

LiTG-Fachgebiet Physiologie und Wahrnehmung

BELEUCHTUNG UND KRIMINALITÄT



45



**Deutsche Lichttechnische
Gesellschaft e.V.**

LiTG-Fachgebiet Physiologie und Wahrnehmung

Beleuchtung und Kriminalität

45

Veröffentlichung der
Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V.

Impressum

Diese Publikation wurde erstellt von:
Dr. sc. ETH Zürich David M. Kretzer, Zürich

Projektausschuss:
Dr.-Ing. Carsten Funke, Ingolstadt
Dipl.-Ing. Christoph Schulze, Dresden
Dr.-Ing.- Stephan Völker, Berlin

Redaktionelle Bearbeitung: Petra Lasar, Rösrath
Gestaltung: Ellen Stockmar, Berlin
Titelfoto: © Pixabay: Donterase, 2015

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)

Danneckerstraße 16, 10245 Berlin
Telefon +49 30 / 26 36 95 24
E-Mail info@litg.de

1. Auflage Dezember 2021, ISBN 978-3-927787-56-8

Nachdruck, elektronische Vervielfältigung oder Weitergabe, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der LiTG und mit Quellenangabe gestattet.

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) verwendet in ihren internen Papieren wie in allen Veröffentlichungen zur Bezeichnung und Ansprache von Personen ausschließlich die maskuline Form. Dies geschieht aus Gründen der Vereinfachung und besseren Lesbarkeit. Alle Personen, gleich welchen Geschlechts, betrachtet und behandelt die LiTG als gleichgestellt.

Inhalt

1. Einleitung	6
2. Stand der Forschung	7
2.1 Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalität	7
2.2 Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalitätsangst	12
2.3 Adaptive Beleuchtung und Kriminalitätsangst	16
3. Forschungslücken	19
4. Potentielle Konflikte bei der Lichtplanung	23
5. Fazit: Quantitative und qualitative Planungsempfehlungen	24
Literaturverzeichnis	26

1. Einleitung

»Fahrradfahrerin (17) in Dunkelheit angegriffen« titelte jüngst ein Artikel der Celleschen Zeitung (Zimmer, 2020). Man mag sich bei dieser Überschrift fragen, welche Relevanz die Information über die Lichtverhältnisse während der Tat hat. Warum stellte der Reporter die Information, dass es dunkel war, über andere – wohl relevantere – Informationen wie beispielsweise den Ort des Geschehens oder die Täterbeschreibung? Der Titel mag als Appell gemeint gewesen sein, dass junge Frauen in der Dunkelheit nicht das Haus verlassen sollen. Er kann als Kritik an der Stadt Celle gelesen werden, dass die Qualität der öffentlichen Beleuchtung nicht ausreichend ist. Was der Autor genau bezwecken wollte, wissen wir nicht. Wahrscheinlich ist aber, dass diese Information dem Artikel einen dramatischen Anstrich verliehen und dass er das kollektive Bewusstsein vieler Leser angesprochen hat.

Die sexuellen Angriffe Silvester 2015 in Köln passierten in der Nacht, ebenso wie die Ausschreitungen und Plünderungen in der Stuttgarter Innenstadt im Jahr 2020.

Die vorliegende Publikation befasst sich mit der Frage, welche empirischen Erkenntnisse zwischen dem Zusammenhang von Licht und Kriminalität sowie Kriminalitätsangst bestehen. Hat Licht einen Einfluss auf Kriminalität(sangst)¹, und wenn ja, aufgrund welcher Einflussfaktoren? Wie wirken sich neue Technologien und städtebauliche Veränderungen aus? Welcherlei Schlussfolgerungen lassen sich daraus für die Lichtplanung ableiten und welche relevanten Fragen sind von der Forschung bislang unbeantwortet geblieben?

Für Kommunen und Städte entsteht mit diesem Wissen die Möglichkeit, der Wahrnehmung des öffentlichen Raumes als Angstraum entgegenzuwirken. Dies würde potentiell nicht nur Themen wie soziale Isolation berühren, sondern könnte letztlich auch den politischen Diskurs eines Landes und die daraus resultierenden Entscheidungen beeinflussen.

1 Während das Kriminalitätsniveau für das tatsächliche Auftreten einer Straftat steht, stellt Kriminalitätsangst eine subjektive Empfindung dar. Anstelle von Kriminalitätsangst wird in der englischen Literatur häufig auch das Antonym »reassurance« angeführt.

2. Stand der Forschung

2.1 Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalität

Für eine kriminelle Tat bedarf es gemäß CPTED²-Theorie des zeitlichen und örtlichen Zusammentreffens dreier Faktoren, die miteinander verknüpft sind, nämlich eines motivierten Angreifers, eines geeigneten Angriffszieles und der Abwesenheit von geeigneten Beschützern (Steventon, 2012). Der CPTED-Denkansatz hat zum Ziel, Kriminalität und Kriminalitätsangst zu reduzieren, indem die Elemente der gebauten Umgebung, welche Kriminalität begünstigen, verändert werden (ebenda). Ein Element, welches einen positiven Einfluss auf Kriminalität zu haben scheint, stellt die Beleuchtungsinstallation dar. So argumentiert jedenfalls die Begründerin der CPTED-Theorie Jane Jacobs (Jacobs, 1965).

Boyce und Gutkowski untersuchten bereits 1995 in einer systematischen Übersichtsarbeit, ob (und wenn ja, wie) sich Beleuchtung auf Kriminalität auswirkt (Boyce & Gutkowski, 1995). Dabei zeigten sie auf, dass die Ergebnisse verschiedener in der Vergangenheit veröffentlichter Studien zum Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalität bis in die späten 1980er Jahre nicht eindeutig und auch nicht einheitlich gewesen seien und führten dafür im Wesentlichen drei Gründe an: Die Betrachtungsgebiete seien zu groß gewesen, die Beurteilung habe in der Regel nur auf der Analyse von Kriminalitätsstatistiken beruht und der Effekt unterschiedlicher Arten von Beleuchtung auf unterschiedliche Arten von Kriminalität sei nicht untersucht worden. Dies habe eine Arbeit von Kate Painter aus dem Jahre 1988³ gezeigt (ebenda).

Boyce und Gutkowski führen in ihrer Betrachtung verschiedene Argumente an, warum Beleuchtung Kriminalität beeinflussen könnte. Mit dem Aufzeigen, dass das menschliche Denken und Handeln von einer Vielzahl an Gegebenheiten abhängt und Beleuchtung nur einen Faktor neben vielen anderen, die das Auftreten von Kriminalität beeinflussen⁴, darstellt, schränken sie die Wirksamkeit von Beleuchtung aber zunächst ein. Denn wenn Licht der einzige Faktor wäre, gäbe es folglich am Tage keine Kriminalität⁵. Daraufhin erläutern Boyce und Gutkowski, warum Beleuchtung – trotz dieser Einschränkung – einen signifikanten Einfluss haben dürfte (eben-

2 Crime Prevention Through Environmental Design

3 Siehe Painter (Painter K., 1988).

4 »(...) virtually all human thought and behaviour is multiply caused, the result of many co-acting factors (...) [which] means that lighting is only one among many factors which can influence the incidence of crime (Boyce & Gutkowski, 1995, S. 105)«.

5 »If better lighting was all that was required, there would be no crime during the daytime« (ebenda, S. 105).

da, S. 105⁶): Laut ihrer Argumentation sei entscheidend, dass die Beleuchtung Einfluss darauf habe, wie gut Personen sehen können. Mit wachsender Adaptationsleuchtdichte steigt die Geschwindigkeit der visuellen Verarbeitung und das Erkennen von Details und Farbe verbessert sich. Darauf aufbauend argumentieren die Autoren, dass je größer die Distanz ist, von der aus eine Gefahr als solche ausgemacht werden kann, und je akkurater dabei das Erkennen von Details ist, desto mehr Zeit habe eine Person, um sich für eine angemessene Reaktion zu entscheiden und diese umzusetzen. Als Beispiel wird eine Situation angeführt, bei der aufgrund der guten Lesbarkeit des Gesichtsausdrucks und der Körpersprache aus der Distanz eine potentiell bedrohliche Situation frühzeitig als eine solche erkannt wird und deshalb noch genug Zeit zum Antreten der Flucht bleibt. Des Weiteren ermögliche eine gute Sichtbarkeit auf Distanz das Erkennen und akkurate Beschreiben von Tätern durch Zeugen. Diese Ausgangslage könnte auf manche Täter abschreckend wirken.

Diese Argumentation erscheint plausibel. Der Zeitgewinn eines potentiellen Opfers aufgrund der frühzeitigen Erkennung negativer Täterabsichten könnte von dem Opfer beispielsweise zur Erwägung verschiedener Fluchtweg-Optionen oder zur Kontaktierung der Polizei genutzt werden, falls der Betroffene körperlich nicht zur Flucht in der Lage sein sollte.

Seit der Publikation von Boyce und Gutkowski im Jahre 1995 wurde die Forschungsmethodik weiter verbessert. So wurde die Auswirkung von Beleuchtung auf Kriminalität beispielsweise nicht nur innerhalb eines Gebiets mit einer neuen Beleuchtungsinstallation, sondern auch innerhalb angrenzender und nicht angrenzender Kontrollgebiete analysiert. Damit konnte geprüft werden, ob gute Beleuchtung Kriminalität gegebenenfalls lediglich an andere Orte verlagert, statt diese in ihrer Zahl zu reduzieren⁷ (siehe Painter & Farrington, 2001).

Zwecks Untersuchung, ob nächtliche Beleuchtung in einem Kriminalitätsrückgang resultiert, verglichen Painter und Farrington in ihrer im Jahre 2002 veröffentlichten Metaanalyse die Ergebnisse 13 verschiedener Studien (Farrington & Welsh, 2002). Dabei kommen sie zu dem Ergebnis, »dass die 13 Studien, zusammen betrachtet, gezeigt haben, dass verbesserte Beleuchtung zu einem Rückgang von Kriminalität führt«⁸ (ebenda, S. 313). Marchant stellte dieses Ergebnis allerdings in Frage, da er Farrington und Welsh statistische Fehler in der Metaanalyse vorwarf⁹ (Marchant P.

6 »Functionally, the most obvious and only certain effect better lighting can have is to change how well people can see. It is well established that increasing the adaptation luminance increases the speed of visual processing, improves the discrimination of detail and makes color judgments more accurate (...). The greater the distance at which a threat can be detected and the finer the discrimination of detail possible, the greater is the time available to select and act out an appropriate response. For example, it may be possible, because facial expression and body language are visible at a distance, to recognise a threatening situation while there is still time to escape. Similarly, greater visibility at a greater distance may enable people behaving in a suspicious manner to be recognised or at least described. Such observations at a distance are a benefit to the law-abiding and a disadvantage to the criminal. He or she is less certain that his/her activities have gone unnoticed or that he/she has not been recognised« (ebenda, S. 105).

7 In dieser Studie bewirkte die verbesserte Beleuchtung sowohl eine 43-prozentige Erhöhung der Sicherheit im Experimentalgebiet, als auch eine 45-prozentige Erhöhung in angrenzenden Kontrollgebieten als auch eine 2-prozentige Erhöhung in nicht-angrenzenden Kontrollgebieten.

8 »(...) that the 13 studies, taken together, showed that improved lighting led to reductions in crime.« (Farrington & Welsh, 2002, S. 313).

9 »(...) the statistical claims and methods are unfounded« (Marchant P. R., 2004, S. 441).

West Park Estate-Studie		Dudley-Studie		Stoke-on-Trent-Studie	
Straftat	Zunahme (%)	Straftat	Zunahme (%)	Straftat	Zunahme (%)
Einbruch	-46	Einbruch	-36	Einbruch	-15
Versuchter Einbruch	-4				
Diebstahl im Haus-Außenbereich	-71				
Taschendiebstahl/ Handtaschenraub	-83	Raub/Handtaschenraub	-79	Raub/Handtaschenraub	+255
Raubüberfall	-80				
Körperverletzung im öffentlichen Raum	+111	Körperverletzung	-70	Körperverletzung	-92
Vandalismus an Häusern	+8	Vandalismus	-42	Vandalismus	-36
Fahrzeugdiebstahl	0	Fahrzeugkriminalität	-52	Fahrzeugkriminalität	-46
Diebstahl aus Fahrzeugen	+200				
Fahrzeugvandalismus	-48				
Belästigung/ Beleidigung	-21	Bedrohung/ Belästigung	-28	Bedrohung/ Belästigung	-68
Sexuelle Nötigung/ Vergewaltigung	-100				
Sexuelle Belästigung	-17				
Geschlagenwerden durch eine dem Opfer bekannte Person	-36				
		Fahrraddiebstahl	-2	Fahrraddiebstahl	-52

Tabelle 1
Einfluss von verbesserter Beleuchtung auf unterschiedliche Arten von Kriminalität in den drei Studien »West Park Estate«, »Dudley« und »Stoke-on-Trent« (Quelle: Painter, 1991, S. 229 und Painter & Farrington, 2001, S. 7 & 8 (Übersetzung und prozentuale Darstellung der Ergebnisse durch D. Kretzer))

R., 2004). Der darauf folgende langjährige Disput zwischen den beiden Parteien (siehe Farrington & Welsh, 2004; Marchant P., 2005/6; Welsh & Farrington, 2008; Marchant P., 2010) macht die Klärung der Frage, wer von beiden Recht hat, von außen betrachtet schwer. Boyce merkt an, dass in der Metaanalyse von Farrington und Welsh zwei Studien nicht berücksichtigt worden seien (Boyce P. R., 2019).

Daher kann aufgrund der vorliegenden Studien zurzeit nicht einwandfrei gesagt werden, ob Beleuchtung Kriminalität reduziert oder nicht. Davon abgesehen erscheint eine pauschale Antwort in jedem Fall unangemessen, da auch die Art der Kriminalität berücksichtigt werden sollte. So hat Painter gezeigt, dass bei einer Studie (die »West Park Estate«-Studie¹⁰, siehe Tabelle 1) gewisse Arten von Kriminalität trotz deren generellen Rückgangs aufgrund verbesserter Beleuchtung zugenommen hatten, nämlich Körperverletzung im öffentlichen Raum um 111 Prozent,

¹⁰ Lichttechnische Angaben zur neuen Beleuchtung der »West Park Estate«-Studie werden in der Studie nicht gemacht – sie wird lediglich als »enhanced« oder »improved« beschrieben (Painter K., 1991, S. 1).

Vandalismus an Häusern um 8 Prozent und Diebstahl aus Fahrzeugen um 200 Prozent (Painter K., 1991). Anders als in der »West Park Estate«-Studie hatte Körperverletzung in einer anderen Studie in Dudley¹¹ (siehe Tabelle 1) um 70 Prozent (Painter & Farrington, 2001) und in einer weiteren Studie in Stoke-on-Trent¹² (siehe Tabelle 1) um 92 Prozent abgenommen (Painter & Farrington, 2001).

Dieses Beispiel zeigt, dass eine bessere Beleuchtung allein nicht zwingend zum Rückgang von Kriminalität führt. Es scheinen weitere lokalspezifische Faktoren einen Einfluss auf die Wirksamkeit der Beleuchtung zu haben, wenn dieselbe Straftat in der einen Studie ansteigt (+111 Prozent), in anderen Studien hingegen abnimmt (-70 Prozent und -92 Prozent).

In einer Publikation, die Boyce 14 Jahre nach seiner Übersichtsarbeit mit Gutkowski veröffentlichte, fasst er den momentanen Stand der Forschung wie folgt zusammen: Er sagt, dass Beleuchtung keinen direkten Einfluss auf das Kriminalitäts-Niveau habe (Boyce P. R., 2019)¹³. Zwar hätten die Ergebnisse verschiedener Studien nach Veränderung der Beleuchtungscharakteristika eine Abnahme von Kriminalität gezeigt, andere Studien jedoch hätten einen Anstieg bestimmter Arten von Kriminalität belegt¹⁴ (ebenda). Während Boyce also den direkten Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalität infrage stellt, beschreibt er zwei indirekte Einflüsse¹⁵. Zum einen ermögliche Beleuchtung den Menschen im nächtlichen öffentlichen Raum die Beobachtung ihrer Umwelt und das Erkennen der Absichten anderer. Damit ermögliche sie auch eine Überwachung durch den Staat und durch die Gemeinschaft im Allgemeinen (ebenda). Zum anderen könne eine verbesserte Beleuchtungsinstallation das Selbstvertrauen einer Gemeinschaft, deren Zusammenhalt und somit informelle soziale Kontrolle fördern. Dies wiederum unterstütze potentiell die Arbeit der Exekutive (ebenda). Bei diesem zweiten Punkt geht es Boyce allerdings nicht um die verbesserten Sehbedingungen, sondern darum, dass die Installation neuer Leuchten (und deren regelmäßige Wartung) eine öffentlichkeitswirksame Aktivität darstellt. Diese sende die Botschaft aus, dass sich jemand um die Nachbarschaft

11 Während die neue Beleuchtung bei der »Dudley«-Studie (bestückt mit Natriumdampfhochdruck-Lampen) die Anforderung der BS 5489 Kategorie 3/2 (mittlere horizontale Beleuchtungsstärke: 6 lx, minimale horizontale Beleuchtungsstärke: 2,5 lx) erfüllte, hatte die alte Beleuchtung (bestückt mit Quecksilberdampf-Lampen) nicht einmal die Anforderungen von Kategorie 3/3 (mittlere horizontale Beleuchtungsstärke: 3,5 lx, minimale horizontale Beleuchtungsstärke: 1,0 lx) erfüllt – die Menge an »useful light« hätte sich so mehr als verdoppelt (Painter & Farrington, 1997).

12 Die neue Beleuchtung bei der »Stoke-on-Trent«-Studie (bestückt mit Natriumdampfhochdruck-Lampen) erfüllte die Anforderung der BS 5489 Kategorie 3/2 (mittlere horizontale Beleuchtungsstärke: 6 lx, minimale horizontale Beleuchtungsstärke: 2,5 lx). Die alte Beleuchtung (bestückt mit »domestic-type tungsten lamps«) hatte hingegen nicht einmal die Anforderungen von Kategorie 3/3 (mittlere horizontale Beleuchtungsstärke: 3,5 lx, minimale horizontale Beleuchtungsstärke: 1,0 lx) erfüllt (Painter & Farrington, 1999).

13 Boyce argumentierte schon in seiner Publikation mit Gutkowski, falls Licht der einzige Faktor wäre, der einen Einfluss auf Kriminalität hat, gäbe es folglich tagsüber keine Kriminalität (siehe oben).

14 Boyce verweist hier auf eine Publikation von Painter (Painter K., 1996). In einem anderen Zusammenhang verweist er des Weiteren auf die Publikation von Morrow und Hutton (Morrow & Hutton, 2000).

15 »(...) However, while most of the studies showed a reduction in the incidence of crime following improvements to the street lighting, others found no effect while yet others found an increase in some types of crime. (...) Obviously, there is no simple link between lighting conditions and the prevalence of crime. (...) The studies considered above leave little doubt that lighting can play a part in crime prevention. Improving lighting can lead to a reduction in crime but it may not. There can be no guarantees. (...) This suggests that improving lighting should be considered as just one of several different contributors to situational crime prevention. (...) To summarize, lighting does not have a direct effect on the level of crime. Rather, lighting can affect crime by two indirect mechanisms.« (Boyce P. R., 2019, S. 360–362).

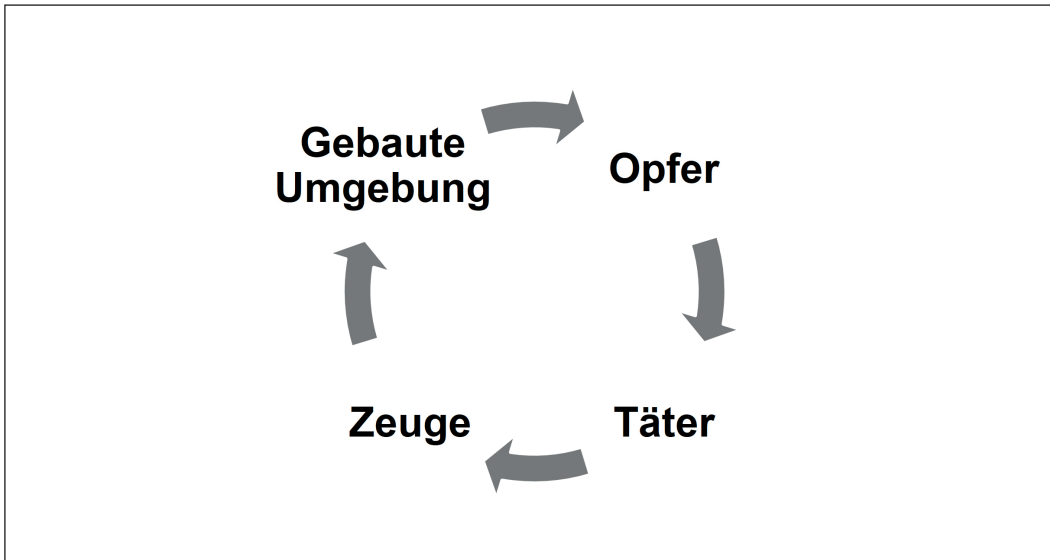


Abbildung 1
Einflussfaktoren
auf die Wirkungs-
weise von Be-
leuchtung in Bezug
auf Kriminalität
(D. Kretzer, 2021)

kümmere (ebenda). Somit sei der davon ausgehende Effekt nicht nur am Tag wirksam, sondern auch in der Nacht (ebenda).

Auch nach dieser Publikation von Boyce aus dem Jahre 2019 bleibt die Diskrepanz der Forschungsergebnisse bestehen: Eine neue Studie von Davies und Farrington in Großbritannien aus dem Jahr 2020 untersuchte den Effekt von ausgeschalteter Straßenbeleuchtung (also einer Senkung des Lichtstroms) auf das Kriminalitätsniveau (Davies & Farrington, 2020). Dabei kamen sie zu dem Schluss, dass zwar Einbrüche und Fahrzeugkriminalität aufgrund der fehlenden Beleuchtung zugenommen hatten, die Zahl der Gewalttaten sich aber reduziert hatte (ebenda). Konträr dazu ist das Ergebnis einer neuen Studie von Chalfin et al. in New York von 2021 (Chalfin, Hansen, Lerner, & Parker, 2021), bei der eine alternative Beleuchtungsinstallation mit einem höheren Lichtstrom in einer Senkung des Kriminalitätsniveaus – besonders in Bezug auf Raub und Körperverletzung (also Gewalttaten) – resultierte (ebenda).

Somit lässt sich zusammenfassen, dass Beleuchtung als baulicher Bestandteil des öffentlichen Raums durchaus einen positiven Einfluss auf den Rückgang von Kriminalität haben kann. Dies muss aber nicht zwingend der Fall sein, da mindestens drei weitere Faktoren Einfluss haben:

1. Das Verhalten oder die physischen Voraussetzungen des potentiellen Opfers (dieses könnte beispielsweise körperlich nicht in der Lage sein, bei Gefahr zu fliehen)
2. Das Vorhandensein eines Zeugen (der den Täter beschreiben oder sogar helfend einschreiten kann)
3. Die Verfassung oder das Verhalten des Täters (dieser könnte beispielsweise das mögliche Eingreifen von Zeugen unbeeindruckt lassen, weil er sich ihnen körperlich überlegen fühlt)

Schließlich können neben der Beleuchtung auch weitere bauliche Voraussetzungen des öffentlichen Raumes Einfluss auf das Aufkommen von Kriminalität haben. Dazu gehören beispielsweise das Fehlen geeigneter Fluchtoptionen oder die Abschottung des Tatorts durch fensterlose Mauern. Dies würde die Zahl potentieller Zeugen reduzieren (siehe dazu Newman, 1972). Somit ergeben sich mindestens vier Einflussfaktoren, die zueinander in Beziehung stehen und die Wirkungsweise von Beleuchtung auf das Auftreten von Kriminalität beeinflussen (siehe Abbildung 1).

2.2 Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalitätsangst

Während der direkte Einfluss von Beleuchtung auf die Senkung des Kriminalitätsaufkommens also bislang nicht zweifelsfrei empirisch belegt werden konnte, ist dies in Bezug auf das Niveau von Kriminalitätsangst sehr wohl der Fall. Kriminalitätsangst ist ein nicht zu unterschätzender Effekt mit potentiell weitreichenden Konsequenzen für eine Gesellschaft. So argumentieren Schweitzer, Kim und Mackin (Schweitzer, Kim, & Mackin, 1999), dass die negativen Folgen von Kriminalitätsangst sogar größer sein können als die von Kriminalität selbst: Kriminalitätsangst würde zu psychischer Belastung führen und dazu beitragen, dass Bürger Gefangene in ihrem eigenen Heim werden würden¹⁶ (ebenda).

Der Effekt von Beleuchtung auf Kriminalitätsangst findet seine Grenzen im Angsteindruck, der während des Tages entsteht (Fotios, Liachenko Monteiro & Uttley, 2019). Ein Ort, der schon bei Tageslicht als bedrohlich wahrgenommen wird, wird nachts selbst bei bestmöglicher Beleuchtung nicht als sicher empfunden werden.

Die Theorie von Fisher und Nasar (Fisher & Nasar, 1992) zu Ortscharakteristika, welche Angst begünstigen oder vermeiden, bilden für die Forschung zu nächtlichen Angsträumen einen guten Ausgangspunkt. Die Autoren argumentieren, dass die drei Charakteristika »Prospect«, »Refuge« und »Escape« (die Überblickbarkeit eines Ortes sowie die Anzahl von Versteck-, und Fluchtoptionen) entscheidend dafür seien, ob und zu welchem Grad Kriminalitätsangst an einem Ort ausgelöst werden würde (ebenda). Diese Orts-Charakteristika können Vorteile sowohl für ein potentiell Opfer als auch für einen Täter bedingen. Wenn sich also eine Person aus einer Position höherer subjektiver Sicherheit heraus einen guten Überblick verschaffen kann (sich folglich wenige Versteckoptionen für einen Täter ergeben) und zudem viele Fluchtoptionen vorhanden sind, resultiert dies in geringer Kriminalitätsangst. Der Einfluss der drei Ortscharakteristika kann situationsabhängig unterschiedlich stark ausgeprägt sein.

Die Theorie von Fisher und Nasar zielt zunächst nicht auf Beleuchtung ab und ist somit vollumfänglich für einen Ort bei Tag gültig. In einer weiteren Untersuchung von Nasar und Jones wird der Stellenwert von Beleuchtung innerhalb dieser Theorie aber ersichtlich: Probanden liefen im Rahmen einer Studie nach Einbruch der Dunkelheit auf einem Universitätscampus entlang einer vorgeschriebenen Route und dokumentierten ihre verschiedenen Ortseindrücke mit einem Diktiergerät (Nasar & Jones, 1997). Daraufhin wurden die Kommentare zu Angst und die Kommentare zu Sicherheit den Orten auf dem Campus zugeordnet. Dabei wurde vor allem Dunkelheit oder das Vorhandensein von Schatten an einem Ort als Auslöser für einen Angsteindruck ausgemacht¹⁷, während sich gute Beleuchtung als

16 »(...) many citizens suffer psychological distress and to remain prisoners in their homes« (1999, S. 59).

17 »Respondents' fears were associated with several kinds of concealment (darkness, inability to see, and bushes), the absence of others, and enclosure. Most of the respondents (84.6 percent) referred to darkness or shadows, 38.5 percent said they could not see ahead, 34.6 percent mentioned the absence of other people, 26.9 percent mentioned feeling enclosure, and 19.2 percent mentioned bushes. (...) The percentages tally to more than 100 percent because they reflect multiple comments by some respondents (Nasar & Jones, 1997, S. 311–314).«

Bewertung	Stichprobe	Tag-Nacht Unterschied von 0,5			Tag-Nacht Unterschied von 1,0		
		Mittlere E (lux)	Minimale E (lux)	Gleichmäßigkeit	Mittlere E (lux)	Minimale E (lux)	Gleichmäßigkeit
Frage nach Sicherheitsgefühl	n=10	7,8	2	0,25	2,9	0,6	0,13
	n=8	6,8	1,7	0,25	4,2	0,6	0,1
Kombinierte Antwort	n=10	9,1	2,5	0,27	3,8	0,8	0,16
	n=8	7,3	2	0,28	4,8	0,9	0,16

Tabelle 2
Zuordnung der Probanden-Bewertungen zu den Messergebnissen der 10 Verkehrswege (Fotios, et al., 2019, S. 571 (Übersetzung: D. Kretzer))

Auslöser für das Gefühl von Sicherheit erwies¹⁸.

2015 konnten Fotios, Unwin und Farrall diesen Effekt auf eine andere Weise belegen. Probanden wurden bei ihrer Studie gebeten, ein Foto-Beispiel von einer nächtlichen Straße, in der sie sich sicher, und ein weiteres Foto von einer nächtlichen Straße, in der sie sich unsicher fühlen (Fotios, Unwin, & Farrall, 2015), vorzulegen. Auf diesen zwei Fotografien aufbauend erfolgte eine Interview-Befragung. Wie schon bei der Studie von Nasar und Jones wirkte sich Beleuchtung positiv auf das Sicherheitsgefühl aus, wohingegen Dunkelheit einen negativen Einfluss hatte¹⁹.

Wenig später gelang es Fotios, Liachenko Monteiro und Uttley in einer komplexen Studie nicht nur zur belegen, ob Beleuchtung positiv auf Kriminalitätsangst einwirken kann, sondern auch einen Bezug von verschiedenen Beleuchtungsstärken zum Angsteindruck herzustellen (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019). Dafür begutachteten 24 Probanden im Alter zwischen 18 und 24 Jahren zehn Verkehrswege (acht Wohnstraßen, eine Unterführung und einen Parkweg) sowohl bei Tag als auch in der Nacht. Ziel dabei war es, festzustellen, zu welchem Grad die jeweilige Beleuchtung in der Nacht einen abweichenden Sicherheitseindruck im Vergleich zum Tag hervorruft. Dabei wurde ein Tag-/Nachtunterschied von dem Beurteilungsgrad 0,5 als gut²⁰ und 1,0 als ausreichend²¹ definiert. Nach lichttechnischer Vermessung aller zehn Verkehrswege wurden die ermittelten Messwerte den subjektiven

18 »The Oval (...) received the most frequent mentions for safety. (...) Most of the respondents (76.9 percent) referred to the lighting («well lit», «lights are good»); 38.5 percent referred to the presence of people (...); and 34.6 percent referred to the openness and ability to see across the area (...). The sample also judged Neil Avenue as safe. Most of the respondents (80.8 percent) referred to the lighting (...); 69.2 percent referred to the presence of activity (...); and 15.4 percent referred to its openness (...) The south edge of the library has uniform lighting (...). Less than half of the respondents (42.3 percent) described it as well lit, 38.5 percent referred to the presence of people, and 7.7 percent referred to being able to see« (Nasar & Jones, 1997, S. 313–314).

19 »Overall, 46 (87 percent) of the 53 test participants mentioned street lighting as a reason for feeling reassured on at least one street of their choice and 45 (85 percent) mentioned lack of adequate street lighting or darkness as a reason for not feeling reassured on at least one street of their choice« (Fotios, Unwin, & Farrall, 2015, S. 458).

20 »A day–dark difference of 0.5 units implies that the after-dark evaluation of reassurance is slightly below that experienced in daytime, and which may be considered as good lighting« (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019, S. 570–571).

21 Consider next a day–dark difference of 1.0 units; while this is a greater difference than 0.5 units, it is sufficient to induce a significant effect on walking behaviour« (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019, S. 571).

Bewertungen der Probanden zugeordnet wie in Tabelle 2 veranschaulicht²².

Bei den acht Wohnstraßen wurden dafür auf beiden Seiten der Fahrbahn zehn Messpunkte entlang der Mittelachse eines jeden Fußweges (resultierend in 20 Messpunkten) und bei der Unterführung und dem Parkweg je zehn Messpunkte entlang der Mittelachse positioniert. Dabei muss angemerkt werden, dass diese Anordnung der Messpunkte nicht den Vorgaben der EN 13201 entspricht, da hier mindestens drei Messpunkt-Reihen (in Querrichtung) für eine bewertete Fläche definiert sind (siehe DIN-Normenausschuss Lichttechnik, 2016). Da die Leuchten immer einseitig angeordnet waren und die zwei Messreihen somit sowohl den vorteilhaftesten als auch den nachteiligsten Bereich des Straßenquerschnitts abbilden, scheinen die 20 Messpunkte bei den acht Wohnstraßen trotzdem Rückschlüsse auf ihre mittlere horizontale Beleuchtungsstärke sowie ihre Gleichmäßigkeit innerhalb des Straßenraums zuzulassen.

Die niedrigste mittlere horizontale Beleuchtungsstärke der acht Wohnstraßen betrug 4,2 lx und die höchste 10,6 lx (Parkweg: 7,7 lx, Unterführung: 58,2 lx). Dabei muss auch hier einschränkend hervorgehoben werden, dass Beleuchtungsstärken, die vergleichbar mit den niedrigsten Beleuchtungsklassen der EN 13201 sind, nicht berücksichtigt wurden, da \bar{E}_m bei der P5-Klasse 3 lx und bei der P6-Klasse 2 lx beträgt (siehe DIN-Normenausschuss Lichttechnik, 2016b).

Die Probanden bewerteten Straßenbeleuchtungsinstallationen mit einer mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke von etwa 7,0 bis 9,0 lx bei einer minimalen Beleuchtungsstärke von circa 2,0 lx (resultierend in einer Gleichmäßigkeit U_0 von rund 0,25) als gut (Tag-/Nachtunterschied: 0,5). Als ausreichend (Tag-/Nachtunterschied: 1,0) wurden Installationen mit einer mittleren Beleuchtungsstärke 3,0 bis 5,0 lx und einer minimalen Beleuchtungsstärke von 0,6 bis 0,9 lx (resultierend in einer Gleichmäßigkeit U_0 von rund 0,15) eingestuft (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019)²³. Die CIE folgt diesen Ergebnissen 2019 mit Übernahme in eine Publikation zur Fußgängerbeleuchtung, indem sie leicht angepasste Werte für das Adressieren von Kriminalitätsangst vorschlägt, nämlich eine mittlere Beleuchtungsstärke von 4,0 lx bei einer minimalen Beleuchtungsstärke von 0,8 lx (Commission Internationale de l'Eclairage, 2019).

In dieser Publikation der CIE wird ausserdem beschrieben, dass bezüglich des Erkennens von Personen derzeit keine optimalen Beleuchtungsstärkewerte zu empfehlen sind (ebenda), obwohl das Anschauen von Personen – nach dem Absuchen des Bodens – die zweitwichtigste visuelle Tätigkeit von Fußgängern darstellt (Fotios S., Uttley, Cheal, & Hara, 2015)²⁴. Des Weiteren schreibt die CIE, dass ein hohes skotopisch-photopisches Verhältnis der Lampe sowie eine hohe Gleichmäßig-

22 Gemessen wurde auch die semi-zylindrische und hemisphärische Beleuchtungsstärke; diese korrelieren aber stark mit der mittleren Beleuchtungsstärke, woraufhin sich die Auswertung auf die letztgenannte fokussierte.

23 Eine signifikante Korrelation zwischen dem Sicherheitsgefühl und den Messwerten konnte allerdings nur in Bezug auf die minimale Beleuchtungsstärke E_{min} und der Gleichmäßigkeit U_0 ausgemacht werden, nicht aber in Bezug zu der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke. Da allerdings die Messpunktanordnung nicht den Vorgaben der EN 13201 entspricht, können diese E_{min} - und U_0 -Werte nicht eins-zu-eins übernommen werden.

24 Diese Schlussfolgerung basiert auf einer Studie (siehe Fotios S., Uttley, Cheal, & Hara, 2015), die in vier verschiedenen Ortssituation derselben englischen Stadt durchgeführt worden ist. Zu prüfen wäre, inwieweit dieses Ergebnis auch bei abweichenden Ortscharakteristika bestand hätte.

keit der Beleuchtungsstärke vorteilhaft für das Sicherheitsempfinden sind (ebenda). Lichtquellen mit einem hohen skotopisch-photopischen Verhältnis verstärken die Wahrnehmung von räumlicher Helligkeit und somit das Sicherheitsgefühl (Boyce P. R., 2014). Näherungsweise beträgt das S/P-(skotopisch-photopische) Verhältnis beispielsweise bei Natriumdampf-Hochdrucklampen 0,6, bei 3000 K Leuchtstofflampen 1,3, bei 6000 K LEDs 2,0 und bei 6500 K Leuchtstofflampen 2,2 (The Society of Light and Lighting, 2012). Somit haben warmweiße Lichtquellen ein relativ geringes und blau-weiße ein verhältnismässig hohes S/P-Verhältnis (Van Bommel W., 2015). Boyce argumentiert allerdings, dass der Einfluss von Beleuchtung auf Kriminalitätsangst in der baulichen Umgebung des Aussenraums seine Grenzen findet: Eine schmale Gasse ohne Versteck- und Fluchtmöglichkeiten würde immer ein Unbehagen auslösen – ganz egal, wie gut sie beleuchtet wäre (Boyce P. R., 2019).

Wie eingangs beschrieben, hat laut CPTED-Theorie die An- oder Abwesenheit von Zeugen als geeignete Beschützer²⁵ einen entscheidenden Einfluss auf das Zustandekommen von Kriminalität. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Anwesenheit von Zeugen auch einen positiven Einfluss auf das Sicherheitsgefühl hat (Foster, Giles-Corti, & Knuijan, 2010). Beleuchtung scheint an dieser Stelle somit einen weiteren Beitrag für das Sicherheitsgefühl leisten zu können. Zum einen kann die Beleuchtungsqualität beeinflussen, wieviele Personen sich während der Dunkelheit im öffentlichen Raum aufhalten. Eine mangelhafte Erkennbarkeit der Wegoberfläche könnte beispielsweise Personen aus Angst vor einem Sturz davon abhalten, nachts das Haus zu verlassen. Dies würde zu einer geringeren Anzahl an potentiellen Beschützern (Zeugen) im öffentlichen Raum führen. Zum anderen beeinflusst die Beleuchtungsqualität in der Nacht die Erkennbarkeit anderer Personen und ihrer Absichten. Das Erkennen von Alter, Statur, Geschlecht, Mimik und Gestik unterstützt ein potentiell Opfer dabei, einen Zeugen subjektiv den zwei Kategorien »geeigneter Beschützer« oder »passiver Zuschauer« zuzuordnen.

Kriminalitätsangst ist des Weiteren abhängig von der Persönlichkeit der Nutzer des öffentlichen Raums. Beispielsweise weisen Frauen, alte Personen und Menschen mit Behinderungen in der Regel größere Angst vor Kriminalität im öffentlichen Raum auf (Ceccato, 2020). Dabei kann diese Angst im Widerspruch zur statistischen Realität stehen, da zum Beispiel mehr Männer als Frauen und jüngere Personen öfter als ältere Opfer von Kriminalität werden (ebenda). Die Polizeibeamtin und Beauftragte für Kriminalitätsoffer Sabine Rochel erläutert diesbezüglich auch, dass es beim Sicherheitsgefühl von Frauen keinen Unterschied zwischen der Angst in der Stadt und der Angst auf dem Land gäbe, obwohl auf dem Land die Sozialkontrolle größer sei und fremde Personen eher auffielen (Frei, Pribyl, & Ritschel, 2021). Das Sicherheitsgefühl hängt darüber hinaus nicht nur vom potentiellen Opfer, sondern auch vom (potentiellen) Täter ab. So kann zum Beispiel die Präsenz einer Gang innerhalb eines Gebiets Angst vor Kriminalität erzeugen (Bolger & Bolger, 2019). Man muss dieser Gang nie begegnet sein, und doch kann sie die eigenen Emotionen negativ beeinflussen.

Somit stellen die Charakteristika der gebauten Umgebung, das Vorhandensein von Zeugen als potentiellen Helfern, der Nutzer des öffentlichen Raums selbst und der/die Täter Faktoren dar, die zusätzlich zu den Beleuchtungsverhältnissen Einfluss auf das Sicherheitsgefühl im öffentlichen Raum haben (siehe dazu auch die Parallelen in

²⁵ In der englischen Literatur wird solch ein Beschützer als »capable guardian« bezeichnet (siehe Hollis, Felson, & Welsh, 2013).

Bezug auf das Kriminalitätsniveau in Abbildung 1). Zwar kann der gezielte Einsatz von Beleuchtung somit in der Nacht die Erzeugung eines Sicherheitsgefühls, das sich dem des Tages annähert, ermöglichen. Doch einen Ort, der bereits tagsüber als unsicher empfunden wird²⁶, kann Beleuchtung in der Nacht nicht als sicher erscheinen lassen.

2.3 Adaptive Beleuchtung und Kriminalitätsangst

Neue Technologien, die eine Beleuchtungsanlage auf Basis der Detektion von Verkehrsteilnehmern automatisch entsprechend hoch- oder runterdimmen, zeigen Potential beim Reduzieren von Energieverbrauch und Lichtverschmutzung. Hier stellt sich die Frage, wie sich solch eine Steuerung auf Kriminalität oder Kriminalitätsangst auswirkt, da sie mit dem Dimmen des Lichts visuelle Informationen aussendet. Bei einer adaptiv gesteuerten Beleuchtungsanlage kann aus der Ferne ausgemacht werden, dass sich eine Person durch eine gewisse Straße bewegt. Zudem lässt sich aufgrund der Geschwindigkeit des An- und Ausschaltens verschiedener Leuchten entlang einer Strecke potentiell auch ablesen, ob es sich dabei um einen Autofahrer oder Fußgänger handelt. Selbst Vermutungen über das Alter lassen sich anstellen, da ein junger Erwachsener eine gewisse Strecke tendenziell schneller zurücklegt als ein Rentner. Für einen potentiellen Täter sind dies prinzipiell wesentliche Informationen. Außerdem ist auf Seiten des potentiellen Opfers ein reduziertes Sicherheitsempfinden denkbar, wenn Teile der Straße temporär dunkel sind und erst beim Näherkommen voll ausgeleuchtet werden.

Haans und De Koort haben sich diesem Komplex mit einer Studie genähert (Haans & De Kort, 2012). Sie fokussierten sich auf den Aspekt der Kriminalitätsangst und bauten dabei auf die *Prospect, Refuge und Escape*-Theorie von Fisher und Nasar (siehe oben). Von stehenden (siehe Abbildung 2) als auch von laufenden (siehe Abbildung 3) Probanden wurden dabei verschiedene räumliche Verteilungen der Beleuchtungsintensitäten bewertet. Bei den laufenden Probanden folgte das Dimmschema den Personen und passte sich deren Geschwindigkeit an (ebenda).

Sowohl bei dem Experiment mit stehenden (Experiment 1) als auch bei dem mit laufenden Personen (Experiment 2) wurden jeweils drei verschiedene Dimm-Szenarien miteinander verglichen (siehe Abbildung 2 und 3). Bei Experiment 1 (stehende Person) wurde Szenario C präferiert. Dabei betrug die horizontale Beleuchtungsstärke unter derjenigen Leuchte, die der Person am nächsten war, 12,5 lx. Unter jeder weiteren Leuchte nahm die Beleuchtungsstärke von 10 lx über 7,0 lx und 4,0 lx bis hin zu 0,5 lx sukzessive ab.

Bei Experiment 2 (laufende Person) wurde Szenario C präferiert (knapp gefolgt von Szenario A): Unter den zwei personennahen Leuchten betrug die horizontale Beleuchtungsstärke 12,5 lx und unter den restlichen Leuchten 0,5 lx.

Die Studie zeigte, dass eine hohe Helligkeit in der direkten Umgebung der Probanden sowohl bei stehenden als auch bei sich bewegendenden Personen das größte Sicherheitsgefühl auslöst. Dabei sei angemerkt, dass der Mastabstand 30 Meter

²⁶ Eine Ausnahme bilden hier unter Umständen Tunnel und Unterführungen.

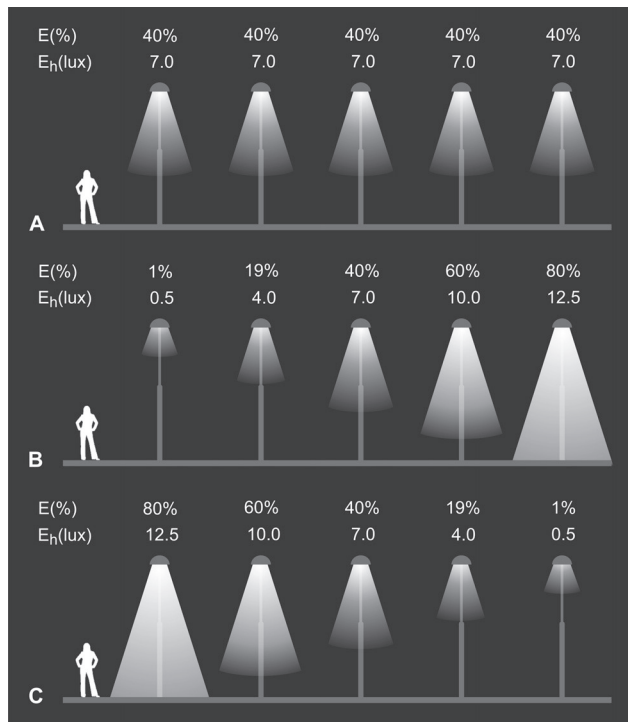


Abbildung 2
 Untersuchungsaufbau von Haans und De Kort zur adaptiven Beleuchtung bei stehenden Personen (Experiment 1) (Haans & De Kort, 2012, S. 346) Nachdruck mit Genehmigung von Elsevier.

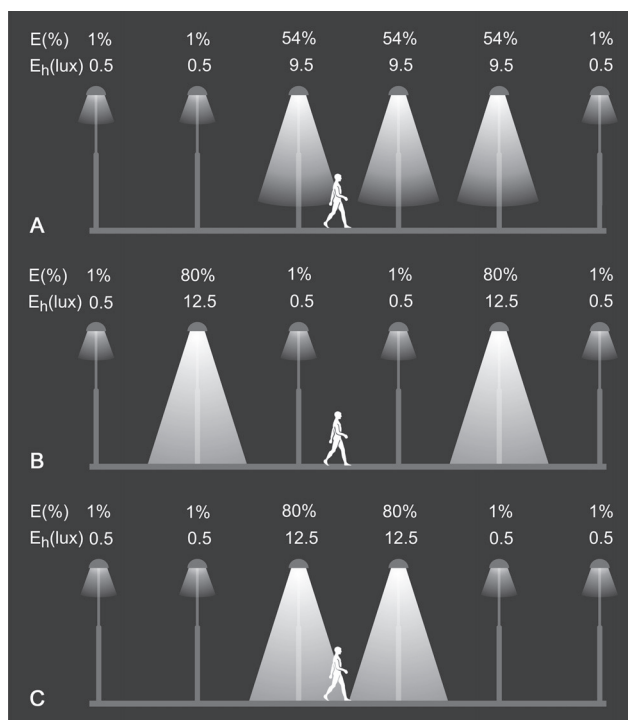


Abbildung 3
 Untersuchungsaufbau von Haans und De Kort zur adaptiven Beleuchtung bei laufenden Personen (Experiment 2) (Haans & De Kort, 2012, S. 349) Nachdruck mit Genehmigung von Elsevier.

betrug. Da die angegebenen horizontalen Beleuchtungsstärken allerdings lediglich die Werte direkt unterhalb der Leuchten abbilden, kann davon ausgegangen werden, dass die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke in allen Fällen geringer ist. Die horizontale Beleuchtungsstärke von 7,0 lx direkt unterhalb jeder Leuchte (Experiment 1) lieferte eine Beleuchtungssituation, die gerade noch als das Sicherheitsgefühl fördernd bewertet wurde. Da das Sicherheitsgefühl noch ausreichend war

(siehe dazu Fotios et al. in Kapitel 2.2 (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019)), bewegte sich die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke in diesem Fall möglicherweise im Rahmen von etwa 4 lx. Im ersten Experiment wären dann Beleuchtungsstärke-Niveaus dieser Größenordnung innerhalb von 60 Metern Entfernung vorhanden.

Im zweiten Experiment erzeugten zwei Leuchten innerhalb von 30 Metern annähernd das gleiche Sicherheitsgefühl wie drei Leuchten mit etwa 24 Prozent geringem Lichtstrom innerhalb von 60 Metern. Möglich ist, dass die Präferenzen bezüglich der Lichtverteilung anders ausgefallen wären, wenn das Grundniveau der Beleuchtung in Szenario 1A und Szenario 2A eine mittlere horizontale Beleuchtungsstärke von 8 lx aufgewiesen hätte (dies resultiert gemäß Fotios et al. in einem »guten« Sicherheitsempfinden (siehe dazu Fotios et al. in Kapitel 2.2 (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019))).

Die CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, 2019) verweist auf eine weitere Studie²⁷, welche die generelle Tendenz unterstreicht, dass das Sicherheitsgefühl stark von den Leuchten in der direkten Umgebung bestimmt wird. Obwohl der Mastabstand in dieser Studie ebenso 30 Meter betrug, waren die horizontalen Beleuchtungsstärken deutlich höher als in der Studie von Haans und De Koort. Direkt unter einer Leuchte betrug die Beleuchtungsstärke bei ungedimmten Leuchten 23 lx und zwischen den Leuchten 13 lx (Viliunas, et al., 2014). Der Einfluss von drei Leuchten auf die räumliche Verteilung des Lichts wurde untersucht, während sich die Probanden für die Bewertung unterhalb der ersten Leuchte befanden. Der Einfluss von sieben Kombinationen der Dimmwerte 100 Prozent, 50 Prozent und 10 Prozent auf das Sicherheitsgefühl wurde untersucht. Während die Ergebnisse dieser Studie die Tendenz unterstreichen, dass das Sicherheitsgefühl von den nahe befindlichen Leuchten bestimmt wird, wurde das höchste Sicherheitsgefühl erzeugt, wenn jede der drei Leuchten einen Lichtstrom von 100 Prozent aufwies.

Beide Studien haben allerdings nicht berücksichtigt, wie sich das Dimmen auf das Verhalten eines potentiellen Täters auswirkt. Aus der Perspektive des potentiellen Opfers ruft die adaptive Beleuchtung in Bezug auf das Sicherheitsgefühl Akzeptanz hervor.

²⁷ Gemeint ist die Studie von Viliunas et al. aus dem Jahr 2014 (Viliunas, et al., 2014).

3. Forschungslücken

Die jüngsten Erkenntnisse von Fotios, Liachenko Monteiro und Uttley (Fotios, Liachenko Monteiro, & Uttley, 2019) stellen einen wesentlichen Erkenntnisgewinn dar. Von ihnen kann abgeleitet werden, dass eine Beleuchtungsstärke von $\bar{E}_m=9,0 \text{ lx}^{28}$ (etwa $U_0=0,25$) ausreichend ist, um ein »gutes« Sicherheitsempfinden, respektive $\bar{E}_m=5,0 \text{ lx}^{29}$ ($U_0=0,15$) um ein »ausreichendes« Sicherheitsgefühl zu erzeugen³⁰. Es kann also davon ausgegangen werden, dass sich eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke über diese Werte nicht signifikant auf das Sicherheitsempfinden auswirken würde. Mit Blick auf die negativen Folgen nächtlicher Lichtemissionen sollte dies berücksichtigt werden. Weitere Forschung, in der auch Beleuchtungsstärken in der Größenordnung der Beleuchtungsklassen P5 ($E_m=3 \text{ lx}$) und P6 ($E_m=2 \text{ lx}$) untersucht würden, könnte diese Werte nach unten hin verfeinern. Für Orte, die eine höhere Bebauungskomplexität (als die der untersuchten Verkehrswege in Fotios, Liachenko Monteiro und Uttleys Studie (siehe oben)) aufweisen, würde ein differenzierteres Verständnis des Einflusses der mittleren Beleuchtungsstärke und der Gleichmäßigkeit auf das Sicherheitsempfinden zudem eine differenziertere Lichtplanung ermöglichen. Nutzer, Investoren, Lichtplaner und die Umwelt würden folglich von der Klärung dieser Frage profitieren.

Ein anderer bislang von der Forschung vernachlässigter Aspekt stellt die Beleuchtungsstärke auf vertikalen räumlichen Elementen wie beispielsweise einer Fassade dar. Die gängigen Normen definieren für Fußgängerbereiche eine Planung unter Berücksichtigung der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke und derer Gleichmäßigkeit. Zu diesem primär zweidimensionalen Ansatz kann je nach Land eine Vorgabe zur vertikalen und halbzyklindrischen Beleuchtungsstärke in meist 1,5 Meter Höhe zwecks Ermöglichung der Gesichtserkennung hinzukommen. Damit bekommt der Planungsansatz einen räumlichen Aspekt. Fußgänger nehmen aber nicht nur den Boden und Gesichter, sondern auch den sie umgebenden Raum wahr. Fisher und Nasars *Prospect, Refuge and Escape*-Theorie baut zu einem wesentlichen Grad auf vertikalen Begrenzungsflächen auf; beispielsweise, wenn es um das Erkennen existierender Fluchtwege geht.

Moskvina (Moskvina, 2017) untersuchte die Helligkeitsverteilungspräferenzen bei Fassaden. Dabei befragte sie die Probanden zwar nicht explizit zu deren Sicherheitsempfinden, aber es ist denkbar, dass dieser Aspekt eine Rolle bei der Bewertung gespielt hat. Daher wäre weitere Forschung wichtig, um den Einfluss von vertikalen Begrenzungsflächen im öffentlichen Raum auf das Sicherheitsempfinden zu untersuchen. Moskvina liefert hierfür folgende Ergebnisse, die als erste Anhaltspunkte für eine weitere Untersuchung dienen können: Die Probanden bewerteten 39 Prozent der Fahrbahn-Beleuchtungsstärke auf dem unteren Teil der Fassade (0 bis 3,6 Meter) und 13 Prozent der Fahrbahn-Beleuchtungsstärke im oberen Teil der Fassade (3,6 bis 8,8 Meter) als akzeptabel (Moskvina, 2017). Des Weiteren verweist

28 9,0 lx steht hier für die Obergrenze des Datenbereichs von 7,0 bis 9,0 lx.

29 5,0 lx steht hier für die Obergrenze des Datenbereichs von 3,0 bis 5,0 lx.

30 Es sei angemerkt, dass diese Werte nicht auf einer Messpunktanordnung gemäß der EN 13201 beruhen (siehe vorherige Erläuterungen).

Van Bommel auf eine Mockup-Studie aus dem Jahr 1985³¹, bei der 1,5 lx auf der Fassade bei einer mittleren Fahrbahn-Beleuchtungsstärke von 5 lx als ausreichend für die Orientierung im Straßenraum betrachtet werden (Van Bommel W., 2015). Das Resultat eines Anteils von 30 Prozent auf der Fassade entspricht in etwa den Ergebnissen Moskvinas.

Zum einen müsste nun untersucht werden, ob die Ergebnisse von Moskva (die eine generelle Präferenz von Fassadenhelligkeiten untersucht hat) und die von Van Bommel und Van Dijk (welche die Fassadenhelligkeit in Bezug auf Orientierung untersucht haben) auch in Bezug auf das Sicherheitsempfinden Geltung haben. Zum anderen müsste untersucht werden, wie sich die daraus resultierenden optimalen Beleuchtungswerte auf der Fassade mit einer potentiellen Störfwirkung im Innenraum harmonisieren lassen (siehe Kapitel 4).

Es gibt einige weitere Variablen von Straßenbeleuchtung, die in vergangenen Publikationen als mögliche Einflussfaktoren in Bezug auf Kriminalität(sangst) genannt worden sind, für die aber bis heute keine belastbaren quantitativen Ergebnisse vorzuliegen scheinen (siehe dazu Commission Internationale de l'Eclairage, 2019). Dazu gehören vor allem die Farbwiedergabe, die Größe der Lichtquelle sowie die vertikale oder halbzylindrische Beleuchtungsstärke auf Personen (siehe beispielsweise Boyce & Gutkowski, 1995).

In Bezug auf die Farbwiedergabe von Lichtquellen argumentieren Boyce und Gutkowski, dass eine hohe Farbwiedergabe zu einer genaueren Beschreibung des Täters durch Zeugen beitrage (ebenda). Dieses Argument erscheint schlüssig, da zum Beispiel die Polizei einen Täter leichter fassen kann, wenn sie über akkurate Informationen zur Farbe seiner Kleidung verfügt (siehe dazu Boynton & Purl, 1989). Die Rolle der Farbwiedergabe scheint daher eine wichtige zu sein und weitere Forschung könnte dabei helfen, Farbwiedergabe-Vorgaben für die Straßenbeleuchtungsnorm zu entwickeln (wie dies schon für die Innenraumbeleuchtung der Fall ist). Aufgrund des verstärkten Einsatzes von LEDs wäre die Erfüllung solcher Vorgaben technisch relativ einfach umsetzbar.

Die Lichtquellengröße führen Boyce und Gutkowski deshalb an, weil sich in einer Studie³² über den Einfluss von Beleuchtung auf Wachleute und Eindringlinge eines Areals die Eindringlinge unter Natriumdampfhochdruck- exponierter als unter Natriumdampfniederdruck-Flutlicht fühlten, obwohl die durch die Natriumdampfniederdruck-Beleuchtung erzeugten vertikalen Beleuchtungsstärken auf den Eindringlingen höher waren. Boyce und Gutkowski vermuten, dass der Grund dafür die kleineren und somit helleren Natriumdampfhochdrucklampen waren, die folglich eine höhere Blendung und schärfere Schatten kreiert hätten (Boyce & Gutkowski, 1995). Allerdings werden weitere Untersuchungen in Bezug auf die Größe der Lichtquelle in Zukunft wohl von nachgeordneter Priorität sein, da die Markttendenz in der Aussenbeleuchtung bereits zur LED und somit zu optischen Systemen, die nicht selten aus mehreren kleineren Lichtquellen bestehen, geht.

Die vertikale oder halbzylindrische Beleuchtungsstärke auf Personen spielt laut Boyce und Gutkowski deshalb eine Rolle, weil sie es ermöglicht, das Gesicht einer Person und deren Verhalten zu erkennen. Dies könne beispielsweise bei einer

31 Gemeint ist die Studie von Van Bommel und Van Dijk (Van Bommel & Van Dijk, 1985).

32 Siehe Boyce und Rea (Boyce & Rea, 1990).



Abbildung 4
Horizontales (blau) und vertikales (grün) Element derselben Treppenstufe, betrachtet beim Runter- (linkes Bild) und Hochgehen (rechtes Bild) (D. Kretzer, 2021)

späteren Gegenüberstellung hilfreich sein (ebenda). Van Bommel argumentiert, dass die halbzyklindrische Beleuchtungsstärke geeigneter für die Identifikation einer Person sei als die vertikale. Denn da das menschliche Gesicht nicht flach sei, würde auch seitlich einfallendes Licht zur Gesichtserkennung beitragen (Van Bommel W., 2015). Fotios argumentiert hingegen, dass es keinen Beweis für die bessere Wirksamkeit von halbzyklindrischer im Vergleich zu vertikaler Beleuchtungsstärke gäbe (Fotios S., 2017). Davon abgesehen kommt die CIE zu dem Schluss, dass es aufgrund des derzeitigen Forschungsstands keine optimalen Beleuchtungsstärkewerte für das Erkennen von Personen gibt (Commission Internationale de l'Eclairage, 2019).

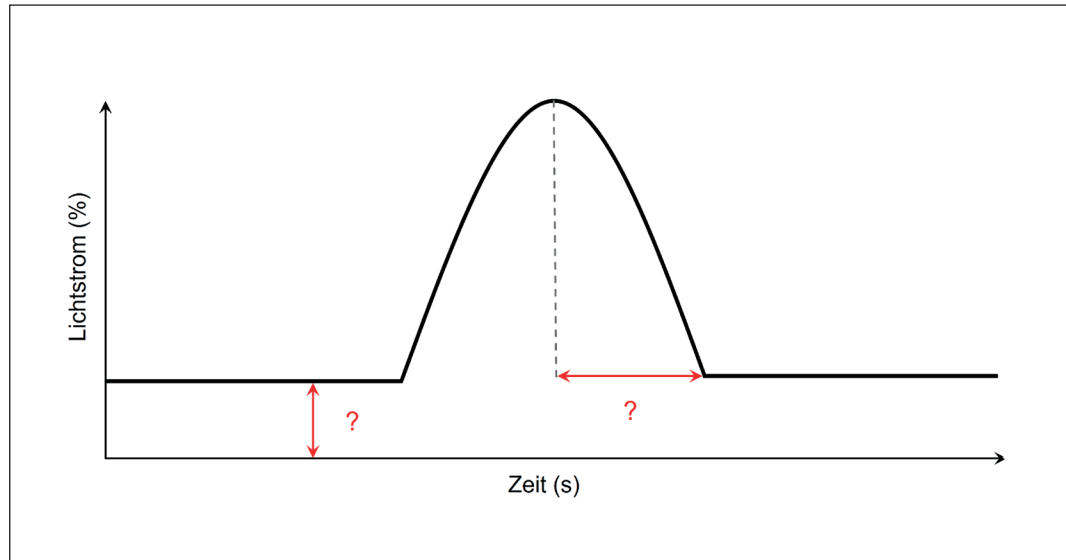
Die Frage, welche optimale halbzyklindrische oder vertikale Beleuchtungsstärke für das Erkennen von Personen notwendig ist, ist eine sehr relevante. Saraiji zeigt, dass selbst bei einer normgerechten horizontalen Beleuchtungsstärkeverteilung³³ die vertikale Beleuchtungsstärke an manchen Stellen 0 lx betragen kann (Saraiji, 2009). Das bedeutet auf der einen Seite, dass eine Verankerung von halbzyklindrischen oder vertikalen Beleuchtungsstärkevorgaben in der Norm generell wichtig ist, um die Gesichtserkennung zu unterstützen. Auf der anderen Seite bedeutet das aber auch, dass die Einhaltung vertikaler und halbzyklindrischer Beleuchtungsstärkevorgaben eine Einschränkung des Lichtplanungs-Spielraums bedingt. Daher sollten diese Vorgaben gut begründet sein – vor allem, da sie negative Auswirkungen auf angrenzende Wohnräume haben können (siehe Kapitel 4).

Neben den klassischen vertikalen Elementen im öffentlichen Raum wie Fassaden oder Zäune können auch Wegzonen vertikale Charakteristika aufweisen. Eine Straße, die einen Berg hinaufführt, stellt aufgrund ihrer Neigung eine Mischform aus einer horizontalen und vertikalen Fläche dar. Eine Treppe hingegen weist parallel beide Dimensionen auf und – je nachdem, ob man die Treppe hoch- oder heruntergeht – zeigt sich die jeweilige Seite einer Treppenstufe im Gesichtsfeld als eine größere Fläche (siehe Abbildung 4). Vermutlich beeinflusst dies den Sicherheitseindruck, wenn die Stufe nachts beleuchtet wird. Da eine Straßenleuchte nicht senkrecht zur Straßenneigung installiert wird, verändern sich der Einfallswinkel des Lichts und somit die Beleuchtungsstärke auf der Straßenoberfläche. Ähnliches gilt für das vertikale Element einer Treppenstufe. Daraus resultiert die Frage, wie weit eine direkte Übertragung der Empfehlungen zur Reduzierung von Kriminalitätsangst, die bislang auf horizontalen Beleuchtungsstärkeempfehlungen basiert, auf vertikale Wegzonen möglich ist.

33 Dabei bezieht er sich auf IESNA RP-8 von 1999.

Abbildung 5

Zu untersuchende Variablen bei einer adaptiv-gesteuerten Beleuchtungsanlage (D. Kretzer, 2021)



Diese Frage mag zunächst als marginal erscheinen. Die zunehmende vertikale Verdichtung der Städte trägt aber zu einer vertikalen Wegführung mittels Treppen, Rolltreppen und Aufzügen bei. Die chinesische Stadt Chongqing, in der sich mittlerweile sogar Fußgängerverbindungsbrücken³⁴ in schwindelerregender Höhe zwischen Hochhäusern erstrecken, dient hier zur Anschauung. Auch bei Slums, die nicht selten an steilen Hängen entstehen, verlaufen die Zufahrtswege oft vertikal und in Treppenform. Wird die Verdichtung europäischer Städte weiter zunehmen, sind ähnliche Tendenzen auch hier zu erwarten.

Des Weiteren ist in Bezug auf das Sicherheitsgefühl zum jetzigen Zeitpunkt unklar, welche absoluten Beleuchtungsstärkewerte bei adaptiver Beleuchtung optimal sind, und wie die Lichtströme verschiedener Leuchten dabei idealerweise im prozentualen Verhältnis zueinander stehen sollten. Darüber hinaus bleibt die oben beschriebene Notwendigkeit bestehen, die Wirkung von adaptiver Beleuchtung auf potentielle Täter zu untersuchen.

Sowohl in Bezug auf das Sicherheitsgefühl als auch bezüglich des Verhaltens eines potentiellen Täters wird das Dimmverhalten einer Beleuchtungsanlage vermutlich eine besondere Rolle spielen. Wenn eine Anlage von 100 Prozent auf 90 Prozent gedimmt wird, ist sicherlich ein anderes Ergebnis zu erwarten als bei einer Dimmung von 100 Prozent auf 10 Prozent. Ebenso sind Effekte von der Geschwindigkeit des Hochdimmens sowie von der Nachlaufzeit (siehe Abbildung 5) und des Weiteren von der Anzahl/Distanz der angesteuerten Leuchten in Bezug auf die detektierte Person zu erwarten.

Es gibt somit verschiedene Variablen der räumlichen Verteilung von Licht, dessen genauer Einfluss auf das Sicherheitsgefühl weiterer Untersuchungen bedarf. Im Wesentlichen sind dies die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke, deren Gleichmäßigkeit, die vertikale oder halbzyklindrische Beleuchtungsstärke auf Personen sowie die Beleuchtungsstärke auf vertikalen Raumbegrenzungsflächen. Über all diesen Variablen liegt zudem die Dimension Zeit, wenn adaptiv gesteuerte Leuchten verwendet werden oder man die Bewegungsprofile von Personen berücksichtigt.

³⁴ Neben dem Aspekt der Beleuchtung des vertikalen Zugangs zu solchen Verbindungsbrücken spielt in Bezug auf das Sicherheitsgefühl diesbezüglich auch eine Rolle, dass hier potentielle Angsträume geschaffen werden, da eine Flucht auf Brücken nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Den Einfluss jeder dieser Variablen zu bestimmen ist nicht leicht, da sie teilweise in Abhängigkeiten zueinanderstehen. Bei einer Analyse der Beleuchtung in öffentlichen Räumen kann es darüber hinaus passieren, dass nicht nur die Beleuchtungscharakteristika, sondern auch andere Faktoren, die einen Einfluss auf das Sicherheitsempfinden haben (wie beispielsweise die Architektur), variieren. Allerdings erscheint eine sukzessiv durchgeführte Reihe von Untersuchungen im Simulator vielsprechend, um den Einfluss der verschiedenen Variablen der räumlichen Verteilung von Licht zu untersuchen. Denn damit lassen sich beispielsweise räumliche Parameter sowie Leuchtencharakteristika vergleichsweise einfach in einem virtuellen Modell variieren.

Virtual Reality bietet darüber hinaus die Möglichkeit, den Einfluss sensorgesteuerter Leuchten und sich bewogender Personen zu simulieren (Kretzer & Walczak, 2021). Zu berücksichtigen ist dabei, dass selbst eine komplexe Computer-Simulation in Gestalt von Virtual Reality keine reale Beleuchtungssituation exakt nachbilden kann (Chen, Cui, & Hao, 2019) und dass die Qualität einer Simulation immer der Vollständigkeit des Daten-Inputs unterworfen ist (Wang, 2013).

Daher sollten computergestützte Forschung lediglich als vorläufig betrachtet und die Ergebnisse in einer realen Beleuchtungssituation (soweit möglich) validiert werden.

4. Potentielle Konflikte bei der Lichtplanung

Wie in Kapitel 2.2 dargestellt, hat das Lampenspektrum einen Einfluss auf das Sicherheitsbefinden in Bezug auf die Wahrnehmung peripherer Flächen. Eine Lampe mit einem hohen skotopisch-photopischen Verhältnis und somit einer tendenziell hohen Farbtemperatur hat dabei eine positivere Wirkung als eine Lampe mit einer niedrigen Farbtemperatur. Es ist aber auch bekannt, dass unterschiedliche Lampenspektren verschieden auf die Nachtaktivität von Tieren einwirken (Posch, Freyhoff, & Uhlmann (eds.), 2010). Viele Insekten werden beispielsweise eher von kurz- als von langwelligem Licht angezogen (Donners, et al., 2018). Wenn nun ein Lichtkonzept auf der einen Seite den maximalen Schutz von Insekten und auf der anderen Seite ein maximales Sicherheitsgefühl erfordert, stehen diese beiden Anforderungen in Bezug auf das Lichtspektrum im Widerspruch. Berücksichtigt man auch die Ästhetik der Lichtplanung, ist es fraglich, ob die oberste Prämisse eine möglichst hohe Farbtemperatur zur Steigerung des Sicherheitsgefühls sein sollte oder vielleicht doch besser die durch die Lichtfarbe erzeugte Atmosphäre, die je nach Örtlichkeit gegebenenfalls eher durch ein warmweißes als durch ein neutral- oder kaltweißes Licht erzeugt werden sollte.

Ein weiterer potentieller Konflikt bei der Lichtplanung ergibt sich daraus, dass das Anschauen von Personen die zweitwichtigste visuelle Tätigkeit von Fußgängern darstellt (siehe Kapitel 2.2). Obwohl der momentane Stand der Forschung keine optimalen quantitativen Empfehlungen für die Beleuchtungsstärke zulässt, erscheint das Sichtbarmachen von Personen für die Mimik- und Gestik-Erkennung generell sinnvoll. Besonders in einem engen Straßenraum ohne Vorgärten besteht allerdings die Gefahr, dass viel Licht im Kopfbereich potentiell auch viel Licht auf angrenzenden Fassaden und somit auf Fenstern verursachen kann (siehe dazu

auch Sim, Kim, Choi, & Sung, 2017). Die CIE definiert für die vertikale Beleuchtungsstärke auf Fassaden und insbesondere auf Fenster je Umweltzone Obergrenzen von 0,1 bis 5 lx während einer Nachtabschaltung/-dimmung und von 2 bis 25 lx außerhalb einer Nachtabschaltung/-dimmung (Commission Internationale de l'Éclairage, 2017, S. 8). In einer weiteren Publikation empfiehlt die CIE aber zur Gewährleistung einer guten Personenerkennung für die P1-Klasse eine minimale vertikale Beleuchtungsstärke von 5,0 lx (Commission Internationale de l'Éclairage, 2010) in 1,5 Metern Höhe (Commission Internationale de l'Éclairage, 2006). Auch die EN 13201 schreibt für die P1-Klasse eine minimale vertikale Beleuchtungsstärke von 5 lx vor (DIN-Normenausschuss Lichttechnik, 2016a). Eine Übererfüllung der minimalen vertikalen Beleuchtungsstärke kann daher in zu hohen Beleuchtungsstärken auf Fenstern resultieren (besonders bei solchen im Erdgeschoss straßennaher Gebäude).

Bezüglich der Wahl der Lichtquelle und der Beleuchtung von Fassaden gilt es daher, ganzheitliche Planungsempfehlungen zu erarbeiten, welche die Bedürfnisse sowohl der Straßennutzer als auch der Anwohner sowie darüber hinaus der Fauna (und Flora) berücksichtigen. Adaptive Beleuchtung stellt dabei eine neue Dimension dar, die gesondert betrachtet werden sollte. Es ist beispielsweise möglich, dass eine gewisse vertikale Beleuchtungsstärke vor einem Fenster im Innenraum als nicht störend wahrgenommen wird, solange der Lichtstrom konstant ist. Eine dynamische Änderung des Lichtstroms (selbst eine Senkung) könnte jedoch als störend bewertet werden³⁵. Dies unterliegt starken individuellen Streuungen.

5. Fazit: Quantitative und qualitative Planungsempfehlungen

Um den möglichen Beitrag der Beleuchtung zum Sicherheitsgefühl in einer Situation in ausreichendem Maße zu realisieren, erscheint nach derzeitigem Stand der Forschung gemäß der CIE (siehe kritische Anmerkungen in Kapitel 2.2 und Kapitel 3) eine mittlere horizontale Beleuchtungsstärke von 4,0 lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,15 angemessen. Das Sicherheitsgefühl kann von »ausreichend« auf »gut« erhöht werden, indem die mittlere Beleuchtungsstärke auf 8,0 lx und die Gleichmäßigkeit auf 0,25 angehoben werden. In Bezug auf die EN 13201 würde dies also eine »konservative« Auslegung der Norm verlangen. Das Verhältnis der minimalen horizontalen Beleuchtungsstärke E_{\min} zur mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke \bar{E} (als minimaler Wertungswert) beträgt bei allen P-Klassen 0,2 (DIN-Normenausschuss Lichttechnik, 2016a) und resultiert somit in einem Sicherheitsgefühl zwischen »ausreichend« und »gut«. Allerdings darf der tatsächliche Wertungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke \bar{E} bis zu 1,5-mal so hoch sein wie der für die jeweilige P-Klasse vorgesehene Mindestwert \bar{E} (ebenda). Dies kann in einem Verhältnis von \bar{E}_{\max} zu E_{\min} von bis zu 0,13 resultieren. Zugunsten einer Erhöhung des Sicherheitsgefühls ist es daher ratsam, die E_{\min} tendenziell höher anzusetzen als in der EN 13201 vorgeschrieben.

³⁵ Auch hier scheinen die Geschwindigkeit des Hochdimmens sowie die Nachlaufzeit einen Einfluss zu haben (siehe Abbildung 5).

In Bezug auf adaptiv gesteuerte Beleuchtungsanlagen sollten im Fall einer Personendetektion die Leuchten, welche sich in direkter Umgebung dieser Person befinden, den höchsten Lichtstrom aufweisen. Dies betrifft alle Leuchten in einem Abschnitt von mindestens 30 Metern und es sollte sich dabei um mindestens zwei Leuchten handeln. Die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke im Bereich der Leuchten mit dem höchsten Lichtstrom sollte sich an den Kriterien für ein »gutes« Sicherheitsgefühl orientieren ($\bar{E}_m = 8,0 \text{ lx}$ bei $U_0 = 0,25$ (siehe oben)). Des Weiteren sollten die übrigen Leuchten nach jetzigem Wissen nicht ganz ausgeschaltet sein. Es ist davon abgesehen ratsam, Anwohner zu den Dimmcharakteristika zu befragen und diese Charakteristika gegebenenfalls anzupassen, da das dynamische Dimmen im Innenraum als störend empfunden werden könnte.

Neben diesen primär quantitativen Erwägungen bei der Lichtplanung gibt es auch qualitative Empfehlungen. Boyce empfiehlt, die von Fisher und Nasar definierten Ortscharakteristika *Prospect, Refuge and Escape* bei Dunkelheit mit Licht hervorzuheben (Boyce P. R., 2019). Ein potentiell Täterversteck könnte beispielsweise ausgeleuchtet werden oder Wege, die sich bei einem potentiellen Angriff zur Flucht eignen, könnten mit Licht besonders betont werden. Ausserdem sollte die Beleuchtung einen möglichst weiten und zusammenhängenden Überblick gewährleisten³⁶. Entscheidend ist zudem, den Ort bei der Lichtplanung als dreidimensionalen Raum statt als zweidimensionale Fläche zu begreifen. Beleuchtete vertikale Raumelemente können neben einer gleichmäßig beleuchteten Horizontalen entscheidend dabei helfen, den Raum und seine Ortscharakteristika *Prospect, Refuge* und *Escape* lesbar zu machen. Eine Beleuchtungsstärke auf den Vertikalen, die etwa einem Drittel der Beleuchtungsstärke auf der Horizontalen entspricht, erscheint dabei nach jetzigem Stand ratsam.

Bei der Auswahl von Leuchten sollte außerdem darauf geachtet werden, dass ihre Höhe Passantenköpfe überragt. Damit wird sichergestellt, dass wenigstens etwas Licht direkt auf die Gesichter Entgegenkommender fallen kann³⁷, ohne dabei Lichtverschmutzung durch den Himmel emittierendes Licht zu verursachen. Solch eine Lichtverschmutzung tritt beispielsweise bei freistrahrenden Kugelleuchten auf.

Diese qualitativen Empfehlungen setzen eine kreative Herangehensweise an die Lichtplanung voraus, die einen Ort nicht als ein zweidimensionales Areal, dessen Beleuchtung in der Aufsicht geplant wird, sondern als einen sozialen Raum (siehe Bordonaro, Entwistle, & Slater, 2019) versteht. Der kreative Aspekt unterstreicht die Wichtigkeit von Lichtdesign bei der Planung einer Beleuchtungsanlage. Die Lichtplanung sollte dem Sicherheitsbedürfnis der Nutzer gerecht werden und dieses mit weiteren Bedürfnissen wie Hinderniserkennung (Fotios & Uttley, 2018), Verkehrssicherheit, Umweltschutz und Ästhetik verbinden. Dies lässt für einen spezifischen Ort in der Regel mehr als einen Lösungsansatz zu und die Qualität der Lichtplanung kann daher nicht ausschließlich numerisch beschrieben werden.

36 Bei dynamischer Beleuchtung hat hier der zusammenhängende Blick in der nahen Umgebung Priorität, wie Haans und De Kort zeigen (siehe Kapitel 2.2).

37 Ob und wieviel Licht in einem solchen Fall auf das Gesicht fällt, hängt von der Lichtstärkeverteilung einer Leuchte sowie ihrer räumlichen Position (Distanz und Höhe) bezogen auf das Gesicht ab.

Literaturverzeichnis

- [1] Bolger, M. A., & Bolger, C. P. (2019). Predicting fear of crime: results from a community survey. *American Journal of Criminal Justice*, 44, 334–351.
- [2] Bordonaro, E., Entwistle, J., & Slater, D. (2019). The social study of urban lighting. In N. Davoudian (Hrsg.), *Urban lighting for people: evidence-based lighting design for the built environment* (S. 2–17). London: RIBA Publishing.
- [3] Boyce, P. R. (2014). *Human factors in lighting* (3. Auflage). Boca Raton: CRC Press.
- [4] Boyce, P. R. (2019). The benefits of light at night. *Building and Environment*, 151, 356–367.
- [5] Boyce, P. R., & Gutkowski, J. M. (1995). The if, why and what of street lighting and street crime: A review. *Lighting Research & Technology*, 27(2), 103–112.
- [6] Boyce, P. R., & Rea, M. S. (1990). Security lighting: Effects of illuminance and light source on the capabilities of guards and intruders. *Lighting Research & Technology*, 22(2), 57–79.
- [7] Boynton, R. M., & Purl, K. F. (1989). Categorical colour perception under low-pressure sodium lighting with small amounts of added incandescent illumination. *Lighting Research & Technology*, 21(1), 23–27.
- [8] Ceccato, V. (2020). The circumstances of crime and fear in public spaces: a review of theories. In V. Ceccato, & M. K. Nalla (Hrsg.), *Crime and fear in public places: towards safe, inclusive and sustainable cities* (S. 16–37). London/New York: Routledge.
- [9] Chalfin, A., Hansen, B., Lerner, J., & Parker, L. (2021). Reducing crime through environmental design: evidence from a randomized experiment of street lighting in New York City. *Journal of Quantitative Criminology*. doi:<https://doi.org/10.1007/s10940-020-09490-6>
- [10] Chen, Y., Cui, Z., & Hao, L. (2019). Virtual reality in lighting research: Comparing physical and virtual lighting environments. *Lighting Research & Technology*, 51, 820–837.
- [11] Commission Internationale de l'Eclairage. (2006). *Road lighting calculations*. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.
- [12] Commission Internationale de l'Eclairage. (2010). *Lighting of roads for motor and pedestrian traffic* (2. Auflage). Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.
- [13] Commission Internationale de l'Eclairage. (2017). *Guide on the limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installations* (2. Auflage). Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.
- [14] Commission Internationale de l'Eclairage. (2019). *Lighting for pedestrians: a summary of empirical data*. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.
- [15] Davies, M. W., & Farrington, D. P. (2020). An examination of the effects on crime of switching off street lighting. *Criminology & Criminal Justice*, 20(3), 339–357.
- [16] DIN-Normenausschuss Lichttechnik. (2016). *DIN EN 13201-3: Straßenbeleuchtung – Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale; Deutsche Fassung EN 13201-3:2015*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- [17] DIN-Normenausschuss Lichttechnik. (2016a). *Straßenbeleuchtung – Teil 2: Gütemerkmale; Deutsche Fassung EN 13201-2:2015*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

- [18] DIN-Normenausschuss Lichttechnik. (2016b). DIN EN 13201-3: Straßenbeleuchtung –Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale; Deutsche Fassung EN 13201-3:2015. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- [19] Donners, M., Van Grunsven, R. H., Groenendijk, D., Van Langeveld, F., Bikker, J. W., Longcore, T., & Veenendaal, E. (2018). Colors of attraction: Modeling insect flight to light behavior. *Journal of Experimental Zoology*, 329(8–9), 434–440.
- [20] Farrington, D. P., & Welsh, B. C. (2002). Improved street lighting and crime prevention. *Justice Quarterly*, 19(2), 313–342.
- [21] Farrington, D. P., & Welsh, B. C. (2004). Measuring the effects of improved street lighting on crime: a reply to Dr Marchant. *British Journal of Criminology*, 44(3), 448–467.
- [22] Fisher, B. S., & Nasar, J. L. (1992). Fear of crime in relation to the three site features prospect, refuge, and escape. *Environment and Behaviour*, 24(1), 35–65.
- [23] Foster, S., Giles-Corti, B., & Knuiaman, M. (2010). Neighbourhood design and fear of crime: a social-ecological examination of the correlates of residents' fear in new suburban housing developments. *Health & Place*, 16(6), 1156–1165.
- [24] Fotios, S. (February 2017). Measure for measure. *Lighting Journal*, S. 34–35.
- [25] Fotios, S., & Uttley, J. (2018). Illuminance required to detect a pavement obstacle of critical size. *Lighting Research & Technology*, 50(3), 390–404.
- [26] Fotios, S., Liachenko Monteiro, A., & Uttley, J. (2019). Evaluation of pedestrian reassurance gained by higher illuminances in residential streets using the day–dark approach. *Lighting Research & Technology*, 51(4), 557–575.
- [27] Fotios, S., Unwin, J., & Farrall, S. (2015). Road lighting and pedestrian reassurance after dark: A review. *Lighting Research & Technology*, 47(4), 449–469.
- [28] Fotios, S., Uttley, J., Cheal, C., & Hara, N. (2015). Using eye-tracking to identify pedestrians'critical visual tasks, Part1. Dual task approach. *Lighting Research & Technology*, 47, 133–148.
- [29] Frei, A., Pribyl, K., & Ritschel, S. (7. April 2021). Die Angst auf dem Heimweg. *Augsburger Allegemeine*, S. 3.
- [30] Giles-Corti, B., Foster, S., Koosahri, M. J., & Hooper, J. F. (2015). The Influence of Urban Design and Planning on Physical Activity. In H. Barton, S. Thompson, S. Burgess, & M. Grant (Hrsg.), *The Routledge Handbook of Planning for Health and Well-Being* (S. 121–135). London / New York: Routledge.
- [31] Haans, A., & De Kort, Y. A. (2012). Light distribution in dynamic street lighting: two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape. *Journal of Environmental Psychology*, 32, 342–352.
- [32] Hollis, M. E., Felson, M., & Welsh, B. C. (2013). The capable guardian in routine activities theory: A theoretical and conceptual reappraisal. *Crime Prevention and Community Safety*, 15(1), 65–79.
- [33] Jacobs, J. (1965). *The death and life of great American cities: the failure of town planning*. Harmondsworth: Penguin Books.
- [34] Kretzer, D. M., & Walczak, M. (2021). The impact of vertical densification on public lighting in informal settlements: using virtual environments as an evaluation tool for policy making. *Athens Journal of Architecture*, 7(2), 305–334. Von <https://www.athensjournals.gr/architecture/2021-7-2-4-Kretzer.pdf> abgerufen
- [35] Marchant, P. (2005/6). Shining a light on evidence-based policy: street lighting and crime. *Criminal Justice Matters*, 62, 18–25.

- [36] Marchant, P. (2010). What is the contribution of street lighting to keeping us safe? An investigation into a policy. *Radical Statistics*(102), 32–42.
- [37] Marchant, P. R. (2004). Research note: a demonstration that the claim that brighter lighting reduces crime is unfounded. *British Journal of Criminology*, 44(3), 441–447.
- [38] Morrow, E. N., & Hutton, S. A. (2000). The Chicago alley lighting project: final report. Chicago: Illinois Criminal Justice Information Authority.
- [39] Moskvina, L. (2017). Fassadenlicht und Strassenbeleuchtung: Wieviel Fassadenaufhellung brauchen wir? *Licht*(9), 74–79.
- [40] Nasar, J. L., & Jones, K. M. (1997). Landscapes of fear and stress. *Environment and Behaviour*, 29(3), 291–323.
- [41] Newman, O. (1972). *Defensible space: people and design in the violent city*. London: Architectural Press.
- [42] Painter, K. (1988). *Lighting and crime prevention: the Edmonton project*. London: Middlesex Polytechnic.
- [43] Painter, K. (1991). An evaluation of public lighting as a crime prevention strategy: the West Park Estate surveys. *The Lighting Journal*, 56, 228–232.
- [44] Painter, K. (1996). Street lighting, crime and fear of crime: a summary of research. In T. H. Bennett (Hrsg.), *Preventing crime and disorder: targeting strategies and responsibilities*. Cambridge: University of Cambridge.
- [45] Painter, K. A., & Farrington, D. P. (2001). The financial benefits of improved street lighting, based on crime reduction. *Lighting Research & Technology*, 33(1), 3–12.
- [46] Painter, K., & Farrington, D. P. (1997). The crime reducing effect of improved street lighting: The Dudley project. U.S. Department of Justice. Washington, DC: Office of Justice Programs. Von <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/crime-reducing-effect-improved-street-lighting-dudley-project> abgerufen
- [47] Painter, K., & Farrington, D. P. (1999). Street lighting and crime: diffusion of benefits in the Stoke-on-Trent project. In K. Painter, & N. Tilley (Hrsg.), *Surveillance of public space: CCTV, street lighting and crime prevention* (Bd. 10, S. 77–122). Monsey: Lynne Rienner Publishers.
- [48] Posch, T., Freyhoff, A., & Uhlmann (eds.), T. (2010). *Das Ende der Nacht: Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen*. Weinheim: Wiley-VCH.
- [49] Saraiji, R. (2009). A methodology for locating the maximum vertical illuminance in street lighting. *Leukos*, 6(2), 139–152.
- [50] Schreuder, D. A. (1993). Relation between lighting, accidents and crime in urban streets. *Lux Europa 1993* (S. 118–135). London: CIBSE.
- [51] Schweitzer, J. H., Kim, J. W., & Mackin, J. R. (1999). The impact of the built environment on crime and fear of crime in urban neighborhoods. *Journal of Urban Technology*, 6(3), 59–73.
- [52] Sim, Y. J., Kim, I. T., Choi, A. S., & Sung, M. K. (2017). A preliminary study of an evaluation method for discomfort glare due to light trespass. *Lighting Research & Technology*, 49, 632–650.
- [53] Steventon, G. (2012). Crime prevention through environmental design. In J. S. Susan (Hrsg.), *International encyclopedia of housing and home* (S. 280–284). Oxford: Elsevier.
- [54] The Society of Light and Lighting. (2012). *The SLL code for lighting*. London: The Society of Light and Lighting.
- [55] Van Bommel, W. (2015). *Road light: fundamentals, technology and application*. Cham / Heidelberg / New York / Dordrecht / London: Springer.
- [56] Van Bommel, W., & Van Dijk, J. (1985). Security lighting for domestic exteriors. *Lighting. Lighting Des Appl*, 15(5), 39–44.

- [57] Viliunas, V., Vaitkevicius, H., Stanikunas, R., Vitta, P., Bliumas, R., Auskalnyte, A., ... Zukauskas, A. (2014). Subjective evaluation of luminance distribution for intelligent outdoor lighting. *Lighting Research & Technology*, 46(4), 421–433.
- [58] Wang, D. (2013). Simulation Research. In L. N. Groat, & D. Wang (Hrsg.), *Architectural design methods* (2. Auflage., S. 349–377). Hoboken: Wiley.
- [59] Welsh, B., & Farrington, D. (2008). *Effects of improved street lighting on crime*. Oslo: The Campbell Collaboration.
- [60] Zimmer, C. (21. October 2020). Fahrradfahrerin (17) in Dunkelheit angegriffen. *Cellesche Zeitung*. Von <https://www.cz.de/Celle/Aus-der-Stadt/Celle-Stadt/Fahrradfahrerin-17-in-Dunkelheit-angegriffen-Polizei-Celle-sucht-Zeugen-abgerufen>

Die **Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)** mit über 100-jähriger Tradition versteht sich als dynamisches Netzwerk und Wissensplattform für alle Licht-Interessierten. Sie gliedert sich in 16 Bezirksvertretungen mit rund 2300 Mitgliedern. Sie wird geleitet durch einen Vorstand und einen Vorstandsrat. Fachliche Belange behandelt der Technisch-Wissenschaftliche Ausschuss (TWA).

Die **LiTG** verbindet Wissenschaftler aus Forschung und Lehre, Ingenieure und Techniker aus Entwicklung, Fertigung, Projektierung und Vertrieb, Mitarbeiter aus Bundes- und Landesministerien sowie Kommunalverwaltungen, Architekten, Innenarchitekten, Lichtplaner, Elektrofachplaner, Handwerker, Produktdesigner, Mediziner, Künstler und Studierende. Zu ihren korporativen Mitgliedern zählen wissenschaftliche Institutionen, Fachverbände und Organisationen, Unternehmen aus allen Bereichen der Lichtindustrie, Stadtverwaltungen, Energieversorger, Architektur-, Ingenieur- und Lichtplanungsbüros.

Die **LiTG** fördert die Lichttechnik in Theorie und Praxis auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Sie engagiert sich mit ihrer Fortbildung »Geprüfter Lichtexperte (LiTG)« auf Basis des europäischen Bildungsstandards »European Lighting Expert (ELE)« in der fachlichen Aus- und Weiterbildung und in der Forschung. Sie bietet ein breitgefächertes Programm aus Vorträgen, Diskussionen und

Exkursionen, das über innovative Anwendungen, Produkte, Dienstleistungen, Forschungsvorhaben und Normen und Gesetze informiert.

Die **LiTG** beteiligt sich an der Erarbeitung nationaler und internationaler Normen und Vorschriften und kooperiert dazu mit nationalen und internationalen Fachorganisationen (z. B. DIN, CEN, ISO, CIE) sowie den lichttechnischen Gesellschaften aus aller Welt. Sie veranstaltet wissenschaftliche Fachtagungen zu aktuellen Themen auf nationaler und internationaler Ebene.

Die **LiTG** erstellt und verbreitet Arbeits- und Forschungsergebnisse mit neuesten lichttechnischen Erkenntnissen in Form allgemein verständlicher technisch-wissenschaftlicher Publikationen zu folgenden Schwerpunkten:

- **Außenbeleuchtung**
- **Melanopische Lichtwirkungen**
- **Lichtmanagement**
- **Fahrzeugbeleuchtung**
- **Farbe**
- **Innenbeleuchtung**
- **Lichtarchitektur**
- **Lichtquellen und Leuchten**
- **Messen, Bewerten und Berechnen**
- **Physiologie und Wahrnehmung**
- **Tageslicht**

LiTG-Publikationen sind frei von kommerziellen Zielen.



Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.

Danneckerstraße 16
10245 Berlin

Telefon +49 30 / 26 36 95 24

E-Mail info@litg.de

www.litg.de