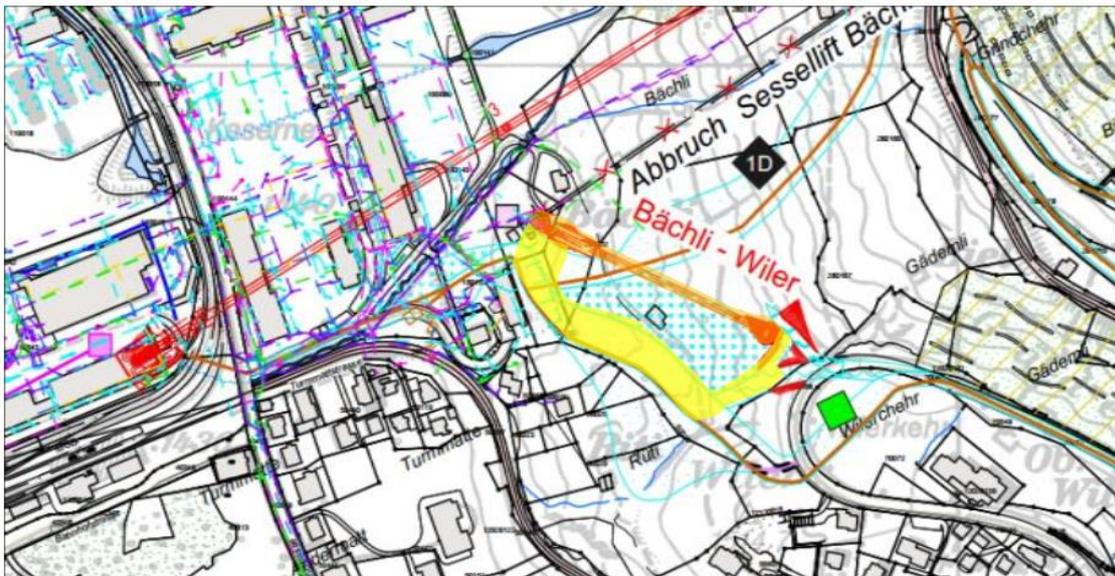


Abbildung 8: Voraussichtliche Streckenführung der Skipiste Bächli – Wiler mit nächtlichem Betrieb. Der voraussichtlich beleuchtete Pistenabschnitt ist gelb und die voraussichtlich beleuchtete Liftanlage orange eingefärbt. Quelle: Detailprojekt Nr. 39 Lichtschutz, Bericht 39.1, Andermatt-Sedrun Sport AG, 31.10.2014.

Es handelt sich hier um ein positives Beispiel einer Lichtplanung. Einige Elemente daraus können auch für andere Projekte im Naturraum übernommen werden:

- Verwendung v. a. von LED-Leuchtmitteln, die nicht im UV-Spektrum strahlen und dimmbar sind
- Keine Beleuchtung bei Nebel
- Beschränkung der Beleuchtung auf das absolut Notwendige (z. B. keine Beleuchtung von Reklametafeln)
- Beleuchtung nur des gewünschten Objekts
- Berücksichtigung der Nachtruhe durch Abschaltung von Leuchten oder bedarfsgerechte Steuerung
- Keine Strahlung von Licht über die Horizontale, sondern stets von oben nach unten auf das Objekt

- Keine Lichtimmissionen in BLN- oder anderen Naturschutzgebieten durch Beleuchtung von aussenliegenden Anlagen (ausser sicherheitstechnisch notwendig)
- Die Raumbeleuchtung von Bergbahnstationen sowie von Gastronomiebetrieben soll nach innen gerichtet sein
- Beleuchtung von Naturobjekten:

Die Beleuchtung von Naturobjekten (z. B. Baumbeleuchtung, Gewässer) ist aus ökologischen Gründen zu vermeiden. Wenn eine solche Beleuchtung trotzdem aus gestalterischem Grund angestrebt wird, soll dies immer von oben nach unten geschehen. Bäume sind erst ab den untersten Ästen zu beleuchten.

Des Weiteren spielt auch die zeitliche Beschränkung eine wichtige Rolle. Naturobjekte sollten nicht die ganze Nacht und nach Möglichkeit auch nur an einzelnen Tagen im Jahr beleuchtet werden. Eine solche Inszenierung an nur wenigen Tagen macht sie ausserdem zu etwas Einzigartigem.

Die Rheinfallbeleuchtung zeigt eine insgesamt positive Lösung. Die Wegleuchten um das Rheinbecken unter dem Fall sind vorbildlich abgeschirmt und tief liegend angebracht. Damit entsteht keine Blendung. Der Rheinfall ist mit gut abgeschirmten Scheinwerfern beleuchtet. Auf den Scheinwerfern wurden aufwändige Blenden installiert, so dass der Wasserfall nur punktuell beleuchtet ist.



Abbildung 9: Beleuchtung des Rheinfalls. Quelle: www.darksky.ch.

- Dunkle Korridore: Anhand von Beobachtungen oder der Ausrüstung ausgewählter Tierarten mit Sendern lassen sich wichtige ökologische „Strassen“ identifizieren. Nächtliche Luftbilder können auf Unterbrechungen solcher Strassen hinweisen. In Schaffhausen wurde eine Fledermausstrasse durch die Lichtemissionen eines Neubaus unterbrochen. Darauf wurde als Massnahme verfügt, dass ab 23 Uhr der Aussenraum nicht mehr beleuchtet werden darf und dass Rollläden geschlossen sein müssen, um einen dunklen Korridor für die Fledermäuse zu ermöglichen.

Die Empfehlungen der Vollzugshilfe für Beleuchtungsanlagen sind soweit wie möglich nach räumlichen Kategorien zu differenzieren, welche die spezifische Lichtumgebung berücksichtigen. Denn in einer eher dunklen Umgebung ist eine Reduktion der Intensität einer Beleuchtungsanlage möglich, ohne dem Zweck der Anlage zu schaden. Die räumlichen Kategorien sollten den für die Immissionsrichtwerte definierten Umweltzonen entsprechen. Die Sichtbarkeit eines beleuchteten Objektes hängt insbesondere von der Umgebungshelligkeit ab.

4.2.5 Regulatorische Empfehlungen

Die Arbeitsgruppe betont, dass die wichtigsten Massnahmen zu Verminderung der Lichtemissionen im regulatorischen Umfeld angesiedelt sind. Auch die Rückmeldungen der Behörden tagung weisen darauf hin, dass Licht noch zu wenig in rechtlichen Grundlagen behandelt wird oder zumindest noch nicht genug konkret. Denn die oben genannten, eher technischen Massnahmen werden erst dann systematisch umgesetzt, wenn sie in rechtlichen Grundlagen verankert sind. Die Arbeitsgruppe hat folgende regulatorischen Empfehlungen erarbeitet:

Vorschriften für Beleuchtungsanlagen in den massgebenden Gesetzgebungen

Beleuchtungsanlagen unterstehen unterschiedlichen Gesetzgebungen (Umwelt-, Bau-, Arbeitsrecht, etc.). Die Vorschriften der Vollzugshilfe sind nach Bau und Betrieb solcher Anlagen zu differenzieren.

Einführung einer visuellen Ruhezeit

Ähnlich wie die akustische Nachtruhe ist in der Vollzugshilfe für Licht eine visuelle Ruhezeit vorzuschlagen. Das heisst, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt das nicht-funktionale Licht auszuschalten ist. Je nach Beleuchtungsanlage könnte die Abschaltzeit differenziert werden. Diese visuelle Ruhezeit sollte im kommunalen Polizeireglement festgelegt werden, um ihre Einhaltung einfordern zu können.

Einbindung im kantonalen Baurecht

In der aktuellen Vollzugshilfe wird schon darauf hingewiesen, dass das Thema Licht stärker ins Baubewilligungsverfahren eingebunden werden sollte. Die Beurteilung von Beleuchtungsanlagen darf aber nicht mit dem Erteilen der Baubewilligung abgeschlossen sein, sondern es sind auch entsprechende Nachkontrollen notwendig. Dazu sind in der Bewilligung Vorgaben über weitere Kontrollmessungen zu machen.

Die Bewilligungsbehörden müssen für die Thematik der Lichtemissionen sensibilisiert und die Empfehlungen der SIA Norm 491 müssen implementiert werden. Am besten sind Vorschriften bez. der zulässigen Lichtemissionen in den kantonalen und kommunalen Baugesetzgebungen festzuhalten. Die Vollzugshilfe sollte eine solche Einbindung ins Baurecht empfehlen. Weiter soll sie empfehlen, kantonale 5-Punkte-Checklisten für das Vorgehen im Rahmen von Baubewilligungsverfahren zu erarbeiten, ähnlich wie die Checklisten der Zentralschweizer Kantone oder der Kantone Bern, Solothurn und Zürich¹⁶⁾.

Nach Möglichkeit sind Textbausteine zu verfassen, die Kanton und Gemeinden einfach übernehmen können.

Berücksichtigung in der UVP

Das UVP-Handbuch des BAFU behandelt das Thema Licht im Kapitel „Landschaft und Ortsbild“. Die Themenlisten der einzelnen Umweltbereiche enthalten jedoch keine weiteren Hinweise für die Bearbeitung des Themas Licht. Dieses ist daher im UVP-Handbuch ausführlicher zu beschreiben.

Regulierung von Leuchtreklamen

Leuchtreklamen finden immer mehr Anwendung. Es macht Sinn, ihre Emissionen rechtlich zu regeln, da sie ein starkes Belästigungspotenzial aufweisen. Insbesondere sollen Skybeamer aus verschiedenen Gründen (Sicherheit, negative Auswirkungen auf die Tierwelt und das Landschaftsbild, Energieverbrauch) verboten werden. Wenn eine Gemeinde die Emissionen von Leuchtwerbung begrenzen will, geschieht dies am einfachsten über das Bewilligungsverfahren (z. B. Reklamereglement).

Einbindung in kommunale Bau- und Nutzungsordnungen (BNO/BZO)

Die BNO oder BZO sind wichtige Instrumente für die baubewilligende Behörde. In kommunalen BNO und BZO sollten konkrete, verbindliche Auflagen bez. Licht, abgestuft nach Umwelt-

16) Diese finden sich auf der Website des BAFU unter www.bafu.admin.ch/licht > Massnahmen (Stand: 18. April 2016).

zone, formuliert werden (z. B. Berücksichtigung der SIA Norm 491, Regeln (Betrieb, Gestaltung), Verpflichtungen oder Verbote).

4.2.6 Empfehlungen für weitere Untersuchungen

Folgender weiterer Untersuchungsbedarf wurde identifiziert:

- Es ist zu klären, wie mit dem Thema „Sanierungen im Bestand“ umzugehen ist. Es stellt sich die Frage, ob die Sanierung bestehender Beleuchtungsanlagen vorgeschrieben werden soll oder ob besser entsprechende Anreize gesetzt werden.
- Grundsätzlich setzen die aktuellen Bundesgerichtsentscheide für die Vermeidung von Lichtemissionen Leitplanken (z. B. zeitliche Einschränkungen der Beleuchtung). Diese Entscheide werden aber nicht immer beachtet, weil sie häufig nur einem Fachpublikum bekannt sind. Es ist deshalb wichtig, diese Entscheide zu kommunizieren und zu verbreiten (z. B. über die Kommunalverbände).
- In der aktuellen Vollzugshilfe steht, dass für Beleuchtungseinrichtungen von Grossbauten und -anlagen ein Baubewilligungsverfahren durchzuführen ist. Diese Empfehlung sollte mithilfe einer Bagatellschwelle ergänzt werden.
- Die Arbeitsgruppe wies darauf hin, dass kleineren Gemeinden oft kein ausreichendes Budget für die neusten Technologien (z. B. LED, Bewegungsmelder) zur Verfügung steht. Die Möglichkeiten einer Förderung durch Subventionen sind zu untersuchen.

4.3 Sicherheit öffentlicher Räume

4.3.1 Ausgangslage

In der Dunkelheit fühlen sich Menschen in öffentlichen Räumen häufig verunsichert: Kontraste sind nicht mehr gut auszumachen, Wegführung, Hindernisse oder andere Personen nicht mehr klar zu erkennen. In der Folge meiden Menschen häufig die Dunkelheit und dunkle Räume. Entsprechend wird Licht bzw. Beleuchtung schnell auch mit mehr Sicherheit gleichgesetzt. Dabei ist klar zwischen zwei Formen von Sicherheit zu unterscheiden:

Objektiv nachweisbare Sicherheit

Die Meinungen dazu, ob Beleuchtung dazu beiträgt, die Anzahl an Delikten zu verringern, sind unterschiedlich. Fakt ist: Bislang gibt es keine Studien, die klar nachweisen können, dass Beleuchtung und damit Helligkeit allein die Anzahl Delikte wie beispielsweise Entreiss-Diebstahl, Einbrüche oder Körperverletzungen verringert. Was Einbruch-Delikte betrifft, so ist hier bezüglich der Dämmerungsphase und der Nacht zu differenzieren: Die Phase der Däm-

merung führt alljährlich in der Herbst- und Winterzeit zu einem deutlichen Anstieg von Einbruchsdelikten (Dämmerungseinbrüche). Zu dieser Zeit ist es schon soweit eingedunkelt, dass ein potenzieller Täter schlechter erkannt wird. Die Zielobjekte wie Häuser oder Wohnungen sind allerdings dann oftmals leer, da die Bewohner noch arbeiten. Der Täter kann aufgrund der Innenbeleuchtung von aussen leicht erkennen, ob ein Gebäude leer ist oder nicht. Gleichzeitig fallen Personen, die draussen im Freien unterwegs sind, in der Dämmerung nicht auf, da dies für diese Tageszeit nicht ungewöhnlich ist. Für Täter entstehen in dieser Phase der Dunkelheit somit gute Tatgelegenheiten. Anders ist dies in der Zeit der wirklichen Nacht. Wenn die Bewohner zu Hause sind – auch wenn diese schlafen – erhöht sich das Risiko für einen Täter entdeckt zu werden. Auch fallen Personen, die mitten in der Nacht unterwegs sind, eher auf. Entsprechend kommt es in dieser Zeit nicht vermehrt zu Einbrüchen.

Subjektives Sicherheitsempfinden

Licht kann dazu führen, dass gewisse Bevölkerungsgruppen öffentliche Räume als sicherer wahrnehmen und diese eher nutzen. Eine solche Wirkung ist nachgewiesen. Von zentraler Bedeutung ist dabei aber das Vorhandensein sozialer Kontrolle. Beleuchtung allein steigert nachweislich das Sicherheitsempfinden noch nicht. Erst wenn Raumnutzende auch das Gefühl haben, gesehen werden zu können und damit theoretisch Hilfe in Sichtweite ist, erhöht dies das subjektive Sicherheitsempfinden.

Innerhalb der Bevölkerung gibt es sehr grosse Unterschiede, wie Sicherheit wahrgenommen wird. Das Alter und Geschlecht spielen hier eine grosse Rolle. Während Jugendliche teilweise durchaus das Bedürfnis haben, sich an dunklen Orten zu treffen, meiden ältere Menschen eher die Dunkelheit. Frauen fühlen sich bei Dunkelheit generell unsicherer als Männer. Körperlich eingeschränkte Personen haben ebenfalls andere Erwartungen an die Beleuchtung, um ihre Mobilität sicherzustellen.

Die Arbeitsgruppe hat sich mit der Frage befasst, wie viel und welches Licht es braucht, um in öffentlichen Räumen für mehr Sicherheit zu sorgen.

4.3.2 Zielkonflikte

Das Ziel, in öffentlichen Räumen mittels Beleuchtung mehr Sicherheit zu erzeugen, kann leicht in Konflikt mit anderen Zielen geraten, vor allem ökonomischen und ökologischen. Dazu folgende Beispiele:

- *Ökonomie:* Mit einer nächtlichen Abschaltung der Strassenbeleuchtung lassen sich die Stromkosten reduzieren. Dunkle Strassen können jedoch dazu führen, dass vor allem nächtliche Fussgänger oder Velofahrer sich unsicherer fühlen.

- *Ökologie:* Mit mehr Beleuchtung liesse sich das Sicherheitsgefühl in einem öffentlichen Park steigern. Die Lichtemissionen hätten jedoch unerwünschte Auswirkungen auf die dort lebenden Tierarten.
- *Lichtfarbe:* Wie schon beschrieben empfindet die Bevölkerung warm-weisses Licht als angenehmer. Und nachweislich fühlt sich der Mensch dort sicherer, wo er sich wohl fühlt. Auf der anderen Seite erleichtert neutralweisses Licht die Wahrnehmung schon bei geringerer Helligkeit¹⁷⁾, weil es einen grösseren Blauanteil enthält. Dies gilt insbesondere auch für Menschen mit Sehbehinderungen und für ältere Menschen, denn mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Gelbtrübung der Linsen, die kurzwellige Lichtanteile stärker streut und so den Blauanteil des Lichts herausfiltert. Bei sicherheitsrelevanten Orten wie beispielsweise Treppen oder Haltestellen des öV wäre daher neutralweisses Licht vorzuziehen. Aus diesen Überlegungen entsteht ein Spannungsfeld betreffend der Verwendung verschiedener Lichtfarben.

Ein weiterer Zielkonflikt besteht darin, dass Beleuchtung gewisse Delikte gerade erst ermöglicht. So kann ein Täter beispielsweise bei ausreichender Beleuchtung ohne gross aufzufallen erkennen, ob es sich lohnt, in ein Fahrzeug einzubrechen. Oder ein Täter kann erst mit ausreichender Beleuchtung erkennen, ob eine Person ein Opfer sein könnte, beispielsweise aufgrund der Hochwertigkeit der Kleidung oder aufgrund des Alters und des Geschlechts.

Infolge dieser genannten Zielkonflikte gilt es bei der Planung der Beleuchtung öffentlicher Räume, zwischen den drei Zielgrössen Sicherheit, Ökologie und Ökonomie abzuwägen. Die Arbeitsgruppe setzte sich das Ziel, Vorschläge für eine Beleuchtung öffentlicher Räume zu erarbeiten, die zu möglichst wenigen Lichtemissionen führt, möglichst geringe Kosten verursacht und trotzdem das Sicherheitsbedürfnis berücksichtigt.

4.3.3 Stossrichtungen

Die Arbeitsgruppe identifizierte verschiedene Stossrichtungen, die künftig vertieft werden sollten, um die Verantwortlichen in Städten und Gemeinden dabei zu unterstützen, gut beleuchtete öffentliche Räume zu schaffen, die als sicher wahrgenommen werden und dabei gleichzeitig den ökologischen wie den ökonomischen Zielen gerecht werden. Folgende Themen wurden identifiziert und im Rahmen der zweiten Arbeitsgruppensitzung andiskutiert:

17) Beim Dämmerungssehen (mesopisches Sehen) und Nachtsehen (skotopisches Sehen) ist die Empfindlichkeit des Auges im Vergleich mit dem Tagessehen (photopisches Sehen) in Richtung blau verschoben: Beim Tagessehen ist das Auge im gelbgrünen Bereich (bei einer Wellenlänge von 555 nm) am empfindlichsten, im Dämmerungs- und Nachtsehen hingegen im blau-grünen Bereich (509 bzw. 507 nm) (Thews 1991, CIE 191:2010).

Sicherheitsbedarf je Raumart

In der Vollzugshilfe sollte definiert werden, welche Art von Beleuchtung in welchen Räumen erforderlich ist. Diese Differenzierung nach Räumen sollte die städtischen Situationen, die Nutzungsansprüche sowie die spezifischen Risiken in diesen Räumen berücksichtigen. Zudem sollte die Grundhelligkeit von Strassenbeleuchtungen mitbetrachtet werden, um zu grosse und abrupte Lichtkontraste zu vermeiden.¹⁸⁾

Sensibilisierung der Bevölkerung bez. neuer Massnahmen

Um neue Reduktionsmassnahmen erfolgreich einführen zu können, ist die Bevölkerung für das Thema „Licht & Sicherheit“ zu sensibilisieren. Die Bevölkerung könnte schon in der Planungsphase eingebunden werden. Die Organisation von „Lichtspaziergängen“, bei denen die Bevölkerung Orte zeigt, die sie als zu dunkel und damit als unsicher empfindet, wäre eine mögliche Sensibilisierungsmassnahme. In der Vollzugshilfe sollten Empfehlungen zu Sensibilisierungsarbeiten gemacht werden. Gute Praxisbeispiele könnten ebenfalls sehr hilfreich sein. Konkret wurden folgende Ansätze genannt:

- In Liechtenstein beispielsweise erfolgte die Umstellung der öffentlichen Beleuchtung (Nachtabstaltung, Nachtabenkung) im Sommer. Die Gemeinden arbeiteten dabei mit Testphasen (im Sommer), in denen nachts das Licht versuchsweise abgeschaltet wurde. Diese Versuche wurden mit Informationsveranstaltungen begleitet, und im Anschluss daran wurde eine Befragung der Bevölkerung durchgeführt. Befragungen sind wichtig, da bei öffentlichen Veranstaltungen Ängste im Zusammenhang mit der Abschaltung (z. B. bezüglich Sicherheit) in der Regel nicht geäussert werden. In der Stadt St. Gallen waren Fragen zur Beleuchtung (bzw. zu Angstorten und zum Unsicherheitsempfinden während der Dunkelheit) Teil einer Bevölkerungsbefragung zum Thema Sicherheit in der Stadt. Die Gemeinde von Corgémont (JU) schaltet seit November 2014 die öffentliche Beleuchtung zwischen 0:30 und 5:30 Uhr ab. Der Abschaltung ging eine „Fête de la nuit“ als Sensibilisierungsveranstaltung voraus.¹⁹⁾
- Erfolgsversprechend wäre allenfalls die Kombination einer Abschaltung mit einer Energiesparkampagne bei privaten Haushalten.
- Allgemein ist die Bereitschaft, eine Massnahme anzunehmen, grösser, wenn ohnehin eine Veränderung ansteht.

18) Diese Stossrichtung vertiefte die Arbeitsgruppe im Rahmen ihrer zweiten Sitzung. Die zu verschiedenen öffentlichen Räumen erarbeiteten Empfehlungen finden sich in Kapitel 4.3.5 und als Factsheets im Anhang A4.

19) Die „Fêtes de la nuit“ sind Aktionen zur „Wiederaneignung“ der Nacht in Dörfern und Städten. Die Organisation LAMPER (Agence suisse pour la protection de l'environnement nocturne) unterstützt Gemeinwesen bei der Organisation solcher Veranstaltungen.

-
- Licht ist ein komplexes Thema und schwierig zu kommunizieren. Um das komplexe Thema begreifbar zu machen, hilft es, konkrete Projekte aufzuzeigen, Beispiele zu zeigen und anhand dieser die Thematik zu erläutern. Zudem ist eine kommunikative Einbettung für einen Erfolg einer Massnahme zentral (z. B. in eine Website mit Filmen etc.). Denkbar wäre aber auch eine Ausstellung, wie es eine solche im „Jahr des Lichts“ (2015) gab. Wichtig ist es, dass beim Thema Licht auch Emotionen geweckt werden.
 - Bei Abschaltungen oder Reduktionen muss die politische Unterstützung vorhanden sein. In diesem Zusammenhang sind auch Referate von Fachleuten bei politischen Parteien hilfreich. Vor allem sind die Verantwortlichen darüber aufzuklären, dass Beleuchtung nicht automatisch Sicherheit bedeutet und umgekehrt ein Reduzieren oder eine Abschaltung der Beleuchtung nicht unbedingt Unsicherheiten zur Folge haben muss.
 - Das Thema ist proaktiv in die Bevölkerung zu bringen, z. B. über die Quartiervereine.
 - Auch die Bedürfnisse älterer Menschen sind in angemessener Form in den Planungen zu berücksichtigen (Age Stiftung, 2006). Dabei muss man sich bewusst sein, dass ältere Menschen häufig den Grund für Einschränkungen beim Sehen bei sich selber suchen („Ich sehe halt nicht mehr so gut...“) statt bei den realen Gegebenheiten.
 - Ältere Menschen benötigen für die gleiche Sehleistung mehr Licht als jüngere. Gleichzeitig sind ihre Augen empfindlicher für Blendungen. Im Innenraum ist daher eine indirekte Beleuchtung (weniger Blendung) von Vorteil. Im Aussenraum können farbliche Kontraste von Oberflächen (z. B. bei Absätzen, Strassenübergängen etc.) zu einer besseren Orientierungsmöglichkeit für ältere Menschen beitragen.
 - Ältere Menschen sehen Lichtquellen häufig aus einer anderen Perspektive als jüngere (Rollstuhl, gebeugte Haltung). Entsprechend können sie auch solches Licht als störend empfinden, das jüngeren Menschen nichts ausmacht (z. B. Blendung infolge Blick von unten in eine Lichtquelle).
 - Für ältere Menschen hat Licht häufig auch eine Orientierungs- und Leitfunktion. Vor diesem Hintergrund wäre es z. B. wünschenswert, wenn unterschiedliche Raumtypen jeweils unterschiedlich beleuchtet würden.

Beleuchtungskonzept für öffentliche Räume

In der Schweiz fehlt derzeit ein allgemeines Beleuchtungskonzept für öffentliche Räume. Auch kommunale Beleuchtungskonzepte befassen sich zumeist nicht konkret mit Sicherheitsfragen und Lichtemissionen, sondern vorwiegend mit gestalterischen Themen. Bei der Erarbeitung solcher Konzepte wäre eine Unterstützung der Gemeinden durch den Bund und die

Kantone hilfreich. Beleuchtungskonzepte sollten die Sicherheitsbedürfnisse der unterschiedlichen Zielgruppen (z. B. Jugend, Senioren, Frauen/Männer,...) berücksichtigen. Eine Checkliste zuhanden der Gemeinden für die Erhebung der Sicherheitsbedürfnisse der Bevölkerung wäre sehr hilfreich. Weiter könnte der Bund kommunale Pilot-Projekte zur Reduktion von Lichtemissionen fördern. Im Rahmen solcher Projekte sind die Sicherheitsbedürfnisse der Bevölkerung unbedingt zu berücksichtigen.

Bei vielen Verantwortlichen, vor allem in den Gemeinden, fehlt noch das Bewusstsein, dass es eines Beleuchtungskonzepts bedarf. Es wird auch nicht möglich sein, ein allgemeingültiges Beleuchtungskonzept zu erstellen. Die Vollzugshilfe sollte deshalb ein geeignetes Vorgehen anhand einer Checkliste aufzeigen.

Fachveranstaltungen, die vor allem gelungene Beispiele aus der Praxis zeigen, könnten ein guter Weg sein, über das Thema zu informieren und dafür zu sensibilisieren. Der Umweltbereich Licht eignet sich zudem gut dazu, die Auswirkungen von geplanten Beleuchtungskonzepten zu visualisieren (z. B. reduzierte Lichtemissionen infolge von optimierter Strassenbeleuchtung). Mit einem Label „Attraktivität bei Nacht“ wäre es sogar möglich, das Thema Beleuchtung zu bewerben. Die Sekundäreffekte von Reduktionsmassnahmen wie z. B. verminderter Energieverbrauch oder weniger CO₂-Emissionen sollten ebenfalls aufgezeigt werden.

Für das Vorgehen und die Finanzierung solcher Beleuchtungskonzepte sind folgende Möglichkeiten denkbar:

- Finanzierung über Programm Energiestadt: Dabei ist aber nicht nur auf die Energieeffizienz zu achten, sondern auch auf die Qualität der Beleuchtung.
- Ggf. wäre ein gemeinsames Pilotprojekt von Bund und Kantonen im Rahmen eines Agglomerationsprogrammes denkbar. Dabei könnte ein Beleuchtungskonzept für eine Gemeinde entwickelt werden, das neben ökonomischen, ökologischen und gestalterischen Aspekten auch Fragen der Sicherheit berücksichtigt.
- Finanzierung zusammen mit EnergieSchweiz: Mit dem Programm EnergieSchweiz unterstützt das BFE Informations-, Beratungs- sowie Aus- und Weiterbildungsmassnahmen für Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Prüfwert scheinen eine Zusammenarbeit mit den Beleuchtungsprojekten (Schwerpunkt Elektrogeräte) oder Energiestadt (Schwerpunkt Städte).
- ProKilowatt: Mit diesem Programm werden Stromeffizienzmassnahmen unterstützt, die ohne Förderung nicht realisiert würden. Es ist grundsätzlich denkbar, dass eine Gemeinde ein Projekt eingibt für eine effiziente öffentliche Beleuchtung, die neben den Kriterien von ProKilowatt gleichzeitig auch die Vollzugshilfe vorbildlich umsetzt.

Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure

Beleuchtungskonzepte für öffentliche Räume sollten gemeinsam von Fachleuten aus folgenden Bereichen erarbeitet werden: Verwaltung, Sicherheit, Kriminalprävention, Technik, Gestaltung und Ökologie. Bei der Verwaltung ist es wichtig, dass Vertreter von Behörden mit unterschiedlichen Zuständigkeitsbereichen von Anfang an einbezogen werden, um das Thema Licht aus der „ökologischen Ecke“ herauszuholen. Für Planer sollte auf kommunaler Ebene ein Ansprechpartner zum Thema „Licht & Sicherheit“ zur Verfügung stehen. Die Idee einer multidisziplinären Zusammenarbeit sollte weiter entwickelt werden, um Empfehlungen für die Vollzugshilfe erarbeiten zu können.

Folgende weitere Hinweise wurden noch gemacht:

- Die Sicherheitsverantwortlichen der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) könnten ein "Einfallstor" sein, um das Thema Beleuchtung/Sicherheit in den Gemeinden zu thematisieren.
- In den Städten St. Gallen und Luzern ist die Stadtplanung bzw. ist der Stadtarchitekt für das Beleuchtungskonzept zuständig. Polizei, Denkmalpflege, Stadtwerke sowie teilweise das Amt für Umwelt und Quartiervereine waren ebenfalls unterstützend an den Ausarbeitungen beteiligt. Diese Zusammenarbeit hat sich bewährt.
- In kleineren Gemeinden könnte das Thema über die Agglomerationsprogramme aufgegriffen und thematisiert werden.
- Gerade kleinere Gemeinden werden nicht in der Lage sein, eigenes Know-how im Beleuchtungsbereich aufzubauen, vor allem auch nicht in der Kombination mit Wissen zur Sicherheit im öffentlichen Raum. Hier wäre externes Fachwissen beizuziehen.

Forschungsbedarf

Nach Einschätzung der Arbeitsgruppe besteht ein gewisser Forschungsbedarf zu folgenden Fragestellungen:

- Die negativen Auswirkungen von Licht auf Mensch und Umwelt sind immer noch nicht sehr umfassend erforscht. Um bei der Allgemeinheit ein besseres Verständnis der Problematik zu schaffen, könnte ein entsprechendes Argumentarium entwickelt werden.
- Welche Probleme erzeugen breit abstrahlende Leuchtkörper (vor allem für ältere Menschen)? Durch den flachen Abstrahlwinkel können Blendungen verursacht werden.
- Führen Abschaltungen zu mehr Kriminalität? Eine aktuelle Studie aus Grossbritannien aus dem Jahr 2015, die sich unter anderem mit dem Zusammenspiel von Beleuchtung und

sozialer Kontrolle befasst, verneint diese Aussage. Es wäre zu prüfen, inwieweit die Ergebnisse auch für die Schweiz Gültigkeit haben.

- Wie unterschiedlich sind die Sicherheitsbedürfnisse je nach Tageszeit (Abend, Nacht, Morgen)?
- Wie wird die räumliche Wahrnehmung durch das stetig wachsende Kunstlicht-Niveau im Innenraum auch aussen geprägt?
- Wieviel Licht ist für die Sicherheit bzw. ein ausreichendes Sicherheitsgefühl erforderlich?

4.3.4 Allgemeine Empfehlungen

Ausgehend von den Diskussionen der beiden Arbeitsgruppensitzungen erfolgten nachfolgend genannte allgemeingültige Empfehlungen, die nach Einschätzung der Arbeitsgruppenmitglieder in der Vollzugshilfe zu berücksichtigen sind:

Planung

Die nachfolgenden Empfehlungen beziehen sich auf die Planungsphase für die Beleuchtung öffentlicher Räume. Sie thematisieren grundsätzliche planerische, organisatorische und gestalterische Fragestellungen, die im Idealfall geklärt sind, bevor eine Auseinandersetzung mit der Umsetzung der Beleuchtungsmassnahmen beginnt.

- Gemeinden sollten sich zunächst grundsätzlich Gedanken über den Umgang mit künstlichem Licht im öffentlichen Raum machen und diese in einem Lichtkonzept festhalten. Dabei gilt es, sich parallel dazu zu überlegen, welches Sicherheitsniveau in welchen öffentlichen Räumen gelten soll. Die Bevölkerung hat nämlich ein sehr unterschiedliches Sicherheitsempfinden. Es soll also berücksichtigt werden, welches die primären Nutzungsgruppen eines Raumes sind und ob verschiedene Nutzungsgruppen ggf. besondere Sicherheitsbedürfnisse haben (alte Menschen, Menschen mit Handicap etc.).
- Bei der Planung der Beleuchtung öffentlicher Räume sind verschiedene Fachpersonen einzubeziehen; vorzugsweise aus folgenden Bereichen: Verwaltung, Sicherheit, Kriminalprävention, Technik, Gestaltung, Ökologie. Des Weiteren soll die Bevölkerung in die Planungsphase einbezogen werden, um Akzeptanz für eine veränderte Beleuchtung zu erzielen. Vor allem dann, wenn Lichtabschaltungen geplant sind. Dabei könnten Quartiere nämlich zum Dorf werden.
- Empfehlungen zur Verbesserung des Sicherheitsempfindens:
 - Beleuchtung hat nicht nur den Selbstzweck, dass es heller wird, sie soll vor allem auch soziale Kontrolle ermöglichen. Diese ist entscheidend für das Sicherheitsempfinden

- und ist dementsprechend in die Planungen einzubeziehen. Ist keine soziale Kontrolle möglich, so hat Beleuchtung auch keine nachweisbare Auswirkung auf die Sicherheit eines Raumes.
- Die „Historie“ eines Raumes und seine symbolische Funktion sind zu berücksichtigen. Die Beleuchtung einer Altstadt mit kalt-weissem Licht kann beispielsweise die Stimmung/Wirkung zerstören.
 - Licht ist wichtig für die Orientierung in einem Raum. Kann sich eine Person gut orientieren, hat dies einen positiven Einfluss auf ihr Sicherheitsempfinden. Entsprechend ist begleitend zur Beleuchtung auch die Wegführung zu planen.
 - Weitere in der Planung zu beziehende Aspekte:
 - Licht kann gewisse Delikte auch erst ermöglichen, so z. B. Einbrüche in Autos, bei denen der Täter erkennt, ob sich lohnenswerte Beute im Auto befindet. Es ist zu überlegen, ob solche tatbegünstigende Situationen entstehen könnten.
 - Es ist zu prüfen, inwiefern es für den jeweiligen Raum gültige Beleuchtungsnormen gibt. Ist dies der Fall, sind diese zu befolgen.
 - Erfüllt ein Raum seine Funktion nicht mehr, z. B. eine Haltestelle wird nicht mehr bedient, ist zu prüfen, ob auf eine Beleuchtung nicht völlig verzichtet werden kann.
 - Innerhalb eines Raumes kann es Teilräume geben, die verschiedene Funktionen haben, z. B. Haupt- und Seitenwege in einem Park. Diese können unterschiedlich stark beleuchtet werden.

Ausführung/Umsetzung

Bei den nachfolgenden Empfehlungen steht die Umsetzung von Beleuchtungsmassnahmen im Zentrum. Diese sind vor allem für Lichtplaner von Relevanz, teilweise beziehen sie sich auf technische Aspekte.

- Bei zu wenig Licht werden nur noch Kontraste gesehen und die Aufgaben der Polizei erschwert. Eine Grundbeleuchtung soll für Gefahrenstellen sichergestellt werden. Dabei sollte ein Gesicht im Abstand von 4m zu erkennen sein. Des Weiteren verbessert eine Beleuchtung mit Natriumdampf-Hochdrucklampen zwar die Wahrnehmung der Konturen, sie macht das Erkennen von Farben aber beinahe unmöglich; eine Farbwiedergabe ist jedoch im Kontext von Zeugenaussagen wichtig. Bei einem Austausch der Lampen sind daher Technologien zu verwenden, die eine gute Farbwiedergabe ermöglichen.

- Es besteht die Möglichkeit, punktuell eine andere Beleuchtung zu wählen als für den Rest eines Raumes. Zum Beispiel kann neutral-weisses Licht gezielt für Sehbehinderte oder ältere Menschen bei besonders sicherheitsrelevanten Orten eingesetzt werden.
- Abrupte Lichtkontraste zwischen hellen und dunklen Räumen sind zu vermeiden (negative Auswirkungen auf die Reaktionszeit der Augen). Solche Kontraste führen ebenfalls zu Blend- und Bühneneffekten. Umliegende unbeleuchtete Räume wirken noch dunkler und mögliche Täter können potenzielle Opfer beobachten, ohne selbst gesehen zu werden. Ist also eine Reduktion der Lichtstärke eines Raumes geplant, ist auch die vorhandene Beleuchtung im Umfeld zu prüfen, um zu starke Kontraste zu vermeiden. Dabei sind alle Lichtquellen zu berücksichtigen, z. B. auch Schaufenster. Auch bei zeitlichen Veränderungen der Beleuchtung (Herunterdimmen, Abschaltungen) ist auf Gleichmässigkeit zu achten. Zu empfehlen ist z. B. eine Reduktion der Beleuchtung in einer Gemeinde zur gleichen Zeit auf dem gesamten Gemeindegebiet.
- Dynamische Beleuchtungen (z. B. Steuerung via Bewegungsmelder) sind gerade auch für wenig frequentierte Wege, Strassen oder z. B. auch für Parkplätze in Erwägung zu ziehen. Das Konzept gedimmter und „vorauselender“ Lampen, die auf Personen reagieren, kommt schon in verschiedenen Schweizer Städten zur Anwendung. Neben ökologischen und ökonomischen Vorteilen kann sich diese Technologie aber auch positiv auf die Sicherheit auswirken: Eine bewegungsabhängige Beleuchtung vergleichbar den Bewegungsmeldern an Gebäuden weist auf die Anwesenheit von Personen hin und kann gleichzeitig auch auf potenzielle Täter eine abschreckendere Wirkung haben als ein gleichbleibende Beleuchtung. Mit der heutigen LED-Technik sind auch grosse Lichtleistungen schnell abrufbar und beliebig oft schaltbar.
Wichtig ist dabei, dass die Sensoren so eingestellt sind, dass die Beleuchtung nicht aktiviert wird, wenn dies gar nicht notwendig ist, so dass z. B. die Beleuchtung des Aussenraumes eines Hauses nicht bereits durch Fussgänger auf dem Trottoir ausgelöst wird.
- Die Beleuchtung von Wohnhäusern ist gegen das Haus zu richten (Anleuchtung) und nicht in das Umfeld. Eine auch bei Abwesenheit eingeschaltete Leuchte in einer Wohnung ist die einfachste und wirksamste Massnahme zur Verhinderung von Einbrüchen bei Wohnhäusern. Berücksichtigt man diese Massnahme, lässt sich auf einen Grossteil der Beleuchtung im Aussenraum verzichten.

4.3.5 Empfehlungen für spezifische Beleuchtungssituationen im öffentlichen Raum

Im Rahmen ihrer zweiten Sitzung befasste sich die Arbeitsgruppe mit konkreten Empfehlungen für ausgewählte Beleuchtungssituationen im öffentlichen Raum. Die verschiedenen An-

forderungen an die Beleuchtung wurden mittels eines moderierten Prozesses und anhand eines einheitlichen Rasters erfasst.

Ursprünglich wurde der Ansatz verfolgt, im Hinblick auf die Sicherheit auf hoher Flughöhe allgemeingültige Empfehlungen für die Beleuchtung in öffentlichen Räumen zu suchen, beispielsweise für ein Wohnquartier oder einen städtischen Platz.

Im Verlauf der Arbeiten zeigte sich jedoch, dass ein solches Vorgehen nicht praktikabel ist. So besteht ein Wohnquartier aus vielen Teilräumen wie privaten Grundstücken mit entsprechenden Gebäuden, Wegen, Strassen und vielleicht auch Parkanlagen oder Spielplätzen. Jeder dieser Räume wird unterschiedlich genutzt, es gibt unterschiedliche Vorgaben für die Beleuchtung wie für die Nutzung dieser Räume und die Sicherheitsanforderungen sind ebenfalls unterschiedlich. Auch zeigte sich, dass es nicht ausreichend wäre, nur für einen allgemein bezeichneten Raum Empfehlungen auszusprechen. So ist die Anforderung an Beleuchtung und Sicherheit für einen historischen Platz in der Altstadt eine gänzlich andere als für einen Platz in einem Gewerbegebiet.

Aus diesem Grund wurden sechs sehr unterschiedliche, spezifische Beleuchtungssituationen, wie sie im öffentlichen Raum vorkommen können, ausgewählt und für diese Empfehlungen formuliert:

- Innenstädtischer Platz, historische Bedeutung
- Parkplätze, öffentlich, 24 Stunden zugänglich
- Einfamilienhäuser, Aussenbeleuchtung
- Urbane Parkanlagen, 24 Stunden zugänglich
- Periphere Gewerbe-/Industriezone (Schwerpunkt Wege/Trottoir)
- öV-Haltestelle (Tram/Bus) in wenig frequentierten Zonen (Agglomeration/ländlich)

Die Factsheets befinden sich im Anhang A4.

4.4 Verkehrssicherheit

4.4.1 Ausgangslage

In diesem Kapitel wird der Einfluss der Strassenbeleuchtung auf die Verkehrssicherheit thematisiert. Ursprünglich wurden Strassenbeleuchtungen installiert, um die soziale Sicherheit und öffentliche Ordnung auch während der dunklen Stunden des Tages aufrecht zu erhalten. Durch die zunehmende Motorisierung im 20. Jahrhundert entwickelte sie sich dann zu einem zentralen Aspekt der Verkehrssicherheit.

Ob eine Strasse beleuchtet wird oder nicht, ist eine behördliche Entscheidung. In diesem Entscheidungsprozess sollten die Interessen aller Interessengruppen (z. B. Anwohner, Verkehrsteilnehmer, Schulkinder, etc.) berücksichtigt und in jedem einzelnen Fall gegeneinander abgewogen werden. Entscheidet sich die zuständige Behörde im Fall eines spezifischen Strassenabschnitts für eine Beleuchtung, ist es heute in der Schweiz üblich, bei der Planung und baulichen Realisierung den Vorgaben aus der Norm SN EN 13 201 zu folgen. Die Norm beinhaltet eine Anzahl Kriterien (z. B. Verkehrsbelastung), anhand derer sich die erforderliche Beleuchtungsstärke für einen Strassenabschnitt ermitteln lässt. Mit besonderer Berücksichtigung von Aspekten der Verkehrssicherheit wird anhand der Vorgaben aus der Norm eine möglichst homogene Ausleuchtung des Strassenraums angestrebt. Das bedeutet: Blendungs- oder Dunkelsituationen sind möglichst zu vermeiden, da diese die Verkehrssicherheit beeinträchtigen. Anhand der Norm werden die erforderlichen Leuchtstärken ermittelt, die Auswahl der Leuchten-Typen obliegt hingegen den Beleuchtungsplanern und Entscheidungsträgern.

4.4.2 Zielkonflikte

Die Strassenbeleuchtung ist heute bereits eine der Hauptquellen von Lichtemissionen. Von einer weiteren Zunahme der Verkehrsbelastungen und somit auch der Verkehrsnetze innerorts und ausserorts ist in der dicht besiedelten Schweiz auszugehen. Ein Konflikt zwischen Sicherheits- und Umweltschutzaspekten liegt somit auf der Hand. Der Umweltschutz wird in der lichtplanerisch angewandten Norm SN EN 13 201 zwar mit qualitativen Hinweisen berücksichtigt, sie enthält jedoch keine maximal zulässigen Störwirkungen von Strassenbeleuchtungen auf die Personen und die Umwelt in Form von quantitativen Richtwerten. Zudem gibt die Norm keine Entscheidungshilfe, wo überhaupt beleuchtet werden soll, sondern es wird ausschliesslich die Frage nach dem „Wie?“ beantwortet.

Der Grundsatz „viel hilft viel“ ist auch seitens der Verkehrssicherheit nicht angemessen. Vielmehr ist Licht gezielt so einzusetzen, dass lokale Konfliktpunkte und Orte mit kritischen Verkehrsverhältnissen in den Dunkelstunden sicherer werden. Durch einen gerichteten Lichteinsatz sollte der positive Kontrast²⁰⁾ von Fussgängern auf Fussgänger-Querungsstellen optimiert werden, ohne dabei ganze Kreuzungsbereiche grossflächig auszuleuchten. Für Fahrstreifen und Seitenräume ist eine der Orientierung dienende Grundbeleuchtung ausreichend, kritische Punkte müssen gezielt ausgeleuchtet werden, damit alle Verkehrsteilnehmer einander gut erkennen können und insbesondere Fussgänger für den motorisierten Verkehr optimal sichtbar sind.

20) Ein positiver Kontrast wird erzielt, wenn eine möglichst gute Ausleuchtung der Fussgänger vor einem möglichst dunkleren Hintergrund stattfindet.

Vor allem um die Sicherheit von Fussgängern und Velofahrenden zu gewährleisten, ist eine gezielte Ausleuchtung von konfliktreichen Bereichen bzw. komplexen Knotenpunkten und Fussgänger-Querungen unabdingbar. Durch eine intelligente Lichtplanung, kombiniert mit moderner regelbarer Beleuchtungstechnik, kann dabei der Konflikt zwischen Umweltschutz und Verkehrssicherheit deutlich verringert werden.

4.4.3 Allgemeine Empfehlungen

Planung

Die aktuelle Norm SN EN 13 201 regelt ausschliesslich, wie zu beleuchten ist, für Behörden nützlich wäre aber ebenso eine Antwort auf das „wo bzw. wann“. Checklisten oder Guidelines als Ergänzung der Norm könnten Behörden als Orientierung bei der Entscheidungsfindung unterstützen.

Um entsprechende Empfehlungen abgeben zu können, besteht noch folgender Forschungsbedarf:

- Wie ist der Einfluss der Dämmerung bzw. Dunkelheit auf das Unfallgeschehen?
- Gibt es in Dämmerungs- oder Dunkelstunden mehr Unfälle?
- Beeinflusst künstliches Licht das Unfallgeschehen?
- Wo, wie und wann sollten Beleuchtungen angebracht werden?

Diese Fragestellungen und deren Beantwortung mittels Unfallstatistiken sollten die Grundlage für weitere Untersuchungen bilden und in die Aktualisierung der Vollzugshilfe einfließen. Dazu ist zu ermitteln, wie genau künstliche Beleuchtung und Verkehrsunfälle in der Dunkelheit zusammenhängen. Oftmals wird die Beleuchtung als einziger Faktor bei der Beurteilung von Unfällen herangezogen. Tatsächlich ist die Situation aber deutlich komplexer und die Beleuchtung ist nur einer von vielen Faktoren, welche die Unfallzahlen in der Dunkelheit beeinflussen.

Stärker noch sollten Entscheidungsträger und ein Fachplaner an der Interessenabwägung über die Beleuchtung einzelner Strassenabschnitte beteiligt sein. Das Zusammenbringen der verschiedenen Interessengruppen könnte unter behördlichem Dach passieren, da Behörden als Vertreter der Exekutive über die Beleuchtung einzelner Strassenabschnitte entscheiden. In diesem Prozess wäre es wünschenswert, strassenperiphere Aspekte wie den Verlust der Biodiversität oder die Minderung der Lebensqualität der Bevölkerung zu berücksichtigen.

Die Norm SN EN 13 201 wird derzeit überarbeitet. In den Grundsätzen wird die überarbeitete Norm zwar der bestehenden sehr ähnlich bleiben, aber es soll zukünftig eine neue Einteilung

und Definition der Beleuchtungsklassen geben. Auch soll zusätzlich eine Zuteilung in die Beleuchtungsklassen zeitlich differenziert möglich sein (dynamische Beleuchtungsklassen). Die Vollzugshilfe soll empfehlen, dass bei der Planung der Strassenbeleuchtung die neuen dynamischen Beleuchtungsklassen zu berücksichtigen sind und dass die Möglichkeit einer Teilnachtsabschaltung für gewisse Strassen in Betracht gezogen werden soll.

Schon jetzt verzichtet der Kanton Zürich auf eine Strassenbeleuchtung ausserorts, also ausserhalb geschlossener Ortschaften. Ausnahmen sind Orte mit besonderer Nutzung wie Schulwege zwischen Ortschaften oder Kreisel, die eine erhöhte Unfallgefahr bergen. Dies erscheint ein guter Kompromiss zu sein, da einerseits das erklärte Ziel zur Reduzierung von Lichtemissionen deutlich wird, andererseits aber die Bedürfnisse schutzbedürftiger Bevölkerungsgruppen wie Schüler oder der Verkehrssicherheit wahrgenommen werden. Dieses Verfahren liesse sich in die neue Vollzugshilfe übernehmen.

Abschliessend ist auch die Verantwortlichkeit von Gemeinden und Kantonen aufgrund der (reduzierten) Strassenbeleuchtung zu bedenken. Gemäss Artikel 32 des Strassenverkehrsgesetzes soll jedes Fahrzeug seine Geschwindigkeit an die lokal vorherrschenden Sichtverhältnisse anpassen. Es ist zu prüfen, wie die Verantwortlichkeit der Gemeinden und der Kantone bei Unfallereignissen in der Nacht durch diese Aussage relativiert wird. Bei einer für die Gemeinden und Kantone grosszügigeren Auslegung und damit verbundenen Rechtssicherheit würden sich diese eventuell eher zu emissionsärmeren Konzepten bewegen lassen.

Technische Massnahmen

Die Farbgebung bestimmter Elemente im Strassenverkehr führt zu verstärkter Beleuchtung und kann sich negativ auf die Verkehrssicherheit auswirken. Fussgängerstreifen sind in der Schweiz gelb, während sie in den meisten europäischen Ländern weiss sind. Beim Einsatz von insektenschonendem Licht im Gelbbereich (wie Natriumdampflampen oder warmweisse LED) sind die gelben Fussgängerstreifen daher nur schlecht und nur mit höheren Lichtintensitäten einsehbar. Daher ist zu prüfen, ob die Vollzugshilfe weisse Fussgängerüberwege empfehlen sollte.

Bei der Umrüstung alter Leuchten-Typen (z. B. Natriumdampf) auf LED-Leuchten findet hinsichtlich der Leuchtstärken oftmals ein 1:1-Ersatz statt, ohne den veränderten Leuchten-Typ zu berücksichtigen. Dies kann zu einer permanenten Überbeleuchtung führen. Gleichzeitig ist bei der Umrüstung auf die Wahl der richtigen Leuchte zu achten. Bei einer Verwendung von LED-Leuchten bei Wegen und Quartierstrassen in naturnahen Lebensräumen sollte auf warmweisses Licht zurückgegriffen werden, da warmweisse LED-Leuchten geringere Emissio-

nen blauer Spektralanteile besitzen und der Bevölkerung als Strassenbeleuchtung in Wohngebieten angenehmer als neutralweisse LED erscheinen (siehe Kapitel 4.2.1 und 4.3.2).

Die Vollzugshilfe sollte die Empfehlung aussprechen, dass bei einem Wechsel der Leuchten-Typen oder einer Neuplanung des Beleuchtungssystems ein Fachplaner zuzuziehen ist. Den Behörden sollte empfohlen werden, in solchen Situationen bei ihrem Dienstanbieter stets eine Beleuchtungsberechnung zu verlangen. In der Schweiz erfolgt heute die Beleuchtung von Strassen (und auch Bahnhöfen) mit LED-Leuchten oft durch mit einer Farbtemperatur von 4000K. Im Fall eines Wechsels zu LED-Leuchten ist eine Empfehlung für warmweisse LED-Leuchten auszusprechen, insbesondere in naturnahen Lebensräumen und im innerstädtischen Bereich.

Leuchtmittel unterliegen einer Alterung: das emittierte Licht wird im Lauf der Jahre schwächer. Um die von der Norm geforderte Beleuchtungsstärke auch gegen Ende ihrer Lebensdauer zu gewährleisten, wurden die Leuchtmittel in der Vergangenheit tendenziell überdimensioniert. Dies ist bei LED-Leuchten nicht mehr notwendig. Der altersbedingte Verlust an Lichtausbeute kann durch eine Regelung kompensiert werden. In der Vollzugshilfe sollte auf diesen Umstand hingewiesen und der Einsatz entsprechender Steuerungen empfohlen werden. Generell sollte die Vollzugshilfe darauf hinweisen, dass die Verkehrswege nur so stark beleuchtet werden, wie dies die Normen vorsehen, aber nicht mehr.

Richtwerte

Die Richtwerte der LAI-Hinweise (siehe Kapitel 4.1) betreffen nicht die Strassenbeleuchtung. Die Arbeitsgruppe diskutierte die Übernahme der Richtwerte der ÖNORM O 1052 für die Strassenbeleuchtung für die Schweiz. Diese Richtwerte wurden für die vertikale Beleuchtungsstärke in der Fensterebene in Abhängigkeit der von der Norm vorgegebenen Leuchtdichte auf der Fahrbahn festgelegt. In der Arbeitsgruppe wurde darauf hingewiesen, dass die in der ÖNORM vorgeschlagenen Werte für die vertikale Beleuchtungsstärke von 3 bis 25 Lux für die Strassenbeleuchtung in der gleichen Grössenordnung liegen wie die Immissionsrichtwerte für Sportstätten (SN EN 12193) und Arbeitsplätze im Freien (SN EN 12464-2). Diese beiden Normen repräsentieren den aktuell besten Stand der Technik, sodass eine Empfehlung zur Einhaltung dieser Richtwerte in der Vollzugshilfe ausgesprochen werden könnte. Dies mit der Einschränkung, dass die technische Machbarkeit gewährleistet sein muss. Diese Richtwerte würden nämlich innerorts z. T. bis zu 200 % überschritten werden, während sie für Situationen ausserhalb von Ortschaften deutlich zu hoch sind.

4.4.5 Empfehlungen für weitere Untersuchungen

Die Arbeitsgruppe macht folgende weitere Empfehlungen:

- Zusätzlich zur ÖNORM und den Immissionsrichtwerten für Sportstätten und Arbeitsplätze im Freien sollten weitere Berechnungen der vertikalen Beleuchtungsstärken für verschiedene Leuchten-Typen und Beleuchtungssituationen erfolgen. Damit wäre eine Definition von Immissionsrichtwerten möglich.
- Die SLG sollte vertiefte Betrachtungen von Standardszenarien / repräsentativen Beleuchtungssituationen durchführen. Bei gegebener Strassensituation sollen optimale Beleuchtungskonzepte geplant und die resultierenden Immissionen berechnet werden.
- Aus den genannten Untersuchungen sollen Zielwerte resultieren, die zu einer optimalen Immissionsprävention führen.

4.5 Reflexion von Sonnenlicht

4.5.1 Ausgangslage

Sonnenlicht, das an künstlichen Elementen wie Glasfassaden, Metallverkleidungen, Fensterscheiben, Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) oder Sonnenkollektoren reflektiert wird, gehört zu den Einwirkungen, die gemäss USG nicht schädlich oder lästig werden dürfen (vgl. Kap 1.1).

Es gibt bereits einige Entscheide verschiedener Gerichtsinstanzen zu solchen Reflexionen an künstlichen Flächen. Die oberste Instanz, das Bundesgericht, hat 2012 letztmals einen Entscheid zur Blendung durch reflektiertes Sonnenlicht gefällt (**1C_177/2011 vom 9. Februar 2012**). Dieser betraf Sonnenkollektoren auf einer privaten Liegenschaft in Burgdorf BE, welche zu Blendungen auf einem etwas höher gelegenen Nachbargrundstück führte, weil sie Sonnenlicht reflektierten. Ein Lichtfleck wanderte während bis zu 90 Minuten über das betroffene Grundstück. An verschiedenen Augenscheinen der Vorinstanzen wurde an einem bestimmten Immissionsort (Sitzplatz im Garten) eine Blenddauer von 15 bis ca. 20 Minuten festgestellt. Ein Fachgutachter berechnete danach, dass die Blendungen an vier Immissionsorten auf dem Grundstück rund 20-40 Minuten mit unterschiedlicher Intensität dauerten. Das Gutachten kam damit zu längeren Blenddauern pro Tag als die behördlichen Feststellungen an den Augenscheinen, was sich möglicherweise damit erklären lasse, dass bei den Augenscheinen die Reflexion unter einer gewissen Leuchtdichte nicht mehr als störend empfunden wurde, obwohl ein direkter Blick in den Kern der Reflexion die Adaptionsfähigkeiten des Auges noch überstiegen hätte, führte das Bundesgericht in Erwägung 5.5 aus. Insgesamt kam

das Bundesgericht zum Schluss, dass hier keine schädlichen oder lästigen Lichtimmissionen im Sinne des USG vorliegen (2. Stufe, vgl. Kapitel 2.2.1). Grundsätzlich seien jedoch Emissionen an der Quelle vorsorglich soweit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (1. Stufe). Im hier vorliegenden Fall sah das Bundesgericht keine verhältnismässigen Reduktionsmassnahmen. Das Vorsorgeprinzip des USG verpflichtete jedoch dazu, Produkte mit möglichst niedriger Blendwirkung zu verwenden. Dies gelte auch, wenn Sonnenkollektoren keiner Baubewilligung bedürfen. In diesem Fall sei die vorgängige Information durch das BAFU und die kantonalen Umweltschutzfachstellen als Fachbehörden von besonderer Bedeutung für die wirksame Durchsetzung des Umweltschutzrechts (vgl. 1C_177/2011, E. 6.5).

Wo Solaranlagen wie Sonnenkollektoren oder PV-Anlagen von der Baubewilligungspflicht ausgenommen sind und wo nicht, regelt auf bundesrechtlicher Ebene das Raumplanungsgesetz (RPG). Auf den 1. Mai 2014 ist diesbezüglich eine Revision des RPG in Kraft getreten. Gemäss Artikel 18a des revidierten RPG brauchen «genügend angepasste Solaranlagen» auf Dächern in Bau- und Landwirtschaftszonen grundsätzlich keine Baubewilligung mehr, sondern sind der zuständigen Behörde lediglich zu melden. Solaranlagen auf Kultur- und Naturdenkmälern von kantonaler oder nationaler Bedeutung bleiben hingegen nach wie vor bewilligungspflichtig.

Angesichts der Vorgaben des USG (vorsorgliche Emissionsbegrenzung an der Quelle) und des RPG (nur Meldepflicht, aber keine Bewilligungspflicht für genügend angepasste Solaranlagen in Bau- und Landwirtschaftszonen) setzte sich das Baurekursgericht I des Kantons Zürich in einem Entscheid vom Januar 2015 mit der Frage auseinander, in welchen Fällen eine allfällige Blendwirkung von Solaranlagen bereits im Voraus abzuklären sei. Es kam dabei zu folgendem Schluss (**BRGE I Nrn. 0013 und 0014/2015 vom 23.01.2015** mit Verweis auf **BRGE II Nr. 0117/2011 vom 17. Mai 2011**): «Nähere Abklärungen mit Bezug auf eine mögliche, mit dem USG nicht zu vereinbarende Blendwirkung sind in Anbetracht des auf den 1. Juli 2014 in Kraft getretenen, revidierten RPG nicht mehr generell, sondern nur noch dann zu verlangen, wenn die konkreten Umstände mit einiger Wahrscheinlichkeit dafür sprechen, dass derartige Einwirkungen in rechtserheblichem Umfange auftreten könnten.» Im vorliegenden Fall (BRGE I Nrn. 0013 und 0014/2015) sei es aus physikalischen Gründen ausgeschlossen, dass die im Norden angrenzenden Gebäude der Rekurrenten von einer Solaranlage auf den Flachdächern der Neubauten geblendet würden. Daher genüge es, dass die Behörden angeordnet hätten, es seien für die PV-Module, Einfassungen und Unterbauten «möglichst nicht reflektierende» Materialien zu verwenden (vgl. BRGE I Nrn. 0013 und 0014/2015, E. 7.2 und 7.3).

In der **Arbeitsgruppe** wurde zur Ausgangslage Folgendes festgestellt:

- Bei den Vollzugsbehörden gibt es eine relativ kleine Anzahl von Fällen, welche die Blendung durch reflektiertes Sonnenlicht betreffen. Die Bearbeitung dieser wenigen Fälle ist für die Behörden jedoch mit grossem Aufwand verbunden.
- Es wird ein einfaches Verfahren zur Beurteilung von Blendwirkungen gewünscht. Nach Möglichkeit sollten potenzielle Blendungen von Nachbarliegenschaften bereits in der Planungsphase erkannt werden können, so dass entsprechende Anlagen derart installiert und ausgeführt werden können, dass es hinterher zu keinen Beeinträchtigungen kommt.
- Von Seiten der in der Arbeitsgruppe vertretenen Solarbranche wird für die Wahrung der Verhältnismässigkeit plädiert. Zudem sei der Fokus nicht nur auf Sonnenkollektoren und PV-Anlagen zu legen, sondern es seien auch Reflexionen an anderen Baumaterialien wie Glasfassaden, Metallverkleidungen oder Fensterscheiben miteinzubeziehen.

4.5.2 Beurteilung von Blendwirkung

Wirkungsbasierte Beurteilung

Für eine Beurteilung der Störwirkung auf den Menschen von Blendungen durch reflektiertes Sonnenlicht fehlen bislang empirische oder wissenschaftliche Erhebungen (Schierz, 2012).

In Ermangelung solcher Untersuchungen lehnen sich die Gerichte in Deutschland und Österreich bei einer Beurteilung der Blendwirkung an Empfehlungen zur Beurteilung der Belästigungswirkung von periodischem Schattenwurf durch Windenergieanlagen an. Die entsprechenden Empfehlungen erachten eine zeitliche Dauer des periodischen Schattenwurfs von 30 Minuten pro Tag als gerade noch zulässig. Als zusätzliches Kriterium definieren sie zudem eine kumulierte Einwirkdauer von nicht mehr als 30 Stunden pro Jahr (WEA-Schattenwurf-Hinweise; LAI, 2002).

Ob eine Übernahme dieser Werte zur Beurteilung der Blendwirkung sachgerecht ist, ist fraglich, da es sich um eine ganz andere Einwirkung handelt (stroboskopartiger Schattenwurf vs. permanente Lichteinwirkung). Bei reflektiertem Sonnenlicht können grundsätzlich sehr hohe Leuchtdichten auftreten. Auch wenn nur ein Bruchteil des einfallenden Sonnenlichts reflektiert wird, führt dies zu Blendungen, die (bei direktem Blick) von praktisch 100% der Bevölkerung als Belästigung empfunden werden. Damit erscheint im Blendungsfall eine Bewertung (unabhängig von einer weiteren Betrachtung der Intensität) allein auf Grund der Expositionsdauer in einer ersten Näherung berechtigt (Schierz, 2012).

Darüber, ab welcher Expositionsdauer solche Blendungen von wie vielen Personen als lästig wahrgenommen werden, gibt es wie erwähnt bislang keine Studien. Der Aufwand für eine

eigene solche empirische Untersuchung wird in der Arbeitsgruppe als beträchtlich angesehen.

Juristische Beurteilungen

Obgleich entsprechende empirische Studien fehlen, kommen Gerichte in der Praxis nicht umhin, in Beschwerdefällen eine Beurteilung der Blendwirkung vorzunehmen. In der Schweiz sind der Arbeitsgruppe folgende Entscheide bekannt, welche beurteilten, unter welchen Umständen eine Einwirkung von reflektiertem Sonnenlicht auf die Nachbarschaft als übermässig gilt:

Bundesgericht:

- Entscheid 1C_177/2011 vom 9. Februar 2012 zur Blendung durch an **Sonnenkollektoren** reflektiertes Sonnenlicht (vgl. Kap 4.5.1).
- Der Entscheid 1A.266/2006 vom 25. April 2007 betraf die Anfechtung eines Nutzungsplans betreffend Sonderbauzone Gemüse- und Gartenbau. Die Beschwerdeführer machten die Verletzung von Bundesumweltrecht, u.a. durch Lichtimmissionen geltend. Sie befürchteten Lichtimmissionen durch die **Gewächshäuser (Spiegelung des Sonnenlichts tagsüber, Beleuchtung am Abend und frühen Morgen)**. Das Bundesgericht hielt diesbezüglich fest, Gewächshäuser und Folientunnel könnten unbestritten zu störenden Lichtimmissionen führen, fraglich sei lediglich, ob solche Emissionen vom Grundstück der Beschwerdeführer aus noch deutlich wahrnehmbar seien. Das Bundesgericht folgte der Ansicht der Vorinstanz, wonach solche Einwirkungen bei einer Entfernung von rund 300 m als nicht wahrnehmbar zu betrachten seien, und wies im Übrigen darauf hin, dass den Beschwerdeführern die Möglichkeit verbleibe, sich gegen wider Erwarten auftretende lästige Lichtimmissionen der konkreten Anlage in späteren Verfahren zur Wehr zu setzen (E. 4.2.2 f.).

Kantonale Entscheide:

- Das Urteil VB.2011.00390 vom 07. Dezember 2011 des Verwaltungsgerichts Zürich betraf die Reflexion von Sonnenlicht an einer **Dachoberfläche (Uginox-Chromnickelstahlblech)**. Nach der Errichtung der Gebäude zeigte ein Gutachten, dass in der Nachbarschaft täglich Blendwirkungen während mehrerer Stunden auftraten. Gestützt auf Artikel 11 ff. USG forderte die Baubewilligungsbehörde von der Bauherrschaft daher, die Intensität der Blendeinwirkung durch Massnahmen an der Quelle um mindestens 75% zu reduzieren. Im Laufe des Verfahrens zeigten ein weiteres Gutachten und ein Augenschein, dass die natürliche Patinierung durch Witterungseinflüsse dazu führte, dass die Lichtreflexionen an der Dachoberfläche deutlich zurückgingen und eine Blendwirkung letztlich

nicht mehr vorlag. Eine Anordnung zusätzlicher baulicher Massnahmen zur weiteren Verminderung der nur noch geringfügigen Lichtreflexionen wurde deshalb als unverhältnismässig angesehen.

- Im Urteil VB.2007.00307 vom 7. November 2007 hielt das Verwaltungsgericht des Kantons Zürich fest, dass Blendwirkungen aufgrund von Reflexionen des Sonnenlichts auf einer **Photovoltaikanlage** keinen umweltschutzrechtlichen Bagatellfall darstellen, wenn diese während 4½ Monaten (13. April - 28. August) zwischen 15.30 und 16.30 Uhr bis zu maximal 50 Minuten mit einer Lichtintensität von bis gegen 30% des Sonnenlichtes auftreten. Dementsprechend wurden Sanierungsmassnahmen an der PV-Anlage zur Reduktion der maximalen täglichen Blenddauer auf dem Balkon der privaten Beschwerdeführer auf 20 Minuten als zumutbar erachtet.
- Das Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau hat am 3. September 2007 entschieden, dass Sonnenlichtreflexionen durch handelsübliche **Dachziegel** des Typs Tegalit in einer Mischzone, welche deutlich wahrnehmbar sind und durchaus auch als störend empfunden werden können, gesamthaft beurteilt nicht über das Mass an Störungen hinausgehen, die mit der zonengemässen Nutzung von Baugrundstücken entstehen können (AGVE-2007-109).
- Die Baurekurskommission II des Kantons Zürich hat am 22. September 1992 eine bezüglich Intensität erhebliche und störende Blendwirkung durch Sonnenlichtreflexionen an einem rund 50 m entfernten **verglasten Treppenhaus**, die nur im Sommer auftritt und pro Tag bei Zusammenrechnung aller betroffenen Orte total bloss 27 Minuten dauert, als untergeordnet qualifiziert, so dass sie von den Nachbarn hinzunehmen ist (BRK II ZH, 22.09.1992).

Aus den oben erwähnten Gerichtsurteilen lässt sich folgendes **Fazit** ziehen:

- Reflexionen von Sonnenlicht an Sonnenkollektoren, Photovoltaikanlagen, verglasten Hausteilen, Gewächshäusern oder Dachziegeln können unter Umständen zu lästigen Einwirkungen im Sinne des USG führen.
- Das Vorsorgeprinzip des USG verpflichtet dazu, entsprechende Emissionen an der Quelle vorsorglich soweit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist und z. B. Produkte mit möglichst niedrigem Reflexionsgrad zu verwenden. Dies gilt auch, wenn die betreffende Anlage keiner Baubewilligung bedarf.
- Nach Ansicht des Baurekursgerichts I des Kantons Zürich muss – angesichts von Art. 18a RPG – nicht bei jeder Solaranlage vor dem Bau im Detail abgeklärt werden, ob sie Nach-

barn blenden könne. Nur wenn dies wahrscheinlich erscheine, seien solche Abklärungen durchzuführen.

- In den Urteilen, welche die zeitliche Einwirkdauer der Blendung beurteilten, wurde eine Dauer von 50 Minuten pro Tag als nicht mehr zulässig erachtet. Als zumutbar galten in den Urteilen Einwirkdauern von 20 bis knapp 30 Minuten täglich.

4.5.3 Prognosen der Blendung

Es wäre wünschenswert, allfällige Blendwirkungen bereits vor dem Bau spiegelnder Gebäudeteile wie Glasfassaden, Metallverkleidungen, Fensterscheiben, PV-Anlagen oder Sonnenkollektoren erkennen zu können. In gewissen Fällen sind bereits mit wenig Aufwand klare Aussagen möglich, ob eine Blendung in der Nachbarschaft zu erwarten ist oder nicht. In anderen Fällen sind differenziertere Betrachtungen und Berechnungen notwendig. Der Vertreter des METAS in der Arbeitsgruppe hat begonnen, diese Fälle in einem Grundlagendokument zur Beurteilung von Solaranlagen zusammenzustellen.

Vorhandene Tools zur Berechnung der Blendung berücksichtigen oft nur die direkte Reflexion der eintreffenden Sonnenstrahlen. PV-Anlagen und Sonnenkollektoren reflektieren das Licht aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit aber auch diffus, wodurch eine Bündelaufweitung entsteht. Diese schwächt zwar die Intensität des reflektierten Lichtes ab, aber sie kann die Blenddauer deutlich verlängern (ca. um Faktor 2 - 5). Wenn die Blenddauer das Hauptkriterium zur Beurteilung der Zumutbarkeit solcher Blendungen darstellt, müsste die Bündelaufweitung daher berücksichtigt werden.

Der Vertreter des METAS hat der Arbeitsgruppe ein auf Excel-Basis programmiertes Berechnungstool vorgestellt. Dieses erlaubt mittels Richtungsdiagramm, das einfach auf eine Karte kopiert werden kann, eine binäre Aussage („blendet nicht“ / „Blendung möglich, genauere Abklärungen erforderlich“). Aus dem Reflexionsdiagramm kann für einen bestimmten Standort herausgelesen werden, an welchem Datum und zu welchen Uhrzeiten Blendungen zu erwarten sind.

4.5.4 Empfehlungen für weitere Untersuchungen

- Die Arbeitsgruppe hat das vom METAS entwickelte Berechnungstool begrüsst und vereinbart, es in einem nächsten Schritt mittels Messungen bei existierenden Anlagen im Feld zu validieren.
- Es ist zu prüfen, ob das Tool dahingehend erweitert werden kann, um a) auch Reflexionen durch andere spiegelnde Gebäudeteile (Glasfassaden, Metallverkleidungen, grosse Fensterfronten etc.) zu berechnen und b) die auftretenden Blendungsdauern pro Tag z. B. als

Balkendiagramme darzustellen, damit die Ergebnisse auch für Personen ohne Fachwissen einfach interpretierbar sind.

- Nach der Validierung des Tools wäre es wünschenswert, in einem Pilotversuch in Zusammenarbeit mit einigen Installateuren Erkenntnisse zum Anteil kritischer, unklarer und problemloser Fälle zu gewinnen.
- In der Vollzugshilfe könnte – basierend auf dem Grundlagendokument des METAS zur Beurteilung von Solaranlagen, der vorgenommenen Validierungen und der Pilotstudie mit dem Excel-Tool – dargestellt werden, in welchen Situationen es zu kritischen Blendungssituationen kommen kann und in welchen nicht. Bei erfolgreicher Validierung könnte auch das Berechnungstool in der Vollzugshilfe vorgestellt werden.

5 Weitere Rückmeldungen

Dieses Kapitel fasst Rückmeldungen von Mitgliedern der Begleitgruppe sowie der verschiedenen Arbeitsgruppen zusammen, die im Rahmen der Stellungnahmen zum 1. Entwurf des vorliegenden Grundlagenberichts vom 25.11.2015 getätigt wurden. Sie gehen über die Ergebnisse der Arbeitsgruppen hinaus, stellen gewisse Ergebnisse der Arbeitsgruppen infrage oder benennen zusätzlichen Klärungsbedarf.

5.1 Richtwerte

- Die Zusammenstellung der bestehenden Richtwerte zur Beurteilung der Raumaufhellung und der belästigenden Blendung (Kapitel 4.1.1) ergibt einen Überblick über die komplexe Thematik und die geltenden Normen. Sie bildet eine wichtige Grundlage zur Definition der Richtwerte in der Vollzugshilfe. Richtwerte für die Planung und die Beurteilung von Störwirkungen sollen als Empfehlung gelten. Jedoch ist für die Bearbeitung von Meldungen über Belästigungen in erster Linie ein pragmatischer Weg zu suchen. Messungen sind immer mit Aufwand verbunden. Ob dieser Aufwand gerechtfertigt ist, wird infrage gestellt.
- Aus den Rückmeldungen kam der Wunsch, dass wenn Richtwerte tatsächlich eingeführt werden, diese möglichst rasch an neue Erkenntnisse aus der Forschung und Technik anzupassen seien.
- Bei der Erarbeitung von Richtwerten für die Wohnraumaufhellung ist zu berücksichtigen, dass 1 Lux ungefähr der vierfachen Helligkeit eines Vollmonds entspricht (Vollmond \approx

0.25 Lux). Dies erscheint im Hinblick auf ein natürliches Bedürfnis an Dunkelheit als ein zu hoher Wert.

- Balkone und Terrassen sind bei der Beurteilung der Wohnraumaufhellung nicht mit einzubeziehen, da hier eine zeitlich begrenzte Nutzung vorliegt.
- Im Kontext der Diskussion zur Belästigungsschwelle und der zumutbaren Belästigungsdauer bei der Reflexion von Sonnenlicht (siehe Kapitel 4.5) ist zu überlegen, was es bedeutet, wenn Leuchtdichten von mehr als 8000 cd/m^2 auftreten.
- Die Arbeitsgruppe empfahl, die Möglichkeit von Ausnahmegewilligungen vorzusehen. Dieser Empfehlung wurde in einer Rückmeldung mit dem Argument zugestimmt, es sei besser, Ausnahmegewilligungen zu erteilen, als zu wenig strenge Richtwerte zu erlassen. Demgegenüber wurde in der Arbeitsgruppe auch die Meinung vertreten, dass zu strenge Richtwerte dazu führen könnten, dass sehr viele Ausnahmen erteilt werden müssten, was grosse Vollzugsprobleme nach sich ziehen würde.
- Im Kapitel 4.1.4 wird empfohlen, einen Immissionsrichtwert für die Beurteilung der Gesamtbelastung festzulegen. Dies würde vermeiden, dass mehr Licht in bereits hellen Gebieten zum Einsatz kommt. Zugleich wird die Festlegung eines Immissionsrichtwertes für die Gesamtbelastung als schwierig betrachtet. Die AG- und BG-Mitglieder waren sich nicht einig, ob eine allgemeine Zielvorstellung bezüglich "Lichtglocke" bzw. maximale GebietsHELLigkeit tatsächlich entwickelt werden soll oder nicht. Im Rahmen der weiteren Arbeiten zur Aktualisierung der Vollzugshilfe gilt es diese Frage noch zu klären.

5.2 Naturschutz und Richtwerte

- Die Einführung von Richtwerten soll in Zukunft den Vollzug erleichtern. Aus Sicht des Naturschutzes kann jedoch die Festlegung von Richtwerten auch Risiken mit sich bringen, insbesondere was Gebiete ausserhalb des Siedlungsraums betrifft. Richtwerte werden primär aus der Perspektive des Menschen und zu dessen Schutz vor störendem oder lästigem Licht festgelegt. Ob für Tiere und Pflanzen dieselben Richtwerte gelten, ist jedoch fraglich. Deshalb stellt sich, wie in der Arbeitsgruppe richtig festgehalten, die Grundsatzfrage, ob der Naturraum durch Beleuchtungsverbote und Einschränkungen geschützt werden soll oder durch Richtwerte, bei denen die Gefahr besteht, dass diese dann auch ausgeschöpft werden (4.1.2). Gemäss Kapitel 4.1.5 sollen auch im Nicht-Siedlungsgebiet Richtwerte definiert werden, weil in der Schweiz viele Menschen auch ausserhalb des Siedlungsgebiets leben. Aus ökologischer Sicht wird aber klar für einen Verzicht von Richtwerten ausserhalb des Siedlungsgebiets plädiert. Primäres Ziel der Einführung von

Richtwerten sollte die Reduktion unnötiger Lichtemissionen sein und nicht die Vereinfachung des Vollzugs. Im Hinblick auf die Erarbeitung der Vollzugshilfe sollten also die folgenden wichtigen Fragen gestellt werden: Bringen Richtwerte wirklich den gewünschten Erfolg? Gibt es allenfalls bessere Möglichkeiten zur Reduktion unnötiger Lichtemissionen ohne die Einführung von Richtwerten, wie z. B. ein generelles Beleuchtungsverbot ausserhalb des Siedlungsraumes mit Ausnahmemöglichkeit, wenn begründet für die Sicherheit unverzichtbare Tätigkeiten notwendig sind?

- Die Beleuchtung von Sportanlagen in Naturräumen wie Loipen, Pisten oder Finnenbahnen kann wohl mangels solider Grundlagen nicht sinnvoll mit Richtwerten oder generellen Verboten geregelt werden. Es bedarf daher im Hinblick auf die Erarbeitung der Vollzugshilfe noch einer vertieften Diskussion.
- Hilfreich wäre die Festlegung einer Pufferzone für Lichtemissionen um Schutzgebiete und sensible Lebensräume (z. B. Gewässer) in der Nutzungsplanung. Falls ein Projekt in einer Pufferzone liegt, sollten die Naturschutz-Fachstellen im Bewilligungsverfahren beigezogen und dem Thema Lichtimmissionen besondere Beachtung geschenkt werden.

5.3 Richtwerte für Leuchtreklamen

- Im Kapitel 4.1.4 steht, dass ein Forschungsbedarf bei der Beurteilung grosser LED-Schirme besteht. Insbesondere ist zu klären, ob auch zeitliche Spitzen mit hohen Lichtimmissionen beurteilt werden sollen. Gemäss einer Rückmeldung sind diese Spitzen zu beurteilen und dürfen ähnlich wie beim Lärmschutz den maximal zulässigen Wert nicht überschreiten.
- Eine Differenzierung der Vorschriften für Leuchtreklamen soll lediglich mit den verschiedenen Richtwerten nach Zone, nicht jedoch nach der Grösse der Beleuchtung geschehen.
- Eine zeitliche Differenzierung der Richtwerte nach unterschiedlichen Zeitfenstern für den Tag und die Nacht wäre ebenfalls wünschenswert. Dies steht im Widerspruch zu einer anderen Meinung, wonach im innerstädtischen Bereich keine Geltungszeit definiert werden soll (siehe Kapitel 5.4).
- Der Wert von 300 cd/m^2 sollte gemäss einer Rückmeldung nicht überschritten werden, auch nicht bei kleinflächigen Leuchtreklamen.
- Für Schaufensterbeleuchtungen sind ebenfalls maximale Werte zu definieren in Bezug auf Streulicht in den Aussenraum (Beleuchtungsstärke in Lux und Lichtstärke in cd).
- LED-Schirme, LCD-Leuchtreklamen, leuchtende Plakate und Leuchtstelen im Aussenraum sind so zu konzipieren, dass sie Autofahrer nicht ablenken.

- Leuchtreklamen dürfen kein Licht über 70° (Winkel) emittieren.

5.4 Zeitliche Begrenzung

- Der vorgeschlagenen Geltungszeit von 22.00 Uhr für verschärfte Richtwerte kann aus Sicht des Sports zugestimmt werden, da nach 22 Uhr nur noch in besonderen Fällen (z. B. Events wie Fussballmeisterschaftsspiele in den Stadien der obersten Ligen, bedeutende Leichtathletikmeetings, vereinzelte Sportevents lokaler Vereine u. a.) starke Lichtemissionen entstehen. Für solche besonderen Fälle müssen die zuständigen Behörden entsprechende Bewilligungen erteilen können, seien es generelle Bewilligungen bei wiederkehrenden Veranstaltungen, insbesondere solchen in Stadien, oder seien es Einzelbewilligungen für Events mit Ausnahmecharakter.
- Hingegen können Richtwerte für Sportplätze vor 22 Uhr insbesondere in den Wintermonaten kritisch sein. Heutige übliche Richtwerte von beispielsweise 2, 5 oder 10 Lux für die Wohnraumaufhellung erfordern je nach örtlicher Situation grössere Abstände zwischen Wohnhäusern und Sportplätzen. Aus Sicht des Sports ist deshalb auf Richtwerte für die Lichtemissionen von Sportanlagen im Siedlungsraum vor 22 Uhr vollständig zu verzichten.
- Im innerstädtischen Bereich bzw. in der Umgebungszone 4 (Bereiche mit hoher Gebietsdichte, Stadt- und Geschäftszentren) ist aufgrund der unterschiedlichen Nutzung im öffentlichen Raum keine Geltungszeit zu definieren (Widerspruch zum Kapitel 5.3).
- Die im Kapitel 4.2.5 vorgeschlagene visuelle Ruhezeit (Abschalten ab einem bestimmten Zeitpunkt von nicht-funktionalem Licht) ist möglichst schweizweit gleich zu definieren.

5.5 Regulatorische Empfehlungen

- Die Einbindung des Themas Licht in das kantonale Baurecht (siehe Kapitel 4.2.5) wird infrage gestellt. Ohne klare Vorgaben in der Vollzugshilfe könnte es zu 26 verschiedenen kantonalen Lösungen führen. Die Gesetze werden nach Möglichkeit lieber gestrafft als ausgedehnt. Des Weiteren wäre für die Einführung neuer Regeln ein hoher Zeitaufwand einzurechnen. Aus diesen Gründen soll in der Vollzugshilfe stehen, dass keine Einbindung in die kantonalen Gesetze notwendig ist. Es sind auch die Vorgaben für Kontrollmessungen im Zusammenhang mit Baubewilligungen zu erläutern.
- In Kapitel 4.2.3 wird die Erstellung einer Vorlage zur Bewertung der Lichtemissionen analog zur Beurteilung des Alltagslärms empfohlen, um den Vollzug zu erleichtern. Für den Vollzug sind einfache Beurteilungskriterien zentral. Werden Beleuchtungskonzepte er-

stellt, müssen die Behörden diese fachlich beurteilen können, ohne dass eine zusätzliche Beratung durch Fachexperten notwendig ist.

5.6 Definition Bagatellschwelle

- Um den Vollzug zu vereinfachen, sollen Ausnahmegewilligungen möglich sein. Für kleinere Anlagen soll ausserdem eine Bagatellschwelle gelten (siehe Kapitel 4.1.4). Aus Sicht des Vollzugs ist es wichtig zu vermeiden, dass künftig die Behörden alle Beleuchtungsinstallationen prüfen müssen. Die Festlegung einer Bagatellschwelle kann daher hilfreich sein. Die Definition des Schwellenwerts gilt es aber sehr genau zu prüfen, um das eigentliche Ziel, die Vermeidung unnötiger Lichtemissionen, nicht zu gefährden und nicht von vornherein „Schlupflöcher“ zu schaffen.

Als „Negativ-Beispiel“ zu erwähnen ist hier die Teilrevision der Raumplanungsverordnung vom 28. Juni 2000 (RPV; SR 700.1) nach der, gemäss Artikel 34b Absatz 4 Buchstabe f eine angemessene Beleuchtung von Aussenreitplätzen bewilligungsfrei ist. Reitplätze befinden sich meist ausserhalb des Baugebiets in noch mehrheitlich unbeleuchteten Räumen. Eine unkontrollierte Beleuchtung dieser Plätze kann jedoch sowohl aus landschaftlicher wie auch aus ökologischer Sicht als problematisch erachtet werden.

5.7 Sanierung von bestehenden Beleuchtungsanlagen

- In Kapitel 4.1.4 steht, dass Situationen, wo neue Gebäude an bestehende Lichtquellen herangebaut werden, ebenfalls in der Vollzugshilfe zu thematisieren sind. Dies gilt auch für Sportstätten. Im Sinne des Verursacherprinzips sollen also vermeidbare übermässige Immissionen saniert werden müssen, auch wenn der Verursacher zeitlich vor dem Immissionsbetroffenen da war. In solchen Situationen sollen die Vorgaben jedoch pragmatisch sein und die raumplanerisch geforderte Verdichtung nach innen möglich bleiben. Die Vollzugshilfe sollte entsprechende Fristen für die Sanierung definieren.
- Des Weiteren ist zu prüfen, ob eine Rechtsgrundlage zur zeitnahen Sanierung privater Beleuchtungen vorhanden ist (s. auch nächsten Punkt).

5.8 Beleuchtungsanlagen bei Privaten

- Wie steht es mit dem Vollzug im Bereich der privaten Gärten, wo teilweise während der ganzen Nacht Lichter brennen (keine Bewilligungspflicht, Beschränkung Eigentumsrechte)?

- Bei Einfamilienhäusern ist das Problem der nachbarschaftlichen Belästigung nicht zu unterschätzen. Die Klagefälle nehmen stetig zu. Hier wären klare Aussagen hilfreich, z. B. dass Kugelleuchten nicht geeignet sind und dass Designbeleuchtungen ohne Schutzfunktion (Fassaden, Bäume, Gartenareale) nach 22 Uhr abzuschalten oder auf Bewegungssensoren umzuschalten sind, damit sich Gemeindebehörden, die in der Regel für die Streitschlichtung zuständig sind, sich auf diese Vorgaben berufen können.
- Der vorliegende Grundlagenbericht thematisiert Weihnachtsbeleuchtungen nicht. Heutzutage bieten die Geschäfte jedoch immer mehr Weihnachtsbeleuchtungen an und die Erfahrung aufgrund von Anfragen und Klagen zeigt, dass das Thema die Bevölkerung und die Gemeinden stark beschäftigt. Die Vollzugshilfe sollte daher Weihnachtsbeleuchtungen thematisieren. Insbesondere sollte die Vollzugshilfe die Geschäfte dazu ermahnen, die Kundschaft zu informieren, die Zierbeleuchtungen nachts ab einer bestimmten Zeit zu löschen. Kapitel 4.2.3 empfiehlt, oszillierende Beleuchtungen im Aussenraum zu verbieten. Angesichts der Tatsache, dass Weihnachtsbeleuchtungen auch zu dieser Kategorie gehören, wird die Durchsetzbarkeit dieses Verbots infrage gestellt.

5.9 Empfehlung zur Lichtfarbe und Leuchttypen

- Da der Blaulichtanteil auch innerhalb der Leuchtmittel und Leuchten mit derselben Farbtemperatur variieren kann, ist die Möglichkeit zu prüfen, anstelle der Farbtemperatur ein anderes Kriterium zu verwenden (z. B. hazard groups nach IEC 62471).
- In Kapitel 4.4.3 steht, dass gelbe Fussgängerstreifen beim Einsatz von insektenschonendem Licht im Gelbbereich (wie Natriumdampflampen oder warmweisse LED) nur schlecht einsehbar sind. Die Relevanz dieser Aussage wird für warmweisse LED aufgrund ihrer guten Farbwiedergabe im Vergleich zu Natriumdampflampen infrage gestellt. Dieser Punkt ist noch zu prüfen, bevor die Vollzugshilfe weisse Fussgängerstreifen empfiehlt. Eine Markierung mit speziellem, lichtreflektierendem Belag wäre eine weitere Möglichkeit, die frühzeitige Erkennung von Fussgängerstreifen zu verbessern. Eine Empfehlung in diese Richtung ist ebenfalls zu prüfen.
- Natriumdampflampen in der Strassenbeleuchtung kommen kaum noch zum Einsatz und daher ist der Fokus in der Vollzugshilfe auf LED auszurichten.

5.10 Weitere Aspekte zur Ausgestaltung der Vollzugshilfe

- Zu Beginn der Vollzugshilfe sind gewisse Begriffe (z. B. Farbwiedergabe) zu definieren. Ausserdem könnte statt „weisses Licht“ der Begriff „LED-Licht“ verwendet werden. Benö-

tigt es eine weitere Differenzierung, könnte jeweils die Farbtemperatur vorangestellt und beispielsweise „warmweisses LED-Licht“ verwendet werden.

- Die Allgemeingültigkeit des eingebrachten Fallbeispiels für die Beleuchtung von Sportinfrastrukturen im Siedlungsgebiet (siehe Kapitel 4.2.4) wird infrage gestellt. Dies gilt auch für den Aspekt, ob die wirtschaftliche Tragbarkeit bei der verminderten Nutzung gegeben ist. Auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis in diesem Fallbeispiel sollte daher explizit hingewiesen werden. Oder ein anderes Beispiel, das allgemeinere Gültigkeit trägt, ist in die Vollzugsrichtlinie einzufügen.
- In den Empfehlungen der Arbeitsgruppe für Baustellen steht, dass bei grossen Baustellen das Licht während der Nacht auf das gesetzliche Minimum zu begrenzen sei. Die Vollzugshilfe soll klar stellen, welches gesetzliche Minimum damit gemeint ist.
- In der Vollzugshilfe sollten neben Messempfehlungen auch (Mindest-)Anforderungen an die zu verwendenden Messgeräte enthalten.
- Die neue Vollzugshilfe soll die Schweiz besser vor unnötigen Lichtemissionen schützen. Um die Zielerreichung zu überprüfen, ist eine Erfolgskontrolle durchzuführen. Die Einführung von Richtwerten für den Naturraum (Umgebungszone 1: dunkle Gebiete, Schutzgebiete, ländliche Gebiete dünn besiedelt, vereinzelt Wohnhäuser) könnte dadurch dem angestrebten Ziel auch entgegenwirken, indem Richtwerte ausgeschöpft werden. Dies wäre anhand der Erfolgskontrolle zu prüfen.

5.11 Aspekte zum weiteren Vorgehen

- Der Grundlagenbericht empfiehlt, weitere Untersuchungen vorzunehmen. Diese dürfen aber die Aktualisierung der Vollzugshilfe nicht verzögern. Die Resultate dieser zusätzlichen Untersuchungen sollen bei einer späteren Revision eingebunden werden können. Im Widerspruch dazu wurde der Wunsch geäussert, dass die Resultate der weiteren Untersuchungen im Bereich Lichtplanung (siehe Kapitel 4.2.6) in die aktualisierte Vollzugshilfe einfließen.
- Der Grundlagenbericht soll in dieser Form derzeit noch nicht veröffentlicht werden. Die darin enthaltenen Empfehlungen könnten als „offiziell“ verstanden und angewendet werden, obwohl einige Aspekte/Fragen noch vertieft zu klären sind und gewisse Aussagen und Folgerungen vor einer breiten Veröffentlichung noch zu überprüfen sind.

6 Fazit

Die Schweizer Bevölkerung wächst. Die Urbanisierung nimmt zu. Der Trend hin zur 24-Stunden-Gesellschaft, die eine Vielzahl nächtlicher Angebote mit sich bringt, hält an. Diese Entwicklungen führen unter anderem auch zu einer Zunahme künstlichen Lichts in der Umwelt.

Diese nächtliche Beleuchtung hat Folgen. Schadwirkungen für den Menschen konnten zwar bislang nicht nachgewiesen werden, doch die Belästigung insbesondere durch belästigende Blendung und Wohnraumaufhellung ist unbestritten. Ausserdem kann der vermehrte Einbau reflektierender Materialien im Hochbau, insbesondere auch zur Solarenergienutzung, zu Blendungen in der Nachbarschaft durch reflektiertes Sonnenlicht führen. Schädliche Folgen von Kunstlicht für Fauna und Flora hingegen sind nachgewiesen, vor allem kommt es zu schädlichen Einflüssen auf die Tierwelt.

Aus diesen Gründen ist es erforderlich, Lichtemissionen generell und vor allem auch Lichtimmissionen im Aussenraum zu beschränken. Die an diesem Bericht mitwirkenden Arbeitsgruppen waren sich in dem Ziel, die beschriebenen Auswirkungen zu beschränken, alle einig. In den Diskussionen zeigte sich, dass das Thema Licht in der Schweiz bislang noch nicht ausreichend Eingang in die verschiedenen rechtlichen Grundlagen gefunden hat. Auch Hilfsmittel wie Checklisten oder „best practices“ gibt es in einigen Bereichen noch zu wenig. Auch zeigte sich, dass die Verantwortlichen, gerade in kleineren Gemeinden, zum Teil noch nicht ausreichend für das Thema sensibilisiert sind. Zudem haben die zuständigen Behörden kein ausreichendes Fachwissen, keine Ressourcen und mögliche Anwendungsbeispiele gibt es noch zu wenig.

Entsprechend hoch sind nun die Erwartungen an die Aktualisierung der Vollzugshilfe für die Vermeidung von Lichtemissionen: Je eindeutiger die Vorgaben wie beispielsweise Richtwerte, je anschaulicher die Praxisbeispiele, je klarer die Empfehlungen, umso höher ist der Mehrwert für die Vollzugsverantwortlichen.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass gerade kleinere Gemeinden teilweise weder das Know-how haben, noch grosse finanzielle Möglichkeiten, um die Lichtemissionen auf ihrem Gebiet in absehbarer Zeit zu reduzieren. Es ist daher zu prüfen, ob der Bund über die Vollzugshilfe hinausgehend Kantone, Städte und Gemeinden möglicherweise unterstützen könnte, um dem Anliegen der Reduktion der Lichtemissionen nachzukommen.

Die Arbeit aller Arbeitsgruppen hat auch Folgendes deutlich gezeigt: Strikte Vorgaben zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen sind nicht zielführend. Das Ziel, den Aussenraum

möglichst gering zu beleuchten, steht anderen Interessen entgegen: dem Anliegen, im öffentlichen Raum für ein ausreichend hohes subjektives Sicherheitsempfinden zu sorgen beispielsweise, wirtschaftlichen Interessen des Gewerbes oder dem öffentlichen Interesse an sportlichen Aktivitäten.

Daher erfordert die Beurteilung von Beleuchtung und von Lichtemissionen einen sensiblen Umgang mit ganz unterschiedlichen Interessen: ökologischen, gesundheitlichen, ökonomischen (Stromsparen und wirtschaftliche Interessen) oder sicherheitsrelevanten. Um eine differenzierte Auseinandersetzung mit diesen Aspekten zu ermöglichen und auf die jeweilige Umgebung bezogen das richtige Beleuchtungskonzept zu wählen, bedarf es einer frühzeitigen Planung, in die möglichst unterschiedliche Interessensvertreter und Fachpersonen einzubinden sind: Verantwortliche und Fachpersonen der zuständigen Behörden, Bevölkerung, Interessensgruppen wie Gewerbe oder Umweltverbände sowie professionelle Lichtplaner.

Für diesen Dialog wiederum sind Planungsgrundlagen erforderlich. Eine ganz zentrale Grundlage wird künftig die aktualisierte Fassung der Vollzugshilfe zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen sein. Der vorliegende Bericht umfasst viele Empfehlungen, die aufzeigen, wie ein sachlicher und zielführender Umgang mit Lichtemissionen möglich ist. Es ist nun angezeigt, dass das BAFU bei der Aktualisierung der Vollzugshilfe prüft, welche dieser Empfehlungen übernommen werden können.

Die Diskussion in den Arbeitsgruppen hat aber auch gezeigt, dass zum Thema Licht allgemein und zum Umgang mit Lichtemissionen im Besonderen noch einige Fragen, wie sie unter anderem Kapitel 5 nennt, offen bleiben und zu klären sind. Es besteht hier Forschungs- oder zumindest Klärungsbedarf. Entsprechend wird dem BAFU empfohlen, die genannten Themen dahingehend zu prüfen, ob es aus Sicht des Bundes zweckmässig wäre, diese offenen Fragen anzugehen. Dabei ist klar: Es wird nicht möglich sein, alle diese Themen noch im Rahmen der jetzt anstehenden Aktualisierung der Vollzugshilfe zu klären. Aber es sollte dem Bund ein Anliegen sein, dies mittelfristig zu tun. Denn die Antworten werden gebraucht für einen überlegten Umgang mit Licht und Beleuchtung in der Schweiz, der zu möglichst wenig schädlichen und lästigen Folgen für die Bevölkerung sowie Flora und Fauna führt.

7 Weiteres Vorgehen

Dieser Grundlagenbericht stellt (zusammen mit weiteren Unterlagen, vgl. Kapitel 2.2.5) die wesentlichen materiellen Grundlagen dar für die Überarbeitung der Vollzugshilfe aus dem Jahr 2005. Hierfür gilt es nun zum einen die gesammelten Informationen und Empfehlungen weiter zu verdichten, mit Bildmaterial anzureichern und redaktionell in die Form einer Vollzugsempfehlung zu bringen. Zum andern sind weitere materielle Abklärungen und Untersuchungen, die noch als notwendig erachtet wurden, bis etwa im Sommer 2016 durchzuführen (z. B. Simulation und Messung von typischen Strassenbeleuchtungen der neusten Technologie; Validierung eines Excel-Tools zur Berechnung der Blendung infolge reflektiertem Sonnenlicht).

Wenn die Arbeiten wie erwartet vorankommen, sollte der Begleitgruppe im Herbst 2016 ein erster Vorentwurf zur aktualisierten Vollzugshilfe vorgestellt werden können. Je nach Rückmeldung kann dieser Entwurf dann weiter bearbeitet und im Hinblick auf eine Konsultation bei betroffenen Bundesämtern, kantonalen Umwelt- und Naturschutzämtern, dem Gemeinde- und Städteverband, Schutz- und Fachorganisationen auf Französisch übersetzt werden. Der weitere Zeitplan (vgl. Tabelle 13) hängt dann wesentlich von den Rückmeldungen in der Konsultationsrunde ab.

Zeithorizont	Vorgesehene Arbeiten
18. April 2016	<p>4. Begleitgruppensitzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagenbericht: Rückmeldung zur Überarbeitung, formeller Abschluss des Berichts, Diskussion Zeitpunkt Publikation • Vollzugshilfe: Konzept und weiteres Vorgehen
März – Juli 2016	<p>Weitere materielle Abklärungen und Untersuchungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auftrag an SLG Fachgruppe „Strassen und Plätze“ zur Ermittlung typischer Werte der vertikalen Beleuchtungsstärke auf Gebäuden infolge Strassenbeleuchtungen der neusten Technologie • Validierung Excel-Tool zur Berechnung der Blendung durch reflektiertes Sonnenlicht (METAS, BAFU, beco, Swissolar) • Weiterentwicklung der Einteilung der Umgebungszonen sowie der Richtwerte zum Schutz des Menschen vor Wohnraumaufhellung, belästigender Blendung und Leuchtreklamen/Gebäudeanstrahlung
Herbst 2016	<p>5. Begleitgruppensitzung: Vorstellung erster Vorentwurf Vollzugshilfe</p>
Herbst	<p>Überarbeitung Entwurf der Vollzugshilfe und Übersetzung auf Französisch</p>
1. Quartal 2017	<p>Konsultation Entwurf überarbeitete Vollzugshilfe: Begleitgruppe, Bundesämter, kantonale Umwelt- und Naturschutzämter, Gemeinde- und Städteverband, Schutzorganisationen, SLG</p>
2./3 Quartal 2017	<p>Überarbeitung und Finalisierung Vollzugshilfe</p>
Ende 2017	<p>Publikation aktualisierte Vollzugshilfe Lichtemissionen</p>

Tabelle 13: Geplanter zeitlicher Ablauf der weiteren Arbeiten zur Aktualisierung der Vollzugshilfe zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen

A1 Projektorganisation

Projektleitung	Zugehörigkeit	Funktion
Jürg Baumann	BAFU	Projektbegleitung
Alexander Reichenbach	BAFU	Projektleitung
Benedict Wyss	BAFU	wiss. Mitarbeiter
Projektteamunterstützung	Zugehörigkeit	Funktion
Laurence Duc	EBP	Projektleitung
Thomas Leutenegger	EBP	Stv. Projektleitung
Tillmann Schulze	EBP	Experte Kriminalität
Walter Moggio	EBP	Experte Lichtplanung
Markus Deublein	EBP	Experte Verkehrssicherheit
Begleitgruppe	Zugehörigkeit	Funktion
Urs Walker	BAFU	Leitung
Jürg Baumann	BAFU	Stv. Leitung
Hans-Jörg Birrer	BASPO	Mitglied
Kurt Bisang	BFE	Mitglied
Peter Blattner	METAS	Mitglied
Odile Bruggisser	BVU, ALG, Kanton Aargau	Mitglied
Valentin Delb	AWEL, Kanton Zürich	Mitglied
Danielle Hofmann	BAFU, Abt. AÖL	Mitglied
Daniel Lehmann	Schweizerischer Städteverband	Mitglied
Marcel Mössner	Lufthygieneamt beider Basel	Mitglied
Marguerite Trocmé	ASTRA	Mitglied

Tabelle 14: An der Projektleitung, Projektteamunterstützung und Begleitgruppe beteiligte Personen

AG Richtwerte	
Peter Blattner	METAS
Urs Capaul	Stadt Schaffhausen, Stadtökologie
Beat Gerber	BAG
Jörg Haller	Leiter öffentliche Beleuchtung EKZ; SLG
Udo Kelling	Lichtplan GmbH; SLG
Eva Krähenbühl	Stadt Bern, Amt für Umweltschutz
Sergio Kraschitz	Kanton Tessin, Dipartimento del territorio
Martin Meier	BAG
Julius Nötzli	BAFU, Rechtsdienst 2
Karl Tschanz	Stadt Zürich, Umwelt- und Gesundheitsschutz
René Zosso	Umwelt und Energie, Kanton Luzern
AG Lichtplanung	
Peter Biemann	Sportamt, Stadt Zürich
Roland Bodenmann	HEFTI. HESS. MARTIGNONI. Aarau AG; Dark-Sky Switzerland
Urs Capaul	Stadt Schaffhausen, Stadtökologie
Markus Chastonay	Amt für Umwelt, Kanton Solothurn
Ivo Egger	Amt für Umweltschutz, Kanton Schwyz
Danielle Hofmann	BAFU, Abt. AÖL
René Kobler	Fachhochschule Nordwestschweiz
Eva Krähenbühl	Amt für Umweltschutz, Stadt Bern
Marcel Mössner	Lufthygieneamt beider Basel
Michael Rammelt	Lichtplan GmbH; SLG
Hermann Schumacher	Sportamt, Stadt Zürich
Pascale Weber	Amt für Landschaft+Natur, Kanton Zürich
AG Sicherheit	
Sicherheit öffentlicher Räume:	
Martin Boess	Schweizerische Kriminalprävention
Felix Bohn	Fachberater altersgerechtes Bauen
Urs Etter	Sankt Galler Stadtwerke; SLG
Clara Jörger	Städtebau Stadt Luzern
Andrea Matt	Ehem. Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz
Mario Rechsteiner	art light GmbH; SLG
Tom Steiner	Zentrum Öffentlicher Raum
Christian Weicht	Experte städtebauliche Kriminalprävention
Verkehrssicherheit:	
Roland Bodenmann	HEFTI. HESS. MARTIGNONI. Aarau; Dark-Sky Switzerland
Odile Bruggisser	BVU, ALG, Kanton Aargau
Urs Etter	Sankt Galler Stadtwerke; SLG
Jörg Haller	Leiter Öffentliche Beleuchtung EKZ; SLG
Andrea Matt	Ehem. Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz
AG Reflexion von Sonnenlicht	
Peter Blattner	METAS
Thomas Hostettler	Swissolar
Stefan Schär	beco, Kanton Bern
Ralph Straumann	EBP

Tabella 15: Expertinnen und Experten der Arbeitsgruppen Richtwerte, Lichtplanung, Sicherheit und Reflexion von Sonnenlicht

A2 Auslegeordnung vorhandener Normen und Richtwerte

	CIE 150:20003	SN EN 12193:2008 Sportstättenbeleuchtung	SN EN 12464-2:2014 Arbeitsplätze im Freien	LiTG 12.3-2011
Umgebungszonen	E1: «Natural» E2: «Rural» E3: «Suburban» E4: «Urban» Geplant: E0: Intrinsically dark (z. B. UNESCO Starlight Reserves, IDA Dark Sky parks)	E1: dunkle Bereiche E2: Bereiche mit geringer GebietsHELLigkeit E3: Bereiche mit mittlerer GebietsHELLigkeit E4: Bereiche hoher GebietsHELLigkeit	E1: dunkle Bereiche E2: Bereiche mit geringer GebietsHELLigkeit E3: Bereiche mit mittlerer GebietsHELLigkeit E4: Bereiche hoher GebietsHELLigkeit	1: Kurgebiete 2: Wohngebiete, Erholungsgebiete 3: Dorfgebiete, Mischgebiete 4: Kerngebiete, Gewerbe-, Industriegebiete (nur Siedlungsgebiet)
Unterscheidung Richtwerte nach Uhrzeit	2 Zeitperioden: pre-curfew / post-curfew, keine spezifische Uhrzeit genannt	2 Zeitperioden: Vor Geltungszeit / nach Geltungszeit, keine spezifische Uhrzeit genannt	2 Zeitperioden: Vor Geltungszeit / nach Geltungszeit, keine spezifische Uhrzeit genannt	3 Zeitperioden: 6h bis 20h, 20h bis 22h, 22h bis 6h
Messgrösse Raumaufhellung	vertikale Beleuchtungsstärke	vertikale Beleuchtungsstärke	vertikale Beleuchtungsstärke	vertikale Beleuchtungsstärke
Schutzobjekt	Mensch (light trespass)	Mensch	Mensch, Flora und Fauna	Mensch
Messort	Flächen von bestehenden / geplanten Wohnhäusern bzw. deren relevante Flächen, insbesondere Fenster	Immissionsort (nicht näher definiert)	Immissionsort (nicht näher definiert)	Ebene des von der Aufhellung am stärksten betroffenen Fensters von Aufenthaltsräumen von Wohnungen
Betrachtete Immissionen	Gesamtmissionen	Immissionen einer Anlage	Immissionen einer Anlage	Immissionen einer Anlage
Relevanter Messwert	Maximalwert	Maximalwert	Maximalwert	Maximalwert
Bereich Richtwerte	Pre-curfew: 2 – 25 Lux Post-curfew: 0 – 5 Lux	Vor Gelt.z.: 2 – 25 Lux Nach Gelt.z.: 0 – 5 Lux	Vor Gelt.z.: 2 – 25 Lux Nach Gelt.z.: 0 – 5 Lux	06-20h, 20-22h: 1 – 15 Lux 22- 06h: 1 – 5 Lux
Zuschlagsfaktoren				Für farbiges und für zeitlich wechselndes Licht
Vergleich mit Konzept USG	Entspricht Konzept Immissionsgrenzwert (IGW), ausser dass IGW nach versch. Umweltzonen abgestuft ist	Entspricht Konzept vorsorglicher Emissionsbegrenzung (Betriebsvorschrift, analog Anlagegrenzwerten in NISV)	Entspricht Konzept vorsorglicher Emissionsbegrenzung (Betriebsvorschrift, analog Anlagegrenzwerten in NISV)	Entspricht Konzept vorsorglicher Emissionsbegrenzung (Betriebsvorschrift, analog Anlagegrenzwerten in NISV)
Messgrösse belästigende Blendung	Lichtstärke der Leuchte in cd	Lichtstärke der Leuchte in cd	Lichtstärke der Leuchte in cd	Leuchtdichte der Blendquelle im Verhältnis zur Umgebungsluchtdichte cd/m ²
Weitere Messgrösse	cd/m ² Fassaden, Schilder		cd/m ² Gebäudefassade	cd/m ² Fassaden, Schilder

	LAI 2012	ÖNORM O 1052:2012	Slowenien
Umgebungszonen	1: Kurgebiete 2: Wohngebiete, Erholungsgebiete 3: Dorfgebiete, Mischgebiete 4: Kerngebiete, Gewerbe-, Industriegebiete (nur Siedlungsgebiet)	A: bebautes Gebiet mit besonderem Schutzbedürfnis B: Wohngebiet C: Mischgebiete, Einkaufsstrassen lokaler Bedeutung D: Kerngebiete, Geschäftsstrassen übergeordneter Bedeutung	Keine Umweltzonen, untersch. Richtwerte nach Abstand von Beleuchtungsanlage: bis 3 m; 3 – 10 m, 10 – 20 m, > 20 m
Unterscheidung Richtwerte nach Uhrzeit	2 Zeitperioden: 6h bis 22h, 22h bis 6h	3 Zeitperioden: 6h bis 20h, 20h bis 22h, 22h bis 6h	2 Zeitperioden: Abend bis 24h, 24h bis in den Morgen
Messgrösse Raumaufhellung	vertikale Beleuchtungsstärke	vertikale Beleuchtungsstärke	vertikale Beleuchtungsstärke
Schutzobjekt	Mensch	Mensch	Mensch
Messort	Fensterebene von Wohnungen bzw. bei Balkonen und Terrassen die Begrenzungsflächen für Wohnnutzung	Fensterebene der zu beurteilenden Räume, insb. Wohn- und Schlafbereiche	Mitte der hellen Fensteröffnung der geschützten Räume
Betrachtete Immissionen	Immissionen einer Anlage	Gesamtmissionen	Immissionen einer Anlage
Relevanter Messwert	Mittelwert	Mittelwert	(ein) Messwert in Fenstermitte
Bereich Richtwerte	06--22h: 1 – 15 Lux 22- 06h: 1 – 5 Lux	06-20h: 1 – 25 Lux 20-22h: 1 – 15 Lux 22- 06h: 1 – 5 Lux	Nacht: 0.2 – 5 Lux
Zuschlagsfaktoren	Für farbiges und für zeitlich wechselndes Licht	Für farbiges und für zeitlich wechselndes Licht	
Vergleich mit Konzept USG	Entspricht Konzept vorsorgliche Emissionsbegrenzung (Betriebsvorschrift, analog Anlagegrenzwerte in NISV)	Entspricht Konzept Immissionsgrenzwert (IGW), ausser dass IGW nach versch. Umweltzonen abgestuft ist	Entspricht Konzept vorsorgliche Emissionsbegrenzung (Betriebsvorschrift, analog Anlagegrenzwerte in NISV)
Messgrösse belästigende Blendung	Leuchtdichte der Blendquelle im Verhältnis zur Umgebungleuchtdichte cd/m^2	Leuchtdichte der Blendquelle im Verhältnis zur Umgebungleuchtdichte cd/m^2	
Weitere Messgrösse	cd/m^2 Fassaden, Schilder	cd/m^2 Fassaden, Schilder Vorgaben zur Begrenzung der Aufhellung Natur + Umwelt	cd/m^2 Fassaden

A3 Protokoll des Experteninterviews zu den LAI-Hinweisen

Protokoll zum Expertengespräch mit Dipl.-Ing. Hermann Lewke vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie des Landes Mecklenburg-Vorpommern

Ziel	Vollzugserfahrungen aus Deutschland sollen abgeholt werden	
Teilnehmende	Hermann Lewke	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie des Landes Mecklenburg-Vorpommern
	Laurence Duc	Ernst Basler + Partner
Interview	5. Oktober 2015, 9.30 – 11.00 Uhr	

Grundsätzliches

Wann gelangen die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) zur Anwendung?

Licht gehört zu den Emissionen und Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Im BImSchG sind die Schutzziele bez. Licht definiert. Die Anwendung der LAI-Hinweise ist abhängig vom Genehmigungsverfahren. Für die genehmigungsbedürftigen Anlagen besteht durchaus die Möglichkeit, die LAI-Hinweise bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen.

- Bestimmte Anlagen sind genehmigungsbedürftig nach BImSchG (z. B. große chemische Anlagen oder Heizungsanlagen). Im Bewilligungsverfahren werden die Emissionen und die entsprechenden Immissionen von solchen Anlagen geprüft. Licht gehört ebenfalls dazu. Konkrete und verbindliche Auflagen zum Licht können im Rahmen dieses Verfahrens festgelegt werden.
- Bei Anlagen, die nicht nach BImSchG, sondern nach Baurecht bewilligungspflichtig sind, werden im Einzelfall (eher bei grösseren Anlagen) im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens die durch die Anlage verursachten Lichtemissionen und -immissionen geprüft (z. B. Parkhäuser). Auf Landesebene steht in der Landesbauordnung, dass das Thema Licht im Rahmen der Baugenehmigung berücksichtigt werden soll. Das Verfahren kann aber von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich sein. In der Regel entscheidet das Bauamt, ob das Thema Licht für eine bestimmte Anlage relevant sein könnte und dementsprechend geprüft werden soll. Auf kommunaler Ebene werden die Baugesuche durch den Landkreis geprüft. Der Landkreis entscheidet, welche Grundlagen im Rahmen des Baugesuchs dargestellt werden müssen. Der Landkreis definiert ebenfalls allfällige Auflagen im Bereich Licht. Das Licht wird aber nicht von den Behörden automatisch bei jedem Bauprojekt berücksichtigt.

- Die Gemeinden verfügen ebenfalls über ein Instrument, um die Lichtimmissionen in der Planung zu berücksichtigen. Im Rahmen von Bauleitplänen (entspricht etwa den Zonenplänen in der Schweiz) können bei der Festlegung von neuen Gebieten Umweltprüfungen durchgeführt werden. Dabei werden mögliche Auswirkungen eines Gebiets auf die Nachbarschaft beurteilt. In diesem Rahmen können konkrete, verbindliche Auflagen bez. Licht (z.B technische Massnahmen oder Vorgaben bezüglich Lichtfarbe) pro Gebiet bestimmt werden.

Bei nicht bewilligungspflichtigen Anlagen werden die LAI-Hinweise erst bei Klagen aus der Bevölkerung angewendet.

Wer wendet die LAI-Hinweise an?

Die Gemeinden und die Bundesländer wenden die LAI-Hinweise im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren an (siehe Frage 1.1). Die Bundesregierung hat sich bis zum heutigen Zeitpunkt zum Thema Licht nicht geäussert.

Bei Gerichtsfällen werden die LAI-Hinweise ebenfalls verwendet. Das Thema Licht bleibt aber weniger wichtig als andere Umweltbereiche wie Lärm, Luft oder Erschütterungen. Die LAI-Hinweise entsprechen keinen Verwaltungsvorschriften und sind daher nicht normativ. Die Gerichte müssen sich zum Thema Licht sachverständig äussern, jedoch bleiben Abweichungen zu LAI-Hinweisen möglich.

Gibt es Unterschiede im Vollzug zwischen einzelnen Kommunen / Ländern?

Die Lichtsituation in den verschiedenen Bundesländern bzw. Gemeinden kann mehr oder weniger ausgeprägt sein. Das Baugenehmigungsverfahren kann ebenfalls von Bundesland zu Bundesland variieren. Falls ein Problem bez. übermässigen Lichtimmissionen vorliegt, werden jedoch die LAI-Hinweise überall gleich angewendet.

Wer führt Messungen zur Beurteilung von Lichtimmissionen durch? Behörden? Private Messbüros? Besteht eine Akkreditierungspflicht?

Die Gemeinden haben in der Regel keine lichtplanerische Erfahrung. Jedoch können die meisten Gemeinden Messungen der Raumaufhellung durchführen und die Ergebnisse mit den LAI-Richtwerten vergleichen. Die meisten Bundesländer können mit den Messungen der Raumaufhellung und der psychologischen Blendung umgehen. Üblicherweise wird jedoch die Leuchtdichte durch private Messbüros gemessen. Es besteht keine Akkreditierungspflicht.

Klagen / Gerichtsfälle

Gehen häufig Beschwerden gegen Lichtemissionen ein (verglichen mit Beschwerden in anderen Umweltbereichen wie z. B. Lärm)?

Im Allgemeinen gibt es nicht sehr viele Klagen zum Thema Licht. Es geht meistens um Nachbarschaftsbeschwerden bei Leuchtreklamen. Seltener kommen Beschwerden bei Industrieanlagen vor.

Die Anzahl Beschwerden bei Windkraftanlagen (leuchtende Verkehrszeichen) hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Lichtimmissionen durch Windkraftanlagen werden aber nicht anhand der LAI-Hinweise beurteilt.

Welche Situationen führen zu Klagen?

Die Anlagen die überwiegend zu Klagen führen, sind die folgenden:

- Leuchtreklamen
- Sportanlagen
- Parkhäuser (Fahrzeuge und Innenbeleuchtung)
- Grosse LED-Schirme

Sowohl die übermässige Raumaufhellung als auch die psychologische Blendung können zu Klagen führen. Bei Sportanlagen geht es vor allem um die psychologische Blendung. Die Klagen in diesem Bereich haben jedoch in den letzten Jahren stark abgenommen. Die lichttechnische Sanierung der Sportanlagen im Rahmen der Förderung von Sportanlagen hat nämlich die Situation stark entschärft.

Wurden die Immissionsrichtwerte im Rahmen von Beschwerde- oder Gerichtsverfahren schon einmal in Zweifel gezogen (zu wenig streng/zu streng)?

Die Richtwerte der LAI sind anspruchsvoll im Vergleich zu internationalen Normen wie z. B. den Richtwerten aus England. In Deutschland hat sich die Anwendung dieser Richtwerte jedoch sehr bewährt. Vor 10 Jahren wurden im Rahmen der Sportministerkonferenz Einwände geäussert. Die AG Sportstätten fanden damals die Richtwerte zu streng. Seit der Sanierung der Sportanlagen (siehe Frage 2.2) hat sich die Situation stark entschärft. Es wurden seitdem keine weiteren Einwände geäussert. Heutzutage ist der Bau von neuen Sportanlagen grundsätzlich möglich, ohne die Richtwerte zu überschreiten.

Wie ist die Akzeptanz der Richtwerte in der Bevölkerung? Sind Kläger zufrieden, wenn mit entsprechenden Massnahmen die Richtwerte eingehalten werden können?

Die Akzeptanz der Richtwerte ist nicht immer gegeben, da häufig auch bei eingehaltenen Werten eine gewisse Belästigung verbleibt. In solchen Fällen sollen zusätzliche Massnahmen zu einer Reduktion der Belastung geprüft werden. Dies ist aber primär vom guten Willen des Betreibers der Beleuchtungsanlage abhängig.

Ein Spezialfall wie z. B. beim gleichzeitigen Wachstum einer Industriezone und einer angrenzenden Wohnzone haben die Behörden die Möglichkeit, zu den nächst niedrigen Richtwerten zu greifen. Für die Beurteilung von industriellen Beleuchtungsanlagen in der unmittelbaren Nähe von Wohngebäude könnten die Richtwerte der Gebietsart 3 statt 4 angewendet werden.

Haben sich die Immissionsrichtwerte und Messhinweise in der Vollzugspraxis bewährt oder gibt es aus Ihrer Sicht diesbezüglich Anpassungsbedarf?

Die Richtwerte der LAI sind seit dem Jahr 2000 in Anwendung. Die LAI-Hinweise haben sich seitdem kaum geändert (nur kleine Änderungen bei den Hinweisen). Die Richtwerte der LAI gelten als sehr hilfreich. Ein Abwägungsspielraum, eine gewisse Flexibilität im Einzelfall sind aber für die Vollzugspraxis notwendig. Bei bestehenden Beleuchtungsanlagen sind Abweichungen möglich, während bei neuen Anlagen der Stand der Technik verlangt wird. Dass ein Vorhaben wegen den Richtwerten der LAI nicht realisiert werden konnte, ist nicht bekannt. In der Regel wird immer eine gute Lösung gefunden. Zum Beispiel werden bei Grosstadion mit Fernsehübertragungen Ausnahmen gesprochen. Die Gerichte haben nämlich im Hinblick auf das starke öffentliche Interesse entschieden, dass die erhöhte Belästigung der Nachbarschaft während der grossen Spiele akzeptiert werden muss. Insgesamt sind es nur ca. 20 Spiele pro Standort und Jahr, die im Fernsehen übertragen werden und bei denen die Lichtimmissionen die Richtwerte nicht einhalten können.

Es besteht jedoch ein Forschungsbedarf bei der Beurteilung von grossen LED-Schirmen. Die LAI-Hinweise können nämlich in solchen Fällen kaum angewendet werden. Die Beurteilung anhand der Richtwerte für die psychologische Blendung ist manchmal möglich. Die Beurteilung der Belästigung sowie die Messung der Immissionen bleiben aber sehr schwierig.

Planung/Vollzug

Werden die Richtwerte im Vollzug/bei der Planung angewendet? Sind viele Anlagen davon betroffen?

Ja, die Werte werden im Vollzug und bei der Planung angewendet. Die Strassen- und Bahnbeleuchtung sowie leuchtende Verkehrszeichen bilden eine Ausnahme und werden nach EN 13201-1 geregelt.

Bei der Planung werden Lichtplaner im Rahmen der Umweltprüfungen von grossen Anlagen (z. B. Kohlekraftwerke, Raffinerien, Sportplätze) beauftragt.

Entsprechen die Richtwerte dem Stand der Technik? Können die Richtwerte mit entsprechenden Massnahmen in der Regel eingehalten werden? Oder wären angesichts neuer technolo-

gischer Entwicklungen (z. B. gezieltere Ausrichtung der Beleuchtung mit LED) sogar strengere Richtwerte technisch möglich?

Ja, die Richtwerte sind geeignet und entsprechen dem Stand der Technik. Der Vollzug mit strengeren Richtwerten wäre nicht möglich.

Führt die Anwendung der Richtwerte dazu, dass diese von den zu bewilligenden Anlagen auch ausgeschöpft werden?

Im BImSchG steht für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Anlagen nach Baurecht) dazu, dass die Immissionen so weit wie möglich begrenzt werden sollen. Anhand der LAI-Hinweise können kaum tiefere Lichtimmissionen als die Richtwerte erzielt werden. Über den Naturschutz kann aber ein weiterer Druck ausgeübt werden, und es können so weitere Verminderungen erreicht werden.

Welches sind die Anforderungen an Baugesuchsunterlagen von lichtemittierenden Anlagen? Werden im Rahmen der Baugesuchsunterlagen Prognosen der Lichtimmissionen verlangt?

Die Anforderungen an Baugesuchsunterlagen sind abhängig von der Gebietsnutzung und der Grösse der lichtemittierenden Anlagen. Prognosen können im Einzelfall verlangt werden, ist aber nur selten der Fall. Nach dem Bau einer Anlage wird in der Regel keine Kontrolle der Auflagen gemacht. Bei grossen Anlagen könnte aber eine solche Kontrolle verlangt werden. Bei kleineren Anlagen werden Messungen nur bei Beschwerden durchgeführt.

Welche der in Kapitel 6 der LAI-Hinweise aufgeführten Massnahmen werden in der Regel verfügt? Gibt es auch zusätzliche technische Massnahmen wie z. B. Dimmung, die angeordnet werden?

Diese Massnahmen sind einfache Empfehlungen zu Händen der Baubehörden, die nicht immer über die entsprechende Erfahrung verfügen. Die Liste ist jedoch nicht abschliessend.

Die Naturschutzbehörden wurden bei der Erarbeitung der Hinweise einbezogen. Leider waren sie sehr uneinig über die nötigen Massnahmen im Bereich Naturschutz und haben teilweise unangemessene Massnahmen verlangt. Die im Anhang 10 der LAI aufgelisteten Naturschutzmassnahmen sind daher nicht sehr umfassend. Die Verfasser der LAI-Hinweise haben die Massnahmen berücksichtigt, die sie selber als angemessen und allgemein gültig betrachteten. Diese Massnahmen werden heutzutage von den Vollzugsbehörden berücksichtigt und angewendet.

Wie ist das Vorgehen bei der Beurteilung von Beschwerden bzw. bei einer insgesamt zu hohen Beleuchtungsstärke durch bestehende Anlagen? Gibt es Möglichkeiten, in solchen Situationen auch bei bestehenden Anlagen einzugreifen?

Bestehende Anlagen sind rechtlich nicht verpflichtet, Reduktionsmassnahmen zu treffen. Massnahmen werden jedoch im Einzelfall geprüft (siehe Massnahme 14 der LAI). Eine Lösung wird also gesucht. Die betroffenen Betriebe sollen aber wirtschaftlich nicht gefährdet werden.

Gelten die gesetzlichen Anforderungen (Richtwerte) nur für neue lichtemittierende Anlagen oder auch, wenn neue Gebäude im Bereich von bestehenden lichtemittierenden Anlagen geplant werden?

Beim Bau von Wohngebäuden in der Nähe von bestehenden lichtemittierenden Anlagen muss der Bauherr die zukünftigen Bewohner informieren, dass sie mit erhöhten Lichtimmissionen rechnen müssen. Weiter ist der Bauherr verantwortlich für die Einhaltung der entsprechenden Richtwerte. Gegebenenfalls muss er Massnahmen treffen, um die Lichtimmissionen in den Wohnräumen zu reduzieren (Ausrichtung und Gestaltung der Gebäude, Einordnung der Räume oder Gestaltung der Umgebung z. B. mit Hecken).

Bei neuen Schulen ist die Situation anders. Schulen entsprechen einem hohen öffentlichen Interesse und sind daher strenger geschützt als andere Gebäude. Im Fall einer neuen Schule in unmittelbarer Nähe von einem Sportplatz werden Massnahmen beim Sportplatz gesucht, um die Belästigungen in den Schulräumen zu minimieren.

Weitere Fragen

Wie sind die Vollzugserfahrungen bei Leuchtreklamen und Bildschirmen? Gab es dabei Probleme mit anderen Bereichen (z. B. Sicherheit im Strassenverkehr)?

Die LAI-Richtwerte werden für die Planung und die Prüfung von Leuchtreklamen angewendet. Bei Bildschirmen besteht ein Forschungsbedarf, da eine gute Beurteilung der Belästigung heutzutage kaum möglich ist (siehe Frage weiter oben).

Leuchtreklamen und Bildschirme sollen grundsätzlich den Strassenverkehr nicht beeinträchtigen. Der Einbezug von Sicherheitsaspekten entlang von Strassen ist aber zurzeit nicht geregelt und wird nicht streng betrachtet.

Nach welchen Kriterien werden die Lichtimmissionen durch Strassenbeleuchtungen beurteilt?

Für die Planung und die Prüfung von Strassenbeleuchtungen ist die Norm EN 13201-1 massgebend. Im Einzelfall wird von der Norm abgewichen, um die Lichtimmissionen in der Umgebung noch weiter zu reduzieren.

Die Strassenbeleuchtung führt tatsächlich zu einem gewissen Verdeckungseffekt, der nicht geregelt ist. Die Abschaltung oder die Dimmung der Strassenbeleuchtung in den Nachtstunden wird von immer mehr Gemeinden in Betracht bezogen. Obwohl die Strassenbeleuchtung

oft der Hauptverursacher für übermässige Lichtimmissionen ist, sollen die anderen Lichtquellen die Richtwerte trotzdem einhalten. Wenn die Auswirkungen einer Lichtquelle sehr marginal im Vergleich zu denen der Strassenbeleuchtung sind, könnte eine Abweichung möglich sein. Es muss aber nachgewiesen werden, dass die Strassenbeleuchtung weiterhin die grösste Lichtquelle ist und bleiben wird.

Wie werden Situationen ausserhalb des Siedlungsgebiets beurteilt (z. B. lichtemittierende Anlagen im Bereich von Naturschutzgebieten)?

Klare Vorschriften für den Naturraum wären wünschenswert. Leider wurde diesbezüglich kein Konsens mit den Naturschutzbehörden gefunden. Im Naturraum werden die im Anhang der LAI-Hinweise aufgelisteten Massnahmen angewendet.

Wird im Vollzug mit Fachpersonen aus ganz unterschiedlichen Bereichen (z. B. Verwaltung, Technik, Planung, Ökologie, Ökonomie) zusammengearbeitet? Wie sind die bisherigen Erfahrungen? Wie regelmässig werden Lichtplaner in öffentliche Planungsvorhaben eingebunden? Falls es nur sehr selten geschieht: Was sind die Gründe?

Nein, eine kommunikative Zusammenarbeit findet heutzutage nicht statt. Ob Lichtplaner mitbezogen werden hängt von der Grösse der Anlage ab.

Nach welchen Kriterien werden Interessensabwägungen durchgeführt (z. B. Minimierung Lichtemissionen versus notwendige Beleuchtung aus Sicherheitsgründen)?

Die Hauptkriterien sind die soziale Akzeptanz, das öffentliche Interesse und die Sicherheit. Bei der Strassenbeleuchtung spielt die Sicherheit die wichtigste Rolle. Der Schutz der Nachbarschaft hat dabei eine geringere Bedeutung.

In den LAI-Hinweisen sind Immissionsrichtwerte je Anlage festgelegt. Wie kann eine Erhöhung der Gesamtbelastung vermieden werden?

Die Prüfung der Immissionen wird pro Betreiber durchgeführt. Das heisst, dass in einem ersten Schritt die Gesamtimmissionen aller Teilanlagen (einzelne Lichtquellen) zusammen beurteilt werden. Falls der entsprechende Richtwert überschritten ist, werden die einzelnen Teilanlagen angeschaut, um die für die übermässigen Lichtimmissionen massgebende(n) Lichtquelle(n) zu identifizieren.

A4 Factsheets zur Beleuchtung öffentlicher Räume in Bezug auf Sicherheit

Innerstädtischer Platz (historische Bedeutung)

Kriterium	Beurteilung
Zentrale Nutzungsgruppen (Bedürfnisse, Wahrnehmung von Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Vielfältige Nutzung, grundsätzlich alle Nutzungsgruppen denkbar - Primäre Gruppe: Bevölkerung sowie Gäste/Touristen
Relevante Unsicherheit (Delikte, Angstempfinden etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Taschen-/Entreissdiebstahl - Sind auf dem Platz Kriminalität oder Angst vorhanden oder nicht? Je nachdem ist eine andere Beleuchtung notwendig.
Welches Licht ist zu empfehlen? (Farbe, Stärke, Leuchtkörper)	<ul style="list-style-type: none"> - warm-weisses Licht - dezent mit punktuellen Akzenten für Gefahrenstellen (z. B. Treppen, Stufen) sowie zur Orientierung (mögliche Fluchtwege) - zeitabhängige Beleuchtung: Wird der Platz nicht mehr genutzt (Cafés, Restaurants etc.), liesse sich die Beleuchtung deutlich reduzieren - Beleuchtete Fassaden schaffen einen gleichmässig beleuchteten Raum, führen aber häufig zu nach oben gerichteten Lichtemissionen. Fassaden können schon mit geringer Lichtstärke wirkungsvoll beleuchtet werden, sodass die Lichtemissionen begrenzt bleiben. Insgesamt sind beleuchtete Fassaden aber nur sehr gezielt und eher in Ausnahmefällen in das Beleuchtungskonzept einzubinden. - Eine gänzliche Abschaltung ist nicht zu empfehlen, Licht gehört zur Urbanität; die Beleuchtung sollte aber den Nutzungsbedürfnissen angepasst sein.
Weitere zu beachtende Aspekte für Beleuchtung/Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Historische Leuchtkörper stellen eine Herausforderung dar, ggf. sie sind so konzipiert, dass unnötige Lichtemissionen nicht zu vermeiden sind. Grundsätzlich lassen sich diese aber mit LED-Technik gut umrüsten und den heutigen Anforderungen anpassen. - Kontraste stellen eine zentrale Herausforderung dar, diese gilt es vor allem in Bezug auf mögliche Unfallstellen zu berücksichtigen. Auch Täter nutzen oft starke Hell-Dunkel-Kontraste. - Dort wo Fluchtwege für Täter vorhanden sind (z. B. dunkle Seitengasse), ist die Gefahr von Vandalismus, Einbrüchen, etc. grösser – unabhängig von der Beleuchtung. - Die umliegenden Strassen/Plätze sind ebenfalls in die Lichtplanung mit aufzunehmen, damit keine zu starken Unterschiede zwischen den verschiedenen Räumen entstehen (mögliche Täter könnten in einer deutlich dunkleren Umgebung leichter untertauchen). Historische Plätze sind meist jedoch nicht Problemzonen für die Kriminalität, sondern die Seitengassen. - Orientierungspunkte in der Stadt (spezielle Gebäude, Wahrzeichen) schaffen Heimatgefühle und können damit mithelfen, Vandalismus zu reduzieren.
Beispiele für gut beleuchtete Räume	<ul style="list-style-type: none"> - Altstadt Süd in St. Gallen; mit historischen Leuchten z. T. umgerüstet auf LED
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund der besonderen Bedeutung historischer Orte und des Ziels, dass sich die Nutzenden wohlfühlen, ist für die Beleuchtung trotz geringerer Energieeffizienz warm-weisses Licht gegenüber neutral-weissem zu bevorzugen.

Innerstädtischer Platz (historische Bedeutung)**Kriterium****Beurteilung**

- Gibt es in dem Raum Orte oder Infrastrukturen, die eine Gefährdung für die Nutzenden darstellen, können diese speziell beleuchtet werden, sollen aber das allgemeine Beleuchtungskonzept nicht beeinträchtigen.
- Die Beleuchtung sollte im Kontext von Raum und Architektur stehen.

Parkplätze (öffentlich, 24 Stunden zugänglich)

Kriterium	Beurteilung
Zentrale Nutzungsgruppen (Bedürfnisse, Wahrnehmung von Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Grundsätzlich keine Einschränkungen
Relevante Unsicherheit (Delikte, Angstempfinden etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Klassischer „Angstraum“, nicht ganz so ausgeprägt wie ein Parkhaus, aber ein Raum, in dem man per se leicht Unsicherheit empfindet. - Autoeinbrüche - Sachbeschädigung
Welches Licht ist zu empfehlen? (Farbe, Stärke, Leuchtkörper)	<ul style="list-style-type: none"> - Braucht ein Parkplatz überhaupt eine Beleuchtung (Beleuchtung kann u.a. zur Folge haben, dass ein Treffpunkt z. B. für Jugendliche entsteht)? Aber: Eine minimale Ausleuchtung ist zur Freund-/Feind-Erkennung notwendig. - Gleichmässige Beleuchtung, um starke Kontraste und dunkle Zonen zu vermeiden - Lichtquellen sind entweder sehr hoch oder sehr niedrig (unterhalb der Augenhöhe, z. B. an Pollern) anzubringen, um Blendwirkungen zu vermeiden. - Licht mit guter Farbwiedergabe - Dynamische Beleuchtung als Option, die sich zusätzlich zu einer Grundbeleuchtung der Route der Fahrzeuge anpasst
Weitere zu beachtende Aspekte für Beleuchtung/Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Gültige Normen berücksichtigen --> jeweils für den spezifischen Raum abzuklären - Fahrzeuge dürfen mit ihren Scheinwerfern keine Personen blenden; --> prüfen, inwiefern ein Blendschutz angebracht ist (z. B. ähnlich Blendschutz bei Autobahnen). - Die Umgebung ist in die Planung mit einzubeziehen, es sollten keine zu harten Helligkeitsunterschiede zu den umliegenden Räumen entstehen; vor allem ist ein „Bühneneffekt“ zu vermeiden, der es Personen ausserhalb des Parkplatzes erlaubt, die Personen in den parkenden Autos zu beobachten, ohne selbst gesehen zu werden. - Eine geringe Beleuchtung ist von Vorteil, da potenzielle Täter nicht gut erkennen können, ob sich im Fahrzeug Gegenstände befinden, die einen Einbruch lohnen. - Gewisse Objekte wie z. B. ein Ticket-Automat, eine Barriere bei Ein- und Ausfahrt oder Ausgänge können zur besseren Orientierung gesondert beleuchtet werden. - Beleuchtung abschalten, wenn Parkplätze nicht genutzt werden --> reduziert Vandalismus - Die Beleuchtung sollte im Zusammenspiel mit den anderen Gestaltungselementen so geplant werden, dass keine Versteckmöglichkeiten für Täter entstehen.
Beispiele für gut beleuchtete Räume	<ul style="list-style-type: none"> -
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Eine minimale, gleichmässige Beleuchtung sollte vorhanden sein, um eine Orientierung zu ermöglichen und potenziellen Gefährdungen auszuweichen. Da heute praktisch alle Fahrzeuge über eine funkgesteuerte Türöffnung verfügen, die gleichzeitig die Innenraumbeleuchtung aktiviert, muss es auf dem Parkplatz nicht unbedingt so hell sein, dass ein physisches Öffnen der Fahrzeugtür mit einem Schlüssel

Parkplätze (öffentlich, 24 Stunden zugänglich)**Kriterium****Beurteilung**

möglich ist.

- Parkplätze müssen nicht die ganze Nacht über hell beleuchtet sein, so wie derzeit teilweise bei gewissen Einkaufszentren oder in Gewerbe-/Industriezonen.
- Bei Parkplätzen, die nachts nicht genutzt werden, ist zu prüfen, ob ein Verzicht auf eine Beleuchtung möglich wäre.

Einfamilienhäuser (Aussenbeleuchtung)

Kriterium	Beurteilung
Zentrale Nutzungsgruppen (Bedürfnisse, Wahrnehmung von Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Bewohner: Wollen sich sicher fühlen, wenn sie nach Hause kommen (Sicherheit auf dem Grundstück, Sicherheit auf der Zufahrt)
Relevante Unsicherheit (Delikte, Angstempfinden etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Einbruch (Einbrüche in private Wohnobjekte finden primär in der Dämmerung statt, wenn es schon dunkelt, aber die Bewohner noch nicht zu Hause sind; Einbrüche während der Nacht sind eher selten, da dies die Wahrscheinlichkeit für den Täter erhöht, entdeckt zu werden). - Raubüberfall
Welches Licht ist zu empfehlen? (Farbe, Stärke, Leuchtkörper)	<ul style="list-style-type: none"> - Beleuchtung im Haus, die Anwesenheit simuliert, ist aus kriminalpräventiver Sicht die beste Massnahme; diese lässt sich problemlos über Zeitschaltuhren steuern. - Während der Zeit der Dämmerung (tatrelevante Zeit) empfiehlt sich eine dezente, gleichmässige Beleuchtung des Grundstücks (keine Spots). Dies erhöht das Sicherheitsgefühl der Bewohner, da diese nicht in eine „schwarze Wand“ schauen, von der aus potenzielle Täter sie beobachten können, ohne selbst gesehen zu werden. Dunkle Zonen/Ecken, in denen sich potenzielle Täter verstecken könnten, sind zu vermeiden. - Nachts kann auf eine permanente Beleuchtung des Grundstücks komplett verzichtet werden, diese hat keine Auswirkung auf das Sicherheitsempfinden; vor allem auch, da zu diesen Zeiten keine soziale Kontrolle möglich ist. - Für eine Ausleuchtung von Gehwegen, Zufahrten etc. eignet sich eine Steuerung mit Bewegungsmeldern. Diese sind so einzustellen, dass Kleintiere sie nicht auslösen können und sie nicht aktiviert werden, wenn Personen oder Fahrzeuge auf Strasse oder Trottoir das Grundstück passieren.
Weitere zu beachtende Aspekte für Beleuchtung/Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Die Beleuchtung von Privatgrundstücken/Häusern darf nicht in einem Missverhältnis zur Beleuchtung der umliegenden öffentlichen Räume (Strassen, Wege) stehen; es gilt die Beleuchtung für alle Räume in einem Wohnquartier, vor allem in der Nacht, weitgehend zu minimieren. - Zur Minimierung der Blendwirkung und von Lichtemissionen sollte die Strassenbeleuchtung im Bereich von Einfamilienhäusern so weit wie möglich heruntergefahren werden. - Der Einsatz dynamischer Beleuchtungssysteme ist zu prüfen --> Licht nur dann, wenn wirklich erforderlich
Beispiele für gut beleuchtete Räume	<ul style="list-style-type: none"> - Hüttenwiesstrasse in St. Gallen: erste volldynamische Strassenbeleuchtung in der Schweiz
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Aus dem Blickwinkel der Sicherheit kann auf eine Aussenbeleuchtung von Einfamilienhäusern weitgehend bis ganz verzichtet werden. Beleuchtung hat nur dann eine kriminalpräventive Wirkung, wenn soziale Kontrolle stattfindet; diese ist bei Einfamilienhäusern, bei denen man in Abhängigkeit von Abstand und Bepflanzung den Nachbarn gar nicht sehen kann, nicht gegeben. - Moderne Bauweisen verwenden viel Glas. Entsprechend gehen auch von der Innenbeleuchtung Lichtemissionen aus.

Einfamilienhäuser (Aussenbeleuchtung)**Kriterium****Beurteilung**

- Einfamilienhäuser sind privat. Die öffentliche Hand hat hier nur sehr beschränkte Handlungsmöglichkeiten. Sie kann primär sensibilisieren und Empfehlungen aussprechen.

Urbane Parkanlagen (24 Stunden zugänglich)

Kriterium	Beurteilung
Zentrale Nutzungsgruppen (Bedürfnisse, Wahrnehmung von Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Einschränkungen, grundsätzlich alle Nutzungsgruppen denkbar
Relevante Unsicherheit (Delikte, Angstempfinden etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Generelles Angstgefühl - Gewalt- und Sexualdelikte - Drogendelikte
Welches Licht ist zu empfehlen? (Farbe, Stärke, Leuchtkörper)	<ul style="list-style-type: none"> - Aus ökologischen Überlegungen ist warm-weisses Licht < 3'000 K zu empfehlen. - Gewässer und Bäume sind nach Möglichkeit gar nicht zu beleuchten. - Lichtlenkung nur von oben nach unten, auf Beleuchtung von Bäumen von unten ist zu verzichten. - Generell ist von der zuständigen Behörde zu entscheiden, ob auf eine Beleuchtung von Parkanlagen nicht komplett verzichtet werden kann bzw. auf welche Personengruppen die Beleuchtung ausgerichtet werden soll (z. B. benötigen Jugendliche in urbanen Gebieten eigene Bereiche, die nicht unbedingt beleuchtet werden müssen). - Soll auf eine Beleuchtung nicht verzichtet werden, so könnten Wege nach ihrer Funktion unterschiedlich beleuchtet werden: Hauptwege heller als Nebenwege, nur Beleuchtung Hauptwege etc.
Weitere zu beachtende Aspekte für Beleuchtung/Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Eine gute Planung (Wegeführung/Orientierung) und Bewirtschaftung von Buschwerk, Bäumen etc. hat massgeblichen Einfluss auf die Sichtverhältnisse in Parkanlagen; Sichthindernisse sind zu vermeiden, vor allem in direkter Umgebung von Wegen. - Gute Sichtverhältnisse sind für eine soziale Kontrolle mindestens genauso wichtig wie eine gute Beleuchtung. - Es gilt, in einer Parkanlage mit Beleuchtung keine Sicherheit vorzutäuschen. Nutzende sollen immer noch abwägen, ob es für sie nicht ggf. angebracht ist, den Park bei Dunkelheit besser zu meiden.
Beispiele für gut beleuchtete Räume	<ul style="list-style-type: none"> - Brühlgutpark und Eulachpark Winterthur: Der Brühlgutpark hat Durchgangswege, Kinderspielplätze. Er war „heruntergekommen“ (z. B. Drogen). Indem überlegt wurde, „Wo setzt man Zusatzbeleuchtungen ein? Wo lässt man es dunkel?“, ist eine Aufwertung gelungen. - Inseli Luzern: Ohne Licht gab es Probleme (z. B. Littering, missbräuchliche Verwendung als WC-Anlage). Mit wenig Beleuchtung konnten diese Probleme weitgehend behoben werden.
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Zentral für die Beleuchtung einer Parkanlage ist ihre Funktion. Ist sie primär für eine Nutzung tagsüber vorgesehen und hat sie keine nächtliche Funktion, ist ein Verzicht auf eine nächtliche Beleuchtung möglich. Hat sie jedoch eine nächtliche Funktion, z. B. als Verbindungsachse zwischen anderen Räumen für Fussgänger oder Velofahrer, dann ist eine den Bedürfnissen angemessene Beleuchtung vorzusehen. Dunkelzonen, die als Versteckmöglichkeiten dienen könnten, sind zu vermeiden.

Urbane Parkanlagen (24 Stunden zugänglich)

Kriterium

Beurteilung

- Bei Parkanlagen sollten ökologische Kriterien stärker gewichtet werden, eine maximale Reduktion von Lichtemissionen ist nach Möglichkeit in Betracht zu ziehen
- In Abhängigkeit von der Beleuchtung der Umgebung der Parkanlage sind Adaptionsflächen zu schaffen, mit denen sich zu starke Helligkeitsunterschiede vermeiden lassen und der Übergang von helleren in dunklere Räume gelingt.

Periphere Gewerbe-/Industriezone (Schwerpunkt Wege/Trottoir)

Kriterium	Beurteilung
Zentrale Nutzungsgruppen (Bedürfnisse, Wahrnehmung von Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Einschränkungen, Nutzung grundsätzlich für alle Gruppen möglich
Relevante Unsicherheit (Delikte, Angstempfinden etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Stürze: Trottoir muss klar als von der Fahrbahn abgetrennte Fläche zu erkennen sein - Eher wenig soziale Kontrolle
Welches Licht ist zu empfehlen? (Farbe, Stärke, Leuchtkörper)	<ul style="list-style-type: none"> - Neutral-weisses Licht < 4'500 K ist für möglichst gute Kontraste zu empfehlen. - Punkte mit Gefahrenpotenzial lassen sich gezielt heller beleuchten oder durch bauliche Massnahmen entschärfen. - Verkehrsintensität ist mitbestimmend --> geltende Normen haben Auswirkung darauf, wie stark die Strasse zu beleuchten ist. - Lichtquellen sollten sehr hoch oder unter Augenhöhe sein, um Blendeffekte zu vermeiden. - Gute Farbwiedergabe - Für Fuss- und Radwege gilt die Norm SN 13201, diese Vorgaben haben direkte Auswirkungen auf die Beleuchtung des Trottoirs.
Weitere zu beachtende Aspekte für Beleuchtung/Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Sicherheit ist nicht nur die Beleuchtung zentral, Trottoirs oder auch Velowege sind unbedingt klar zu kennzeichnen. - In Industriegebieten kann allenfalls eine Beleuchtung aus Arbeitsschutzgründen notwendig sein. Hier wäre jedoch zu prüfen, ob dazu jeweils das gesamte Areal auszuleuchten ist oder ob nicht eine Reduktion auf bestimmte Bereiche möglich ist. - Wenn Industrie- und Gewerbegebiete an Siedlungen oder Naturflächen angrenzen, sind die Auswirkungen der Emissionen von neutral-weissem Licht zu berücksichtigen; hier wäre zu prüfen, ob dann nicht auch warm-weisses Licht infrage kommt.
Beispiele für gut beleuchtete Räume	<ul style="list-style-type: none"> -
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Die Funktion des Raumes und damit Überlegungen dazu, wie viel Licht es braucht, werden häufig ausser Acht gelassen. Folge: eher zu hohe Beleuchtungswerte. - Gewerbebezonen/Industriezonen werden oftmals während der Dunkelheit zu stark beleuchtet. Die Räume werden dann häufig kaum oder gar nicht genutzt und die Beleuchtung dient allein der Repräsentation der Unternehmen; hier besteht noch grosses Potenzial für Reduktionen von Lichtemissionen. Entsprechend sind Überlegungen für die Beleuchtung von Trottoirs und anderen Wegen in diesen Zonen nicht losgelöst zu betrachten, sondern es ist die Beleuchtung der gesamten Zone zu prüfen.

öV-Haltestelle (Tram, Bus) (wenig frequentierte Zonen: Agglomeration, ländlich)

Kriterium	Beurteilung
Zentrale Nutzungsgruppen (Bedürfnisse, Wahrnehmung von Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Tram-/Busführer müssen Wartende gut sehen können - Eine Haltestelle muss für alle sicher zu nutzen sein; vor allem für Personen mit besonderen Anforderungen (Kinder, Familien, alte Menschen, Menschen mit Handicap, ...). - Treffpunkt unterschiedlicher Nutzungsgruppen, Nutzungskonflikte möglich
Relevante Unsicherheit (Delikte, Angestempfinden etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Diebstahl - Vandalismus - Körperverletzungen
Welches Licht ist zu empfehlen? (Farbe, Stärke, Leuchtkörper)	<ul style="list-style-type: none"> - Neutral-weisses Licht <4'500K ist empfohlen. - Beleuchtung komplett ausschalten, wenn kein Linienverkehr mehr fährt. - Ggf. heller beleuchten, wenn Bus oder Tram kommen, um für mehr Licht beim Ein- und Aussteigen zu sorgen (dynamische Beleuchtung); ansonsten Licht soweit dimmen, dass es den Bedürfnissen der Nutzenden noch genügt. - Es gelten Normen für die Beleuchtung von Tram- und Busstrecken. Diese sind zu berücksichtigen. --> Geltende Normen sind für den spezifischen Raum zu prüfen.
Weitere zu beachtende Aspekte für Beleuchtung/Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfen, ob ggf. auch eine warm-weisse Beleuchtung möglich ist, vor allem zu Zeiten, wo keine Verkehrsmittel die Haltestelle anfahren; ggf. dann auf neutral-weiss wechseln, wenn die Fahrzeuge kommen; die Haltestellen müssen dabei aber weiterhin für alle Nutzungsgruppen gut zu erkennen sein, auch für alte Menschen, deren Sehvermögen bei warm-weissen Licht eingeschränkt ist. - Eine minimale Beleuchtung soll die Erkennbarkeit der Haltestelle für Passagiere sicherstellen. Nach Betriebsschluss kann diese Beleuchtung ausgeschaltet werden. - Die Haltestelle muss so beleuchtet sein, dass der Busfahrer die Perronkanten und die wartenden Passagiere erkennen kann. - Das Umfeld ist in die Lichtplanung mit einzubeziehen, damit nicht zu sehr ein Bühneneffekt entsteht. Dies ist vor allem in weniger frequentierten Räumen erforderlich, vor allem wenn ggf. auch die Strassenbeleuchtung eingeschränkt ist - (Teil-)transparente Haltestellen aus vandalismus-sicherem Material sorgen für bessere Lichtverhältnisse und unterstützen soziale Kontrolle. - Scheinwerfer von Bus oder Tram können blenden --> Blendschutzelemente prüfen. - Sicherheitsüberlegungen von Anfang an in Planung mit einbeziehen und nicht nur auf Beleuchtung beschränken, da öV-Haltestellen „anfällig“ sind für Vandalismus etc.
Beispiele für gut beleuchtete Räume	<ul style="list-style-type: none"> - Detmold, Rosental (siehe unten)
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Es besteht ein Spannungsfeld, da es bestehende Beleuchtungsnormen für öV-Strecken gibt. Diese – häufig zu hohen Werte – sind auch an Haltestellen einzuhalten. Umso mehr wäre aber zu prüfen, inwiefern nicht eine dynamische Beleuchtung möglich ist, sodass diese Normwerte nun dann erfüllt werden, wenn das Fahrzeug sich nähert.

öV-Haltestelle (Tram, Bus) (wenig frequentierte Zonen: Agglomeration, ländlich)**Kriterium****Beurteilung**

- öV-Haltestellen sind aus sicherheitsrelevanten Aspekten besonders sensible Räume. Sie sind oft Ziel von Sachbeschädigungen (Vandalismus, Brandanschlag, wildes Urinieren etc.), es kommt immer wieder zu Nutzungskonflikten, die zu Pöbeleien und Körperverletzungen führen können. Umso wichtiger erscheint es, die Planung dieser Haltestellen umfassend anzugehen, die Beleuchtung ist dabei nur ein Teil, wenn auch ein sehr wichtiger.



Abbildung 10: Haltestelle Detmold Rosental

A5 Literaturverzeichnis

Situationsanalyse

Literatur

- art light GmbH (2015). *Erhebung der Lichtimmissionen in verschiedenen Beleuchtungssituationen*. (Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU). St. Gallen.
- British Standard BS 5489-1:2013. *Code of practice for the design of road lighting - Part 1: Lighting of roads and public amenity areas*. London.
- Bundesamt für Energie BFE. (2015). *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 – 2014 nach Verwendungszwecken*. Bern.
- Bundesamt für Gesundheit BAG. (2016). *Faktenblatt LED-Lampen (9.2.2016)*. <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/03710/15953/index.html?lang=de> (aufgerufen am 15.02.2016). Bern.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE. (2015). *Raumentwicklung und Nacht. Die Folgen der 24-Stunden-Gesellschaft*. forum raumentwicklung 03/2015. Bern.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (damals BUWAL). (2005). *Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen*. Bern.
- Bundesamt für Umwelt BAFU. (2012). *Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285*, 29. November 2012. Bern.
- Bundesblatt (BBl). (1979). *Botschaft zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 31. Oktober 1979*. Bundesblatt (BBl) 1979 III 749.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). (2012). *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz*. Stand: 08.10.2012 (Anhang 2 Stand: 03.11.2015).
- Commission International de l'Eclairage (CIE). (2010). *CIE 191:2010. Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance*. Wien.
- Eisenbeis G. und Eick K. (2011). *Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Strassenbeleuchtung unter Einbezug Von LEDs*. Natur Und Landschaft, Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege, 86: 7, S. 298-301. Stuttgart.

-
- Fraunhofer Institut (2015). *Research news – 2 Economic LED recycling*.
<https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2015/november/economic-led-recycling.html> (aufgerufen am 11.02.2016).
- gfs-zürich, Markt- & Sozialforschung. (2014). *UNIVOX Umwelt 2014*. Zürich.
- gfs-zürich, Markt- & Sozialforschung. (2015). *UNIVOX Umwelt 2015*. Zürich.
- Gronfier, C. (2015). *Santé en jeu : Effets positifs et négatifs de la lumière chez l'homme*. Vortrag an der PUSCH-Tagung « Réduire les émissions lumineuses dans les communes » vom 10.11.2015. Institut national de la santé et de la recherche médicale Inserm, Lyon.
- Haupt, H. und Schillemeit, U. (2011). *Skybeamer und Gebäudeanstrahlungen bringen Zugvögel vom Kurs ab. Neue Untersuchungen und eine rechtliche Bewertung dieser Lichtanlagen*. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 43 (6): 165-170.
- Held, M. et al. (Hrsg.) (2013). *Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten 336).
- Huemer et al. (2011). *Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten – Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol (Österreich)*. In: Wissenschaftliches Jahrbuch der Tiroler Landesmuseen 2011: 110-135.
- Meier, J. (2016). *Schmutziges Licht: Die Abschaffung der Nacht*. In: Blätter für deutsche und internationale Politik 1/2016: 112-120.
- Moshhammer, H. und Kundi, M. (2013). *Passive Blendung*. Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien. Version Dezember 2013. Wien.
- Poot, H. et al. (2008). *Green light for nocturnally migrating birds*. In: Ecology and Society 13(2): 47.
- Schierz, Ch. (2009): *Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen*. (Expertenbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU). TU Ilmenau/Fachgebiet Lichttechnik, Ilmenau.
- Rose, E.G. et al. (2006). *Dark Matters: The Effects of Artificial Lighting on Bats*. Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World.
- Schrade/Loretan. (1998). *Kommentar zum Umweltschutzgesetz*. 2. Auflage. Zürich
- Thews, G. (1991). *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. Stuttgart.
- Davies, T. et al. (2012). *Street lighting changes the composition of invertebrate communities*. In: Biol. Lett.

Richtwerte

Normen und Empfehlungen

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz. (2013). *Leitfaden Besseres Licht - Alternativen zum Lichtsmog*. Linz.

BAFU (damals BUWAL). (2005). *Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen*. Bern.

Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, Hochbauamt. (2014). *Richtlinie Planung und den Betrieb von künstlichen Lichtquellen BS/BL (5-Punkteregelung)*. Basel-Landschaft.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). (2012). *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz*. Stand: 08.10.2012 (Anhang 2 Stand: 03.11.2015).

Commission International de l'Eclairage (CIE). (2003). *CIE 150:2003: Richtlinie 150*. Wien.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) (2011). *Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen*.

Dipartimento del territorio, Ticino. (2007). *Criteri per l'applicazione della legge regionale 27 marzo 2000, n. 17*. Bellinzona.

Dipartimento del territorio, Ticino. (2007). *Linee guida per la prevenzione dell'inquinamento luminoso*. Bellinzona.

Dipartimento del territorio, Ticino. (2007). *Rapporto esplicativo accompagnante le Linee guida per la prevenzione dell'inquinamento luminoso*. Bellinzona.

ÖNORM O 1052:2012 «*Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung*». (2012).

SN EN 12193:2008 «*Sportstättenbeleuchtung*». (2008).

SN EN 12464-2:2014 «*Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien*». (2014).

Zentralschweizer Umweltdirektionen (2005). *Vorgehen der Innerschweiz betreffend das Thema „Lichtimmissionen“*. Luzern.

Rechtliche Grundlagen

Regierungsrat Kanton Basel-Stadt. (2015). *Anzug Brigitta Gerber betreffend „Stopp der Lichtverschmutzung auch in Basel-Stadt“*. Basel.

Regione Lombardia. (2004). *Modifiche e integrazioni alla legge regionale 27 marzo 2000, n. 17 (Misure urgenti in materia di risparmio energetico ad uso illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso) ed ulteriori disposizioni*. Mailand.

Repubblica e Cantone Ticino. (2000). *Legge Regionale - Misure urgenti in tema risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso*. Bellinzona.

Roland Bodenmann. (2015). *Lichtemissionen - Kurzübersicht Gesetze und Normen (Kanton Aargau)*. Scherz.

Slowenien. (2007). *Verordnung über die Grenzwerte der Lichtverschmutzung der Umwelt*. Ljubljana.

Literatur

Hartmann, E., Schinke, M., Wehmeyer, K, Weske , H. (1984). *Messung und Beurteilung der Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen*, Forschungsbericht des Instituts für medizinische Optik, im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, Auftragsnummer: VI/5 - 233-16/80 , München.

JS Cha et al. (2014). *Policy and status of light pollution management in Korea*. In: *Lighting Res. Technol.* (46): 78-88.

Schierz, Ch. (2009): *Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen*. (Expertenbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU). TU Ilmenau/Fachgebiet Lichttechnik, Ilmenau.

Lichtplanung

Normen und Empfehlungen

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich. (2015). *5-Punkte – Checkliste zur Beurteilung einer Beleuchtungseinrichtung*. Zürich.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. (2013). *SIA Norm 491 / Richtlinie „Vermeidung unnötiger Lichtemissionen im Aussenraum“*. Zürich.

Schweizer Lichtgesellschaft SLG. (2013). *SLG Richtlinie 301: 10-2013 Richtlinien – Beleuchtung von Sportanlagen. Teil 1 Grundlagen, allgemein*. Bern.

Rechtliche Grundlagen

Amt für Städtebau. (2015). *Auszug aus dem Protokoll des Stadtrats von Zürich*. Zürich.

-
- Grosser Stadtrat von Luzern. (2008). *Kunstlichtreglement Stadt Luzern*. Luzern.
- Kanton Aargau. (2007). *EG UWR vom 4.9.2007 - § 27 Lichtemissionen*.
- Kanton Aargau. (2008). *V EG UWR vom 14.5.2008 - § 56 Lichtemissionen*.
- Kanton Appenzell Ausserrhoden. (1973). *Verordnung zum Gesetz über die Staatsstrassen vom 26.2.1973 - Art. 26 ff. Reklamen, Lichtquellen und Strassenspiegel*.
- Kanton Appenzell Innerrhoden. (1989). *Standeskommissionsbeschluss über Aussenreklamen und Anschlagstellen vom 21. 3.1989 - Art. 2a Beleuchtete Werbung und Art. 8 Beleuchtung*.
- Kanton Bern. (2011). *Kantonales Energiegesetz (KEng) - Art. 51 Beleuchtung*.
- Kanton Bern. (2012). *Kantonale Energieverordnung (KEV) - Art. 1 Begriffe*.
- Kanton Freiburg. (1986). *Gesetz vom 6. November 1986 über die Reklamen - Art. 1 Anwendungsbereich auf Reklamen mit Beleuchtung*.
- Kanton Genf. (2000). *Loi sur les procédés de réclame - Art. 8 Procédés interdits du fait de l'emplacement ou du support utilisé*.
- Kanton Graubünden. (2005). *StrV vom 20.12.2005 - Art. 26 Bst. c und d Ablehnungsgründe (für Strassenreklame)*.
- Kanton Graubünden. (2008). *Polizeigesetz der Gemeinde Zuoz - Art. 21 Lichtimmissionen*.
- Kanton Jura. (1978). *Ordonnance concernant la réclame extérieure et sur la voie publique - Art. 11 Réclames lumineuses*.
- Kanton Luzern. (2013). *Botschaft des Regierungsrates an den Kantonsrat zur Teilrevision des Plaungs- und Baugesetzes PGB - § 36 Bau- und Zonenreglement [Entwurf]*.
- Kanton Neuenburg. (2013). *Loi sur l'énergie - Art. 46a Éclairage public et Art. 46b Éclairage publicitaire ou privé*.
- Kanton Neuenburg. (2013). *Règlement d'exécution de la loi cantonale sur l'énergie (RELCEn) - Art. 30a Éclairage public existant*.
- Kanton Nidwalden. (1989). *Reklameverordnung - § 18 Abs. 2 Grundsätze für Form und Gestaltung der Reklamen, § 37 Beleuchtungsanzeigen und § 38 technische Vorschriften*.
- Kanton Nidwalden. (2011). *Vollzugsverordnung zum kantonalen Umweltschutzgesetz (kUSV) - § 26 Amt für Umwelt*.
- Kanton Nidwalden. (2012). *Kantonales Umweltschutzgesetz (kUSG) - B. Schutz vor Lichteinwirkungen, Art. 32 Bewilligungspflicht*.

- Kanton Oberwalden. (1997). *Gastgewerbeverordnung - Art. 6 Abs. 3 Bewilligungsvoraussetzungen*.
- Kanton Oberwalden. (2007). *Kantonale Umweltschutzverordnung - Art. 26 Einwohnergemeinden*.
- Kanton Schaffhausen. (2007). *EG USG vom 22.1.2007 - Art. 21 Lichtemissionen*.
- Kanton Schaffhausen. (2012). *Richtplan-Revision 2012 - Kapitel 6*.
- Kanton Schwyz. (2011). *Vollzugsverordnung zur KWaV vom 18.12.2011 - § 7 Bst. c Bewilligungspflicht für Veranstaltungen*.
- Kanton St. Gallen. (1985). *Unterhaltungsgewerbegesetz vom 20.6.1985 - Art. 5 Schutz von Personal, Darstellern und Besuchern*.
- Kanton St. Gallen. (2012). *Baugesetz - Art. 78 Bewilligungspflicht*.
- Kanton St. Gallen. (2012). *Einführungsgesetz zur eidg. Umweltschutzgesetzgebung (EG-USG) - Art. 35*.
- Kanton St. Gallen. (2012). *Immissionsschutzreglement der Stadt SG vom 21.9.2004/Muster-Immissionsschutzreglement des Kt. SG vom 29.8.2012 - Art. 14 f. Schutz vor Lichtimmissionen*.
- Kanton Thurgau. (2009). *Richtplan TG Juni 2009, Objektblatt 1.1 Siedlung*.
- Kanton Thurgau. (2011). *Verordnung des Regierungsrates zur Umweltschutzgesetzgebung (USGV) - §33 Kunstlichtimmissionen*.
- Kanton Uri. (2009). *Kantonales Umweltgesetz (KUG) - Art. 71 Lichtschutz*.
- Kanton Waadt. (1988). *Loi sur les procédés de réclame - (LPR) du 6 décembre 1988 - Artikel 4 Procédés interdits*.
- Kanton Zug. (2009). *EG USG - Art. 15: Möglichkeit für Auflagen zur Begrenzung von Lichtemissionen bei Bewilligungen und Art. 15a Verbot von Skybeamern*.

Literatur

- art light GmbH (2015). *Erhebung der Lichtimmissionen in verschiedenen Beleuchtungssituationen*. (Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU). St. Gallen.
- BAFU. (2012). *Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen*. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser. Bern.

-
- Ernst Basler und Partner. (2014). *Skiiinfrastrukturanlagen Urserntal / Oberalp - Detailprojekt Nr. 39 Lichtschutz*. Zürich.
- Ernst Basler und Partner. (2015). *Offerte Begleitung Aktualisierung Vollzugshilfe zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen*. Zürich.
- Fachverband der Schweizer Raumplanerinnen und Raumplaner (Ruedi Steiner). (2009). *Neu beleuchtete Industriearchitektur Feldschlösschen Rheinfelden*. In: Collage 1/09 - Zeitschrift für Planung, Umwelt und Städtebau. Rheinfelden.
- Fördergemeinschaft Gutes Licht. (2012). *licht.wissen 17 - LED: Das Licht der Zukunft*. Frankfurt.
- Forschungs- und Planungsgruppe Stadt und Verkehr. (2010). *Konzept für die öffentliche Beleuchtung in Berlin*. Berlin.
- Fuchs, M. (2015). *Wenn Plakate plötzlich sprechen*. Tagesanzeiger.
- Hutter, H.-P. (2014). *Lichtverschmutzung: die dunkle Seite des Lichts*. Rechtsschutz im Umweltrecht - Neue Herausforderungen. Linz: 19. Österreichische Umweltrechtstage.
- Jordi, B. (2013). *Wenn die Nacht zum Tag wird*. In: Magazin «umwelt» 4/2013: 42-45.
- Klette, K. (2015). *Orientierungslos im Lichtermeer*. Neue Zürcher Zeitung.
- LICHTPLAN GMBH. (2015). *KEBA Aarau Fussball-Trainingsplatz - Bericht Messungen Lichtmissionen*. Turgi.
- Held, M. et al. (Hrsg.) (2013). *Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten 336).
- Matt, A. (2015). *Nachtabstaltung in Liechtenstein*. Liechtenstein.
- PHILIPS GmbH. (2014). *Urban Lightning - Stadtgestaltung mit Licht*. Berlin.
- Schmidt, A. (2007). *Licht in der Stadt. Leitbilder und Strategien für innovative Lichtkonzepte*. St. Augustin und Berlin.
- Schulte-Römer, N. (2015). *Noch tappen wir im Dunkeln - Allianz gegen Lichtverschmutzung am Mont Mégantic*. In: Licht, Heft 7 - 8.
- Stephan Helfer, J. L. (2014). *Vermeidung von Lichtsmog*. Umweltperspektiven.
- TRILUX GmbH & Co. KG. (Arnsberg). *Beleuchtungspraxis - Aussenbeleuchtung*. 2009.
- University of Chicago. (06. Februar 2014). *CDOT: Using Data to Shine a Light on the Impact of City Services*. Aufgerufen am 27. Oktober 2015.

Sicherheit öffentlicher Räume

Literatur

- Atkins, S. H. (1991). *The Influence of Street Lightning on Crime and Fear of Crime*. London.
- Age Stiftung (2006). *Hinweise für die Planung von altersgerechten Wohnungen*. Zürich.
- Boomsma, C. S. (2014). *Feeling Safe in the dark. Examining the Effect of Entrapment, Lighting Level and Gender on Feeling of Safety and Lighting Policy Acceptability*. Environment and Behaviour.
- Bowers, L. T. (2012). *A Stab in the Dark?: A Research Note on Temporal Patterns of Steet Robbery*. Journal of Research in Crime and Delinquency.
- Chisholm, J. (2000). *Benefit-Cost Analysis and Crime Prevention. Trends and issues in crime and criminal justice*.
- Farrington, D. P. (2012). *Effects of improved street lightning on crime: a systematic review*. London.
- Fördergemeinschaft Gutes Licht. (2012). *licht.wissen 10 - Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung*. Frankfurt.
- Gleichstellungsstelle für Frauen. (2004). *Licht in der Stadt*. München.
- Haans, A. u. (2012). *Light distribution in dynamic street lighting: Two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape*. In: Journal of Environmental Psychology.
- Krause, K. (2013). *Funktionen der künstlichen Beleuchtung und der Dunkelheit - Ein Bericht zum Stand der sozialwissenschaftlichen Forschung*. In: Verlust der Nacht. Berlin.
- Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz (LGU). (2012). *LGU-Informationen zur Nachtabschaltung der Strassenbeleuchtung*. Liechtenstein.
- Projektgruppe HEEME Allbau AG. (2008). *Lebensqualität durch Sicherheit*. Essen.
- Thews, G. (1991). *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. Stuttgart.

Verkehrssicherheit und Strassenbeleuchtung

Normen und Empfehlungen

- Basel-Landschaft. (2011). *Richtlinien Strassenbeleuchtung*. Tiefbauamt Basel-Landschaft.

- British Standards. (2004). *PD CEN/TR 13201-1:2004 Road lighting*. London.
- CEN-TR 13201-1:2004 d / SN TR 13201-1:2004 d Technischer Report Strassenbeleuchtung – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen*. (2004).
- Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) (1998). *Aussenbeleuchtung Strassenbeleuchtung und Sicherheit*. Berlin.
- Fördergemeinschaft gutes Licht. (2014). *licht.wissen 03 - Straßen, Wege und Plätze*. Frankfurt.
- ÖNORM O 1052:2012 «*Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung*». (2012).
- SLG 402:1997 d Lichttechnische Bewertung der Wirkung von Beleuchtungsanlagen insbesondere Flutlichtanlagen, auf den Verkehr*. (2007).
- SLG-Richtlinie Nr. 202: SLG 202:2005 Öffentliche Beleuchtung: Strassenbeleuchtung. Ergänzungen zu SN TR 13201-1 und SN EN 13201-2 bis -4*. (2005).
- SN EN 13201-2:2004 d Strassenbeleuchtung – Teil 2: Gütemerkmale*. (2004).
- SN EN 13201-4:2004 d Strassenbeleuchtung – Teil 4: Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Strassenbeleuchtungsanlagen*. (2004).
- Stadt Bern. (2009). *Richtlinien für die Beleuchtung öffentlicher Aussenräume*. Bern.

Literatur

- Deutscher Verkehrssicherheitsrat. (2010). *Unfälle in der Dunkelheit*. Bonn.
- Fuchs, M. (2015). *Eine Strassenlampe für die Fledermäuse*. Aargauer Zeitung.
- Pauen-Höppner, U. und Höppner, M. (2013). *Öffentliche Beleuchtung – mehr Licht heisst nicht mehr Sicherheit*. In: *Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung Biodiversität und Nachtlandschaft*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz: 105-108.
- Kerwien, H. (2010). *Sichtbarkeint. Risiko raus - Fachliche Beiträge zu Themen der Kampagne*. In: *Schriftenreihe Verkehrssicherheit*, 14. Berlin: Bundesamt für Strassenwesen (BASt).
- Plainis, M. P. (2006). *Road traffic casualties: understanding the night-time death toll*. *Injury Prevention*.
- Rebecca Steinbach, C. P. (2015). *The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis*. *J Epidemiol Community Health*.
- Reinsberg, H. (2003). *Sichtbarkeit schafft Sicherheit bei Dunkelheit*. In: *Schriftreihe Verkehrssicherheit*, 12. Berlin: Bundesamt für Strassenwesen (BASt).

- Reintjes und Sprenger (2013). *PROSA Straßenbeleuchtung*. Öko-Institut e.V. und Ökopool.
- Rune Elvik, T. V. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- Schweizer Licht Gesellschaft SLG. (2005). *Beleuchtung von Fussgänger-Überwegen (Kapitel 3 Neufassung)*. In: SLG Richtlinie 202:2005. Bern.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.). (2011). *Stadtbild Berlin Lichtkonzept*. Berlin.
- Spörner, A. (2003). *Lichttechnik zur Verbesserung der Sicherheit bei Dunkelheit*. In Schriftenreihe Verkehrssicherheit, 12. Berlin: Bundesamt für Strassenwesen (BASt).
- TRILUX GmbH & Co. KG. (2015). *Licht für Europas Straßen, Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen nach DIN EN 13 201*. Arnsberg.
- Ursula Pauen-Höppner, A. G. (2010). *Konzept für die öffentliche Beleuchtung in Berlin: Beleuchtung und Verkehrssicherheit*. Berlin: FGS Forschungs- und Planungsgruppe Stadt und Verkehr.

Reflexion von Sonnenlicht

Literatur

- Blattner, P. (2015) *Beurteilung von Solaranlagen*. Grundlagenpapier METAS, V0.2 vom 25.2.2015.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)*.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). (2012). *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz*. Stand: 08.10.2012 (Anhang 2 Stand: 03.11.2015).
- Hostettler, Th. (2015). *Kurzbeschreibung Beurteilungsverfahren Blendung*, Bericht Ingenieurbüro Hostettler vom 30. Januar 2015 im Auftrag des beco Kanton Bern.
- Schierz, Ch. (2012). *Über die Blendungsbewertung von reflektiertem Sonnenlicht bei Solaranlagen*. In: Tagungsband LICHT 2012 Berlin: 498-505.