



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

**Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Fakultät Life Sciences
Studiengang Gesundheitswissenschaften**

**Bedeutung von Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz für die
Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten.**

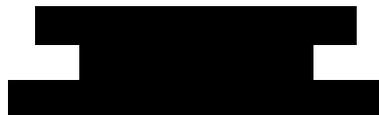
Beispielhafte Gefährdungsanalyse in einem Büro mit
Gestaltungsempfehlungen auf der Grundlage
demographischer Veränderungen
und moderner Beleuchtungskonzepte.

Bachelorarbeit

Tag der Abgabe: 10.11.2016

Vorgelegt von:

Sandrina Wichmann



Betreuende Prüfende: Prof. Dr. Gabriele Perger
Zweiter Prüfer: Dipl. Ing. Frank Simon

Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis	I
II.	Tabellenverzeichnis	II
III.	Abkürzungsverzeichnis	III
IV.	Abstract.....	IV
1.	Einleitung	1
2.	Der Bildschirmarbeitsplatz	2
2.1.	Gesetzlicher Rahmen von Bildschirmarbeit und Beleuchtung	2
2.2.	Stand der Umsetzung gesetzlicher Vorgaben am Bildschirmarbeitsplatz	4
3.	Die Arbeitsplatzbeleuchtung.....	5
3.1.	Auswirkungen von Beleuchtung auf Wohlbefinden und Produktivität	5
3.1.1.	Visuelle Lichtwirkungen.....	5
3.1.2.	Nicht-visuelle Lichtwirkungen	7
3.1.3.	Wirkung von Beleuchtung auf Arbeitsleistung und -fehler	9
3.2.	Der demographische Wandel im Kontext anzupassender Beleuchtungsbedingungen für ältere Beschäftigte	11
3.3.	Veränderung der Arbeitsplatzbeleuchtung im historischen Rückblick.....	14
4.	Moderne Beleuchtungskonzepte	19
4.1.	Konkretisierungsvorschläge der Berufsgenossenschaftlichen Informationen	19
4.2.	Human Centric Lighting.....	25
5.	Beispielhafte Gefährdungsanalyse: Vorstellung von Betrieb und Ausgangssituation.....	28
6.	Methodik	29
6.1.	Frage- und Zielstellung	29
6.2.	Messstrategie und Ablauf der Gefährdungsanalyse	29
6.3.	Vorstellung der verwendeten Checkliste	32
7.	Ergebnisse.....	34
7.1.	Vorstellung der Messergebnisse	34
7.2.	Bewertung der Messergebnisse auf der Grundlage der Regelwerke.....	43
7.3.	Maßnahmenableitung: Gestaltungsempfehlungen der Beleuchtung.....	46
8.	Schlussbetrachtungen: Diskussion und Limitationen.....	48
9.	Fazit.....	49
10.	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	51
11.	Eidesstattliche Erklärung.....	56
12.	Anhang	57

I. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Darstellung des Auges im Querschnitt	6
Abb. 2:	Lichtempfindliche Stäbchen und farbempfindliche Zapfen in der Netzhaut	6
Abb. 3:	Querschnitt des Auges mit Darstellung der Fotorezeptoren: Ganglienzellen, Stäbchen und Zapfen	8
Abb. 4:	Leistungssteigerung in % pro Tätigkeit in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke in Lux.	10
Abb. 5:	Rückgang der Fehler in % pro Tätigkeit in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke in Lux.	11
Abb. 6:	Zunahme des Lichtbedarfs im blau-weißen und roten Spektrum in % bei zunehmendem Alter.	13
Abb. 7:	Verschiedene Formen der Direkt-, Indirekt- und Direkt-/Indirektbeleuchtung mit und ohne Arbeitsplatzleuchten und Sekundärleuchten	18
Abb. 8:	Beleuchtungskonzepte und Beleuchtungsstärken.	23
Abb. 9:	Beispiel für Direktbeleuchtung	23
Abb. 10:	Beispiel für Indirektbeleuchtung.	24
Abb. 11:	Beispiel für Direkt-/Indirektbeleuchtung	25
Abb. 12:	Beispielhafte Umsetzung von HCL zu unterschiedlichen Tageszeiten.....	27
Abb. 13:	Grundriss des Büroraums mit erhobenen Raummaßen.....	35
Abb. 14:	Ausrichtung von Arbeitsplatz 1, 2 und 3 und die Positionierung der Deckenleuchten und LED-Zusatzbeleuchtung.....	35
Abb. 15:	Arbeitsplatz 1	36
Abb. 16:	Ausrichtung von Arbeitsplatz 2 und 3 in Fensternähe.....	36
Abb. 17:	Nicht funktionsfähige Deckenleuchte.....	37
Abb. 18:	Zusätzliche Arbeitsplatzbeleuchtung an Arbeitsplatz 2 und 3	37
Abb. 19:	Hängeleuchten an Arbeitsplatz 1.....	38
Abb. 20:	Allgemeine Messpunkte an Arbeitsplatz 1 und Arbeitsumgebung.....	39
Abb. 21:	Messpunkte an Arbeitsplatz 1 im Arbeitsbereich.	40
Abb. 22:	Messpunkte an Arbeitsplatz 2 im Arbeitsbereich.	41
Abb. 23:	Blendeffekte der Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 2 im Vergleich zur matten Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 3.....	42
Abb. 24:	Balkendiagramm zur vergleichenden Darstellung der mittleren Beleuchtungsstärken der künstlichen Beleuchtung in Lux an Arbeitsplatz 1 und 2 bei angeschalteter und ausgeschalteter Zusatzbeleuchtung.....	44

Abb. 25: Alternatives Raumkonzept: Installation eines vierten Arbeitsplatzes mit LED-Zusatzbeleuchtung und Tageslichtnutzung gegenüber der Theke.
Umstellung von Arbeitsplatz 2 und 3 zur verbesserten Tageslichtnutzung 47

II. Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Prognose zum Anteil der jeweiligen Altersgruppe an der Erwerbsbevölkerung in % pro Jahrzehnt	12
Tab. 2:	Anforderungen an die Beleuchtung am Büro- und Bildschirmarbeitsplatz nach DGUV-Informationen 215-410 und 215-442.	20
Tab. 3:	Inhaltlicher Aufbau der Checkliste	32
Tab. 4:	Gemessene Beleuchtungsstärken mit und ohne künstliche Beleuchtung an Arbeitsplatz 1 mit zusätzlicher Differenz und errechneten Mittelwerten	39
Tab. 5:	Gemessene Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von Arbeitsplatz 1 mit errechneter Differenz zwischen künstlicher und Tageslichtbeleuchtung und Mittelwerten.....	40
Tab. 6:	Gemessene Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von Arbeitsplatz 2 mit errechneter Differenz zwischen künstlicher und Tageslichtbeleuchtung und Mittelwerten.....	41
Tab. 7:	Zusammenfassung der unzureichend erfüllten Gütekriterien der Beleuchtung	45

III. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ASR A3.4:	Technische Regeln für Arbeitsstätten: Beleuchtung
ArbschG:	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV:	Arbeitsstättenverordnung
BAuA:	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BildscharbV:	Bildschirmarbeitsverordnung
bzw.	beziehungsweise
DGUV:	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
DGUV-Information 215-410:	Berufsgenossenschaftliche Information, Beleuchtung im Büro: Hilfen für die Planung der künstlichen Be- leuchtung in Büroräumen
DGUV-Information 215-442:	Berufsgenossenschaftliche Information, Bildschirm- und Büroarbeitsplätze: Leitfaden für die Gestaltung
ebd.	ebenda
HCL	Human Centric Lighting
lx	Beleuchtungsstärke in Lux
SCN	Suprachiasmatischer Nucleus
Tab.	Tabelle
vgl.	vergleiche

IV. Abstract

In dieser Bachelorarbeit sollte die Wichtigkeit gesundheitsgerechter Gestaltung von Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz betrachtet werden; Licht ist für das visuelle Leistungsvermögen und die Stabilisierung des Tag-Nacht-Rhythmus bedeutsam und kann Wohlbefinden und Produktivität am Arbeitsplatz maßgeblich beeinflussen. Die Einhaltung arbeitswissenschaftlich begründeter Mindestvorschriften ist allgemein sowie insbesondere aufgrund der Zunahme alternder Belegschaft zu beachten, da aus den physiologischen Veränderungen im Alter erhöhte Anforderungen an die Beleuchtung resultieren. Die Entwicklung von Beleuchtungskonzepten zeigt, dass individualisierbare, steuerbare Beleuchtung an Wichtigkeit gewinnt. Das Human Centric Lighting bietet Ansätze einer auf den Menschen abgestimmten, aktivierenden Beleuchtung, weist jedoch noch Forschungsbedarf auf. Insgesamt sollte Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung nicht nur gesetzlichen Vorschriften entsprechen, sondern dem individuellen Lichtbedarf, Alter und Präferenzen der Beschäftigten angepasst werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse konnte anhand einer beispielhaften Gefährdungsanalyse erkannt werden, dass die Beleuchtung im ausgewählten Büro weder den Mindestvorschriften noch den erhöhten Bedürfnissen älterer Beschäftigter entsprach. Die einmalig orientierende Beleuchtungsmessung mittels Luxmeter und Checkliste wies auf Blendungseffekte, unzureichende Tageslichtnutzung und niedrige Beleuchtungsstärken hin. Vorgeschlagene Verbesserungsmaßnahmen beinhalteten die Entfernung von Blendquellen und fehlerhafter Leuchten. Weiterhin wurde eine teilflächenbezogene Beleuchtung mit individueller Arbeitsplatzbeleuchtung explizit für ältere Beschäftigte empfohlen. In einem generierten Beleuchtungskonzept wurde ein weiterer Arbeitsplatz mit angemessener Zusatzbeleuchtung installiert und die Arbeitsplätze mit paralleler Blickrichtung zu den Fenstern zur bestmöglichen Tageslichtnutzung ausgerichtet.

1. Einleitung

Angesichts fortschreitender Technologieentwicklungen und der wachsenden Bedeutung von Computerarbeit nimmt auch die Anzahl von Bildschirmarbeitsplätzen in Deutschland immer weiter zu (vgl. GUV 2004, S. 6). Aufbauend auf dem arbeitswissenschaftlichen Kenntnisstand über die möglichen Gesundheitsrisiken bei der Bildschirmarbeit sind spezielle gesetzliche Regelungen und ergonomische Leitlinien erforderlich, die eine gesundheitsgerechte Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen sicherstellen (vgl. Arbeitnehmerkammer Bremen 2003, S. 5ff). Studien weisen jedoch darauf hin, dass von insgesamt 18 Millionen Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen in Deutschland mindestens 3,6 Millionen nicht den gesetzlichen Mindestanforderungen der auf den Gesundheitsschutz ausgerichteten Bildschirmarbeitsverordnung entsprechen (vgl. Neuthinger 2010). Hinzukommend stellt der fortschreitende demographische Wandel die Arbeitswelt vor Herausforderungen: Die steigende Anzahl älterer Menschen in der Gesellschaft sowie im Erwerbsleben (vgl. Schierz 2008, S. 1) führt zu der Notwendigkeit der Anpassung von Arbeitsmitteln zugunsten einer altersgerechten Arbeitsplatzgestaltung (vgl. DGUV 2010, S. 2). Hierbei lässt sich Beleuchtung als eines der zentralen ergonomischen Kriterien am Bildschirmarbeitsplatz deklarieren, da die Beleuchtungsbedingungen maßgeblichen Einfluss auf das Sehen einerseits sowie auf das Wohlbefinden andererseits nehmen können (vgl. Martin 2007, S. 26). Während visuelle Lichtwirkungen bei ergonomischen Bedingungen den optimalen Sehvorgang ermöglichen, steuern die nicht-visuellen Lichtwirkungen hormonelle Vorgänge im Körper, die die innere Uhr und somit Aktivität, kognitive Leistungsfähigkeit und Gesundheit im Allgemeinen beeinflussen (vgl. Plischke 2016, S. 201ff). Um diese Wirkungen gewährleisten zu können, ist ein erhöhter Anspruch an Beleuchtungssituationen im Allgemeinen sowie vor dem Hintergrund physiologischer Veränderungen im Alter speziell für die alternde Belegschaft angezeigt (vgl. RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 14ff).

Viele Konzepte beschäftigen sich mit der Gestaltung der Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit lässt sich dahingehend wie folgt beschreiben: Zum einen soll die Bedeutung von Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten dargestellt und Ansätze moderner und ergonomischer Konzepte der Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung betrachtet werden. Aspekte altersgerechter Gestaltung sollen zusätzlich beachtet werden. Zum anderen soll der Versuch unternommen werden, im Zuge einer beispielhaften Gefährdungsanalyse die für ein Büro mit Bildschirmarbeitsplätzen optimalen Beleuchtungsbedingungen unter Berücksichtigung demographischer Veränderungen und moderner Beleuchtungskonzepte darzulegen.

Die Arbeit gliedert sich in einen theoretischen und praktischen Abschnitt: Im theoretischen Teil sollen Bedeutung und gesetzlicher Rahmen von Bildschirmarbeit und Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz behandelt werden. Anschließend sollen die spezifischen Auswirkungen von Beleuchtung auf Produktivität, Gesundheit und Wohlbefinden erläutert werden. Zudem soll ein Bezug zum demographischen Wandel hergestellt und der Bedarf der Anpassung von Arbeitsmitteln an die Bedürfnisse alternder Belegschaft erörtert werden. Schließlich sollen die historische Entwicklung der Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung sowie Ansätze moderner Beleuchtungskonzepte vorgestellt werden.

Im praktischen Abschnitt soll eine beispielhaft durchgeführte Gefährdungsanalyse von Bildschirmarbeitsplätzen in einem ausgewählten Büro mit Schwerpunkt Beleuchtung erfolgen. Zunächst sind Betrieb und Untersuchungsbedarf vorzustellen, bevor in einem Methodik-Abschnitt Fragestellung, Planung und Durchführung der Gefährdungsanalyse sowie der Aufbau der Checkliste zugunsten eines Soll-Ist-Vergleichs erläutert werden. Anschließend sollen die Messergebnisse dargestellt und vor dem Hintergrund gesetzlicher Grundlagen und arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse bewertet werden. Hierbei ist zu beurteilen, ob die Bedürfnisse der älteren Beschäftigten bei der Gestaltung der Beleuchtungssituation berücksichtigt wurden. Schließlich sollen Handlungsempfehlungen für ein ergonomisches und altersgerechtes Raum- und Beleuchtungskonzept entlang moderner Beleuchtungskonzepte formuliert werden. Die gewählten Empfehlungen sollen dann unter Berücksichtigung der Limitationen im Rahmen dieser Arbeit sowie realer Einschränkungen diskutiert werden. Abschließend soll eine Zusammenfassung der Arbeit sowie der Ergebnisse vorgenommen und Schlussfolgerungen gezogen werden.

2. Der Bildschirmarbeitsplatz

2.1. Gesetzlicher Rahmen von Bildschirmarbeit und Beleuchtung

In den vergangenen Jahrzehnten hat die Arbeit am Computer für Beschäftigte in Deutschland zunehmend an Bedeutung gewonnen; für vielfältige Verwaltungs- und Gewerbeberufe stellen Datenverarbeitungsanlagen bei Tätigkeiten der Recherche, Dokumentation oder Kommunikation von Informationen heute eine Notwendigkeit dar (vgl. Grifka et al. 2002, S. 1015; GUV 2004, S. 6). Folglich hat die Anzahl der Bildschirmarbeitsplätze in deutschen Büros zugenommen: Während im Jahr 1980 noch etwa 300.000 Bildschirmgeräte bei Büro-tätigkeiten Verwendung fanden, ist diese Zahl um die Jahrtausendwende herum auf von Experten geschätzte 15 Millionen angestiegen (vgl. GUV 2004, S. 6). Schätzungen zufolge

betrug die Anzahl der Bildschirmarbeitsplätze im Jahr 2015 18 Millionen (vgl. Kreizberg 2016, S. 27).

Angesichts dieser Zahlen sind gesetzliche Vorschriften für die Bildschirmarbeit notwendig. In der europäischen und deutschen Gesetzgebung finden sich aktuell mehrere zu berücksichtigende Rechte und Pflichten, die die Arbeit am Bildschirmarbeitsplatz betreffen. Hierbei stellt das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) allgemeine Rahmenbedingungen und Pflichten für die Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten am Arbeitsplatz zur Verfügung. Ebenfalls herangezogen werden kann die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), die der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei Einrichtung und Betrieb von Arbeitsstätten dient. Speziell auf die Bildschirmarbeit abgestimmte Vorgaben wurden am 4. Dezember 1996 als „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten“ verabschiedet. Die Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV) ist die Umsetzung der EU-Richtlinie 90/270/EWG der Europäischen Union vom 29. Mai 1990 über die Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten in das nationale Recht der Bundesrepublik Deutschland (vgl. DGUV 2015a, S. 5). Ziel der Verordnung ist die Regelung der sicherheits- und gesundheitsgerechten Gestaltung der Arbeit am Bildschirm, des Arbeitsplatzes, der Arbeitsumgebung, der Arbeitsorganisation und Softwareausstattung für Beschäftigte, „die gewöhnlich bei einem nicht unwesentlichen Teil ihrer normalen Arbeit ein Bildschirmgerät benutzen“ (§ 2 Abs. 3 BildscharbV).

Im Anhang der BildscharbV werden die arbeitswissenschaftlich begründeten, sicherheitstechnischen Vorgaben genannt, die jeder Bildschirmarbeitsplatz unabhängig von der Verweildauer des Beschäftigten erfüllen muss. Im Hinblick auf die Beleuchtungssituation verlangt Punkt 15 des Anhangs, dass die Beleuchtung der am Arbeitsplatz zu verrichtenden Sehaufgabe und dem Sehvermögen der dort arbeitenden Beschäftigten angepasst sein muss. Weiterhin ist ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Umgebung sicherzustellen und die Anordnung des Arbeitsplatzes und der Beleuchtung so zu wählen, dass Blendungen, Spiegelungen und Reflexionen auf Bildschirm und anderen Arbeitsmitteln unterbunden werden. Zudem müssen laut Punkt 16 verstellbare Lichtschutzvorrichtungen an den Fenstern vorhanden sein, um Tageslichteinfall zur Blendungsvermeidung bei Bedarf zu regulieren (vgl. BildscharbV V v. 31.08.2015).

Auch im Anhang der ArbStättV werden Beleuchtung und Sichtverbindung nach außen geregelt. Laut Abschnitt 3.4. muss ausreichend Tageslichteinfall in der Arbeitsstätte gewährleistet und eine der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz zuträgliche künstliche Beleuch-

tung vorhanden sein. Beleuchtungsanlagen müssen zugunsten der Gefährdungs- und Unfallvermeidung ausgewählt und angeordnet werden. Ebenfalls ist eine Sicherheitsbeleuchtung bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung zu installieren, um Unfälle zu unterbinden (vgl. ArbStättV, V v. 19.7.2010).

Die hier geforderten Zielformulierungen sind laut ArbSchG und ArbStättV unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene umzusetzen. Dieser findet sich in der Arbeitsstättenregel ASR A3.4 für Beleuchtung in Form von Mindestvorschriften konkretisiert, welche auf aktuellen arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen basieren und in Gestaltungsleitlinien der Berufsgenossenschaftlichen Informationen berücksichtigt werden (vgl. BAuA 2011, S. 1ff).

Bezüglich der angeführten Anforderungen an die Ausstattung des Arbeitsbereiches fordert § 3 der BildscharbV im Sinne von § 5 des ArbSchG die Beurteilung der Arbeitsbedingungen durch den Arbeitgeber (vgl. BildscharbV V v. 31.08.2015).

2.2. Stand der Umsetzung gesetzlicher Vorgaben am Bildschirmarbeitsplatz

In der betrieblichen Praxis ließen sich in den vergangenen Jahren folgende Ergebnisse bei der Berücksichtigung gesetzlicher Mindestvorschriften an Bildschirmarbeitsplätzen verzeichnen: Im Jahr 2001 kam eine vom Deutschen Büromöbelforum durchgeführte repräsentative Befragung von 609 Unternehmen zu dem Ergebnis, dass die vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilung von Bildschirmarbeitsplätzen zum damaligen Zeitpunkt an lediglich 65 Prozent der Bildschirmarbeitsplätzen durchgeführt wurde. Folglich entsprach jeder dritte Bildschirmarbeitsplatz in Deutschland nicht den sicherheitstechnischen Anforderungen (vgl. Arbeitnehmerkammer Bremen 2003, S. 5). Untersuchungen des Verbands Büro-, Sitz- und Objektmöbel e.V. im Jahr 2010 zufolge genügten 3,6 Millionen Büro- und Bildschirmarbeitsplätze noch immer nicht den gesetzlichen Mindestanforderungen auf Grundlage der Bildschirmarbeitsverordnung. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass viele Unternehmen die Investition in ergonomisch angemessene Arbeitsmittel scheuen würden; insbesondere in verwaltungsintensiven Betrieben würden lediglich ein Prozent der Kosten auf die Gestaltung der Arbeitsplätze aufgewendet werden (vgl. Neuthinger 2010).

Arbeitswissenschaft und -medizin konnten nachweisen, dass Bildschirmarbeit, die nicht den ergonomisch begründeten Mindestvorschriften entspricht, Einschränkungen der Produktivität, Störungen des Wohlbefindens und schwere Krankheitsbilder bedingen kann (vgl. Arbeitnehmerkammer Bremen 2003, S. 5).

Die Folgen nicht ergonomischer Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung sollen im Folgenden näher betrachtet werden. Der Fokus auf Beleuchtung lässt sich damit begründen, dass im Kontext der Bildschirmarbeitsplatzverordnung (BilSchArbV) visuelle Belastungen im Sinne von Gefährdungen der Sehfähigkeit neben körperlichen und psychischen Belastungen explizit als zu beurteilender Faktor betrachtet werden (§ 3 BilSchArbV). Das fehlerfreie Sehen wird maßgeblich durch die Qualität der Beleuchtung beeinflusst, welche somit eine potentielle Gefährdung darstellt, die es zu beachten gilt (vgl. BAuA 2016c, S. 314), wobei auch andere Auswirkungen auftreten können, welche im Folgenden erläutert werden sollen.

3. Die Arbeitsplatzbeleuchtung

3.1. Auswirkungen von Beleuchtung auf Wohlbefinden und Produktivität

Angesichts des angezeigten Gefährdungspotentials nicht ergonomischer Beleuchtung sind die Auswirkungen von Licht auf den Menschen genauer zu betrachten. Bedingt durch die Evolutionshistorie sind der Mensch, dessen visuelles Leistungsvermögen und Lebensrhythmus eng mit der Tageslichtexposition verbunden (vgl. Martin 2007, S. 26). Mit der Rotation der Erde und dem regelmäßigen Tag-Nacht-Wechsel passte sich der menschliche Organismus zugunsten des Überlebens dem Sonnenlicht an; neben der Gewährleistung der visuellen Wahrnehmung durch Licht entwickelte sich entsprechend des Tag-Nacht-Rhythmus eine genetisch verinnerlichte Stoffwechselsteuerung mit aktivierenden Phasen am Tag und ermüdenden Phasen in der Nacht (vgl. Plischke 2016, S. 204). Daher wird zwischen visuellen und nicht-visuellen Wirkungen von Licht unterschieden (vgl. Schierz 2008, S. 9):

3.1.1. Visuelle Lichtwirkungen

Zu den visuellen Wirkungen des Lichts zählen jene, die den perzeptiv-physikalischen Prozess des Sehvorgangs im menschlichen Auge und somit die Wahrnehmung von Informationen wie Farben, Formen und Details in der Umgebung ermöglichen (vgl. DGUV 2013, S. 5f): In das Auge gelangendes Licht muss zunächst Hornhaut und Pupille passieren. Die Weite der Pupille und die in das Auge dringende Lichtmenge werden durch die Iris reguliert, welche als Blende fungiert. Die elastische Augenlinse hinter der Pupille bündelt die einfallenden Lichtstrahlen und sorgt im Zuge der Akkommodation durch die entsprechende Linsenkrümmung für die Scharfstellung des Gesehenen. Die gebündelten Strahlen treffen auf die Netzhaut (vgl. Myers 2008, S. 223f).

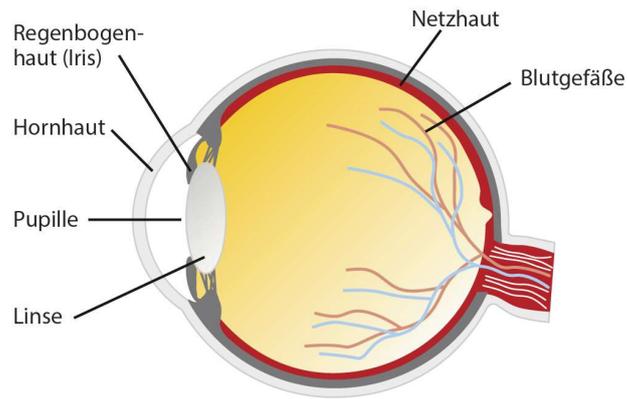


Abb. 1: Darstellung des Auges im Querschnitt. Quelle: Licht.de 2010, S. 10.

Zwei Arten von lichtempfindlichen Fotorezeptorzellen auf der Netzhaut nehmen die Lichtreize auf; die so erzeugten Nervenimpulse werden über den Sehnerv zum Sehzentrum des Gehirns übertragen, wo die Verarbeitung des wahrgenommenen Bildes vollzogen wird. Die Fotorezeptoren werden als Stäbchen und Zapfen bezeichnet: Die 120 Millionen Stäbchen sind hochempfindlich gegenüber selbst geringer Lichtexposition und für das Erkennen von Helligkeit und Dunkelheit verantwortlich. Die sieben Millionen Zapfen sind für die Erfassung von Farbeindruck und Detailschärfe zuständig und reagieren erst mit zunehmender Helligkeit. Folglich kann das Farbsehen bei niedrigen Helligkeiten nicht einsetzen, sodass lediglich Graustufen über die Stäbchen wahrgenommen werden können (vgl. Bartenbach et al. 2010, S. 25ff; Van Bommel 2004, S. 3).

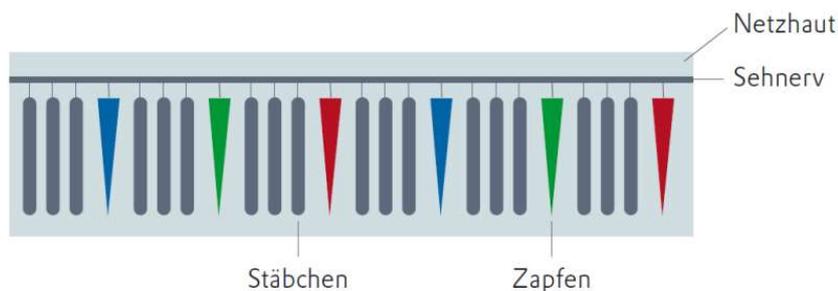


Abb. 2: Lichtempfindliche Stäbchen und farbempfindliche Zapfen in der Netzhaut. Quelle: Bartenbach 2010, S. 26.

Im Zuge des Adaptationsvorgangs muss das Auge sich an die Helligkeiten im Gesichtsfeld anpassen und auf eine mittlere Helligkeit einstellen; die Anpassung an hohe Helligkeiten erfolgt schneller als an niedrige (vgl. Bartenbach et al. 2010, S. 25ff). Für das Arbeiten im Büro und am Bildschirmarbeitsplatz bedeutet dies, dass ein angemessenes Beleuchtungs-

niveau durch entsprechend hohe Beleuchtungsstärken und ausgewogene Helligkeitsverhältnisse geschaffen werden muss (vgl. DGUV 2015a, S. 66): Niedrige Helligkeiten sind ebenso zu unterbinden wie häufige Änderungen der mittleren Helligkeit und wiederholte Wechsel zwischen Sehobjekten verschiedener Helligkeit, da ein permanenter Adaptationszwang zur Ermüdung der Augen führen kann. Die Blickrichtung auf Fenster oder helle Wände sollte daher vermieden werden (vgl. Martin 2007, S. 26f). Auch für das Scharfsehen sind angemessene Helligkeiten wichtig: Die Krümmung der elastischen Augenlinse bei Objekten unterschiedlicher Entfernung ist beim Nahsehen besonders beanspruchend für die Augenmuskeln und umso ermüdender, wenn die Augen nicht an die Helligkeit angepasst sind (vgl. Martin 2007, S. 27; Bartenbach et al. 2010, S. 25ff).

Nicht ergonomisch gestaltete Lichtverhältnisse können bei konzentrierter und dauerhafter Bildschirmarbeit zu einer Vielzahl von Belastungen führen (vgl. Martin 2007, S. 26). Neben zu niedrigen Helligkeiten durch unangemessene Beleuchtungsstärken sind zu hohe Helligkeiten, störend einfallendes Tageslicht sowie eine Anordnung von Arbeitsplatz und Leuchtmitteln zu nennen, die jeweils direkte Blendungen, indirekte Spiegelungen und Reflexionen bedingen können (vgl. Rudow 2011, S. 214ff). Hieraus entsteht physiologische Blendung, die das Sehen beeinträchtigt, sowie psychologische Blendung, die subjektiv als Störfaktor wahrgenommen wird (vgl. IFA 2010, S. 3ff). Auch Mängel in der Zeichendarstellung, fehlende oder unzureichende Korrekturen des Sehvermögens, störende Schatten und flimmernde Leuchten erschweren die visuelle Wahrnehmung (vgl. DGUV 2015a, S. 12ff; Van Bommel et al. 2004, S. 7). Mangelndes Tageslicht und Farbwiedergaben, die die Arbeitsumgebung unnatürlich erscheinen lassen, sind ebenfalls zu nennen (vgl. Van Bommel et al. 2004, S. 7). All diese Belastungsfaktoren können zu unterschiedlichen Formen der Fehlbeanspruchung führen, zu denen sich neben der Ermüdung der Augen auch Kopf- und allgemeine Augenschmerzen sowie Flimmern, Jucken, Brennen oder Bindehautreizungen der Augen zählen lassen. Zudem können Stressreaktionen, Unwohlsein sowie Kompensationshaltungen entstehen, die zu Muskelverspannungen und Fehlstellungen der Wirbelsäule führen (vgl. Rudow 2011, S. 214ff; Van Bommel et al. 2004, S. 6; DGUV 2015a, S. 12ff).

3.1.2. Nicht-visuelle Lichtwirkungen

Seit der Entdeckung des dritten Fotorezeptors auf der Netzhaut im Jahr 2002 ist bekannt, dass Licht neben den visuellen auch nicht-visuelle, biologische Wirkungen besitzt (vgl. Van Bommel et al. 2004, S. 4ff). Laut Chronobiologie hat der menschliche Organismus den Rhythmus von Tag und Nacht genetisch verinnerlicht. Demzufolge folgen körpereigene Prozesse jeweils eigenen Rhythmen und weisen vom Gehirn gesteuerte Hoch- und Tiefpunkte

im Vierundzwanzigstundentakt auf. Dieses Phänomen wird als circadianer Rhythmus bezeichnet (vgl. Licht.de 2010, S. 10ff). Hierbei wird das Tageslicht als wichtiger Zeit- und Taktgeber der inneren Uhr(en) des menschlichen Organismus deklariert; entsprechend der Exposition von Tageslicht am Tag und dessen Fehlen in der Nacht wird die Ausschüttung von Hormonen gesteuert und somit Wach- und Ruhephasen der Zellen und Organe im Körper aufeinander abgestimmt. Dies geschieht dank der in den tiefen Schichten der Netzhaut liegenden Ganglienzellen (vgl. Licht.de 2010, S. 15f).

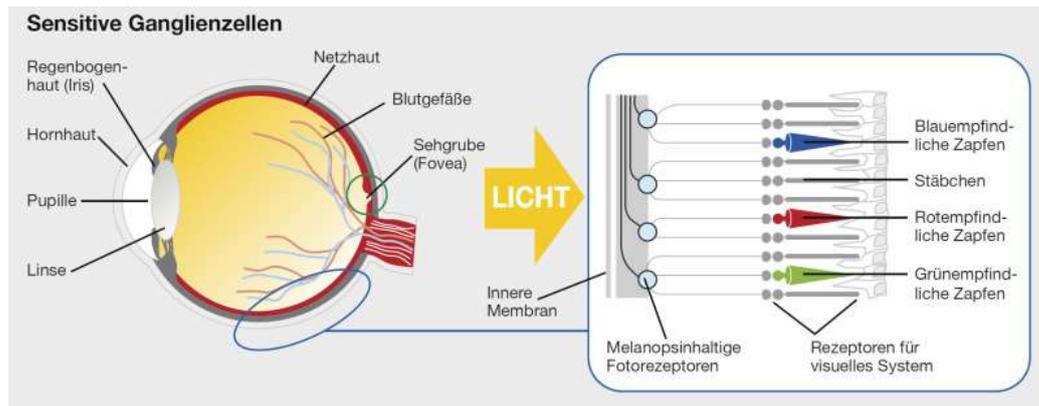


Abb. 3: Querschnitt des Auges mit Darstellung der Fotorezeptoren: Ganglienzellen, Stäbchen und Zapfen.
Quelle: Licht.de 2010, S. 10.

Diese Fotorezeptoren enthalten das Farbpigment Melanopsin und reagieren besonders empfindlich auf das blaue Licht des sichtbaren Spektrums. Sie sind mit dem suprachiasmatischen Nucleus (SCN) im Gehirn verbunden, der sich im wichtigsten Steuerzentrum des vegetativen Nervensystems, dem Hypothalamus, befindet. Der SCN wird durch die Ganglienzellen über äußere Lichtreize bei Tageslichtexposition informiert und dazu angeregt, ein Signal zu senden, das die Ausschüttung des Hormons Melatonin am Tag hemmt. Ohne Lichtreiz nach Sonnenuntergang wird dann die Melatonin-Ausschüttung angeregt (vgl. Licht.de 2010, S. 15f; Plischke 2015, S. 54f).

Melatonin sorgt für das Herunterfahren von Körperfunktionen, -temperatur und Stoffwechselfvorgängen, wirkt demnach ermüdend und begünstigt so das Einschlafen in der Nacht. Bedingt durch die Exposition mit morgendlichem Sonnenlicht wird die Hemmung des Hormons sowie die Senkung des Melatonin-Spiegels aktiviert. Gleichzeitig wird die Ausschüttung von Cortisol und Serotonin initiiert. Diese stellen als aktivierende Stresshormone Gegenspieler des Melatonins dar und bewirken Motivation, Wachheit und Leistungsfähigkeit im Verlauf des Tages. Bei Wegfall des Tageslichts nach Sonnenuntergang beginnt der Zyklus neu. Unzureichende Tageslichtexposition am Tag – beispielsweise in verdunkelten Bü-

roräumen – führt zu einer geringen Melatonin-Ausschüttung am Abend, sodass die Körperfunktionen nachts nicht fachgerecht heruntergeregelt werden können und Müdigkeit nur bedingt einsetzt. Hieraus folgt Wachheit in der Nacht, aus der erhöhte Müdigkeit, Fehleranfälligkeit und fehlende Energie am Tag resultiert, sodass der Tag-Nacht-Rhythmus sowie Wohlbefinden und Produktivität nachhaltig gestört werden. Eine Verstärkung dieses Phänomens kann durch den Mangel an Tageslicht in den Wintermonaten auftreten, woraus verringerte Fitness, Niedergeschlagenheit oder eine saisonal abhängige Depression (SAD) entwickeln können (vgl. Licht.de 2010, S. 17ff). Auch künstliches Licht durch Außenlaternen oder elektronische Geräte in der Nacht können den Rhythmus und das hormonelle Gleichgewicht im Organismus negativ beeinflussen (vgl. Plischke 2015, S. 53f).

Mit den gewonnenen Erkenntnissen über das Zusammenspiel von Licht und der inneren Uhr des Menschen wird ersichtlich, dass nicht ergonomische Beleuchtung sich nicht nur auf die visuelle Leistungsfähigkeit, sondern auch auf die Destabilisierung des Tag-Nacht-Rhythmus auswirken kann, und somit maßgeblich zur Beeinträchtigung von Vitalität beiträgt. Somit rücken Tageslichtexposition und Lichtfarbe am Arbeitsplatz für das „richtige Licht zur richtigen Zeit“ (Plischke 2016, S. 202) in den Vordergrund und es entstehen erhöhte Anforderungen an die Definition von „gutem Licht“ (Plischke 2015, S. 53), um gesundheitsförderliche und präventive Beleuchtungsbedingungen zu schaffen (vgl. Plischke 2015, S. 53). Vielerlei Studien zeigen den Bedarf an solchen Beleuchtungskonzepten.

3.1.3. Wirkung von Beleuchtung auf Arbeitsleistung und -fehler

Die Wirkung der Beleuchtung auf Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden in verschiedenen Beleuchtungssituationen wurde in vielen englisch- und deutschsprachigen Studien untersucht (vgl. Van Bommel et al. 2004, S.10). An dieser Stelle sollen lediglich Beispiele genannt werden. Insbesondere im Bereich optimaler Lernsituationen an Schulen wurden Untersuchungen vorgenommen, um Aufmerksamkeit und kognitive Leistungsfähigkeit von Schülern zu erhöhen¹ (vgl. Helbig 2011).

¹ Laut den Ergebnissen einer vom Lichthersteller OSRAM getätigten Studie von November und Dezember 2011 an Schulen in Ulm über die biologischen Lichteffekte erzielte die Schüler-Versuchsgruppe, die einer dem Tageslicht nachempfundenen Beleuchtung mit blauer und kaltweißer Farbtemperatur ausgesetzt wurde, bessere Ergebnisse in standardisierten Tests zur Konzentrationsfähigkeit als die Kontrollgruppe. Aufmerksamkeits- und Merkfähigkeit sowie die allgemeine Leistungsfähigkeit nahmen zu, wohingegen die Fehlerhäufigkeit abnahm (vgl. Helbig 2011).

Andere Studien richteten ihren Fokus explizit auf Situationen in Büro- und Industrieberufen. Im Zuge eines Versuches in einem büroähnlichen Labor untersuchten Küller und Wetterberg die Gehirnaktivität von Probanden bei relativ hohen (1700 Lux) und relativ niedrigen (450 Lux) Beleuchtungsstärken. Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass höhere Beleuchtungsstärken die Aktivität von Delta-Wellen und somit die Ermüdung verringerten sowie eine verlängerte Aufmerksamkeit bewirkten (vgl. Van Bommel 2004, S. 10). Auch das Stressniveau im Vergleich zwischen Tageslicht- und Kunstlichtexposition wurde in Studien untersucht; Kerkhof verglich eine Gruppe von Beschäftigten, deren Arbeitsraum durch Kunstlicht beleuchtet wurde, mit einer Kontrollgruppe, deren Arbeitsraum in einer Kombination von Kunst- und Tageslicht beleuchtet wurde in den Monaten Januar und Mai. Während aufgrund der geringen Tageslichtexposition im Januar kaum Unterschiede zwischen den Gruppen erkannt werden konnten, wiesen die Ergebnisse im Mai auf erheblich weniger Stressempfinden der Kontrollgruppe hin (vgl. ebd., S. 11).

Es sollen auch die Untersuchungen der TU Ilmenau genannt werden, die sich mit den Unfall- und Gesundheitsgefahren durch mangelhafte Beleuchtung beschäftigten und an 350 Arbeitsplätzen in der industriellen Fertigung mit je neun bis zwölf Versuchspersonen durchgeführt wurden: Den erzielten Ergebnissen zufolge ergaben sich zwei Drittel aller gemeldeten Arbeitsunfälle an Arbeitsplätzen, bei denen die Nennbeleuchtungsstärke unter 500 Lux lag. Beim Einsatz höherer Beleuchtungsstärken von 600 Lux gegenüber den vorausgesetzten 300 Lux bis 500 Lux konnten insbesondere bei schwierigen Sehaufgaben Leistungssteigerungen von bis zu 150% erreicht werden (vgl. FVLR 2004, S. 20f).

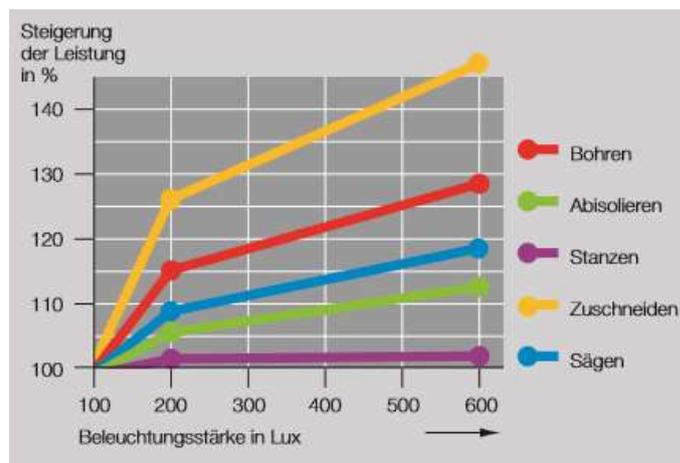


Abb. 4: Leistungssteigerung in % pro Tätigkeit in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke in Lux. Quelle Licht.de 2009, S. 7.

Zudem konnte die Ermüdung bei erhöhten Beleuchtungsstärken gesenkt und die Fehlerhäufigkeit bei einzelnen Tätigkeiten um bis zu 50% verringert werden (vgl. Licht.de 2009, S. 6):

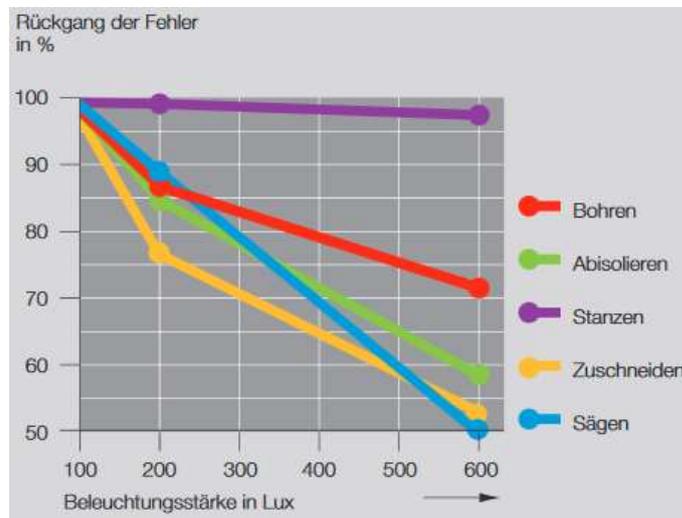


Abb. 5: Rückgang der Fehler in % pro Tätigkeit in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke in Lux. Quelle Licht.de 2009, S. 7.

In der Folge forderte die TU Ilmenau nicht nur den Einsatz höherer Beleuchtungsstärken, sondern ebenso die Berücksichtigung von Blendungsbegrenzung, angemessener Lichtfarben und Farbwiedergabeeigenschaften (vgl. FVLR 2004, S. 20f).

Obgleich nicht alle Untersuchungen auf Bildschirmarbeit ausgerichtet sind, können sie dennoch die Wichtigkeit der Beleuchtung im Hinblick auf Produktivität aufzeigen. Dabei sind sowohl die visuellen als auch die nicht-visuellen Wirkungen des Lichts auf den Menschen bei der Beleuchtungsausrichtung zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang wurden bisher lediglich die Auswirkungen bei optimaler Sehleistung dargestellt. Bezüglich des zunehmenden Anteils älterer Menschen in der Gesellschaft und der physiologischen Veränderungen im Prozess des Alterns, sollten die Lichtwirkungen gesondert betrachtet werden.

3.2. Der demographische Wandel im Kontext anzupassender Beleuchtungsbedingungen für ältere Beschäftigte

Die demographische Entwicklung Deutschlands zeichnet sich durch sinkende Geburtenraten und eine zunehmende Lebenserwartung der Bevölkerung aus (vgl. DGUV 2010). Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes waren am Jahresende 2013 34 Prozent der Gesamtbevölkerung Deutschlands 55 Jahre alt und älter. Rund 13 Prozent davon waren zwischen 55 und 65 Jahre alt und es ist zu erwarten, dass dieser Anteil in Abhängigkeit von

Geburtenrate, Lebenserwartung und Zuwanderung weiter steigen wird (vgl. Bundesagentur für Arbeit 2015, S. 5ff). Bezüglich der Arbeitsmarktentwicklung ist ebenfalls davon auszugehen, dass in Zukunft immer mehr „ältere Beschäftigte“ zur arbeitenden Bevölkerung zählen werden (vgl. Schierz 2008, S. 1). Prognosen zufolge werden die 50- bis 64-jährigen im Jahr 2020 mit 39 Prozent die am häufigsten vertretende Altersgruppe unter den Erwerbstätigen sein und damit die 35- bis 49-jährigen (2020: 31 Prozent) ablösen (vgl. Badura et al. 2010, S. 21), wie der folgenden Tabelle zu entnehmen ist:

Tab. 1: Prognose zum Anteil der jeweiligen Altersgruppe an der Erwerbsbevölkerung in % pro Jahrzehnt.
Quelle: Badura et al. 2010, S. 21.

Altersgruppe / Jahr	2000	2010	2020
20 bis 34	32	30	30
35 bis 49	38	37	31
50 bis 64	30	32	39

Angesichts dieser Zahlen sind die physiologischen Veränderungen im Alter und die entsprechenden Anpassungen von Arbeitsbedingungen an die Bedürfnisse alternder Belegschaft zu berücksichtigen (vgl. DGUV 2010). Im Folgenden sollen die Einschränkungen beeinträchtigter Sinneswahrnehmung im Kontext von Beleuchtung aufgezeigt werden:

Ab dem 40. Lebensjahr stellen sich langsam (vgl. Martin 2007, S. 27), ab dem 45. Lebensjahr bereits verstärkt Einbußen der Funktionsfähigkeit des Sehapparates ein (vgl. Bögel et al. 2011, S. 32f). Zunächst sind Beeinträchtigungen der visuellen Lichtwirkungen zu nennen: Infolge nachlassender Akkommodationsfähigkeit der Augenlinse durch Elastizitätsverlust verringert sich der Distanzbereich, innerhalb dessen Objekte scharf auf der Netzhaut abgebildet werden können. Dies wird als Alters(weit)sichtigkeit (Presbyopie) bezeichnet (vgl. RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 15). Die Verringerung der Sehschärfe und die Verlangsamung der Scharfstellung können gegebenenfalls durch eine Brille ausgeglichen werden. Aufgrund einer vermehrten Abnahme der Fotorezeptordichte auf der Netzhaut und einer zunehmenden Trübung der Augenlinse kann eine Brille jedoch nicht mehr allein kompensierend wirken (vgl. Schierz 2008, S. 4ff; RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 13ff). Hier ist ein erhöhter Lichtbedarf angezeigt: Da weniger Licht auf die Netzhaut gelangt und sich die Adaptationsfähigkeit beim Helligkeitswechsel verzögert, wird die Erkennung selbst geringerer Kontraste zwischen hellen und dunklen Bereichen bei niedrigen Helligkeiten beeinträchtigt (vgl. RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 13ff).

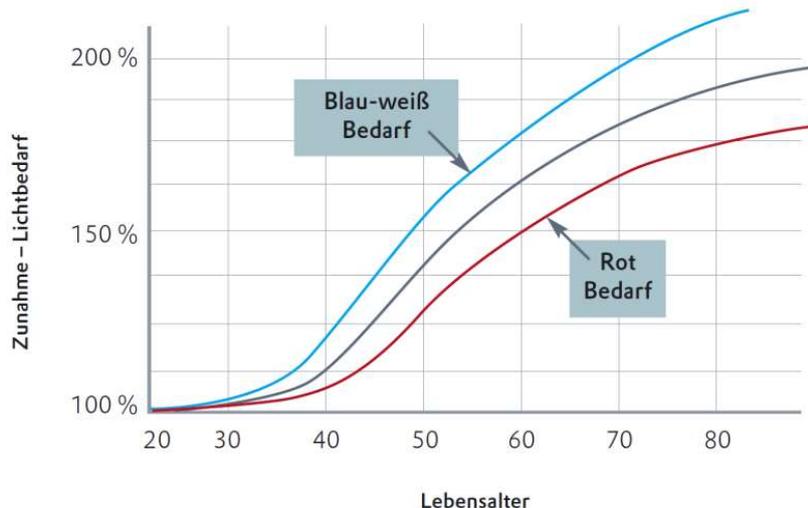


Abb. 6: Zunahme des Lichtbedarfs im blau-weißen und roten Spektrum in % bei zunehmendem Alter. Quelle: Bartenbach 2010, S. 28.

Neben der Trübung der Augenlinse können gelbliche bis dunkelbraune Färbungen eintreten, sodass mehr Licht absorbiert und die Differenzierung von Farben im Bereich Grün-Blau-Violett und Gelb erschwert wird: Gelbtöne werden heller, Blautöne dunkler empfunden. Überdies wird die Tiefenwahrnehmung beeinträchtigt und das Gesichtsfeld eingeeengt (vgl. RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 13ff; Bartenbach 2010, S. 28). Unregelmäßigkeiten in den Proteinlamellen der Augenlinse durch Partikelablagerungen können zudem eine Streuung von eintretendem Licht ins Auge verursachen, wodurch eine erhöhte Blendungsempfindlichkeit entsteht (vgl. Schierz 2008, S. 4; RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 15).

Ergänzend zu den visuellen Wirkungen sind auch die nicht-visuellen Lichtwirkungen zu nennen: Mit zunehmendem Alter vermindert sich die nächtliche Melatonin-Konzentration im Blut (vgl. Plischke 2016, S. 208) und der Körper unterscheidet trotz konstant bleibendem Schlafbedürfnis immer weniger zwischen Tag und Nacht. Der Schlaf-Wach-Rhythmus koppelt sich vom äußeren Tag-Nacht-Rhythmus ab, sodass der circadiane Rhythmus unregelmäßiger wird, die Schlafqualität abnimmt und Phasen der Müdigkeit am Tag vermehrt einsetzen (vgl. Licht.de 2010, S. 12). Da für die Beeinflussung nicht-visueller Wirkungen zudem der kurzwellige, blaue Bereich des Lichtspektrums verantwortlich ist, der im Zuge der Gelbfärbung und Trübung der Augenlinse im Alter vermehrt absorbiert wird, müssen Beleuchtung und Farbgestaltung an dieser Stelle ansetzen (vgl. Schierz 2008, S. 2ff).

Als Handlungsmaßnahme wird zumeist der Einsatz höherer Beleuchtungsstärken (vgl. Geißler-Gruber et al. 2004, S. 126) bei gleichzeitiger Installation von Blendschutzes genannt (vgl. Schierz 2008, S. 9). Weiterhin fordert die Norm EN 12464-1, den Wartungswert

von Beleuchtungsanlagen zu erhöhen, wenn das Sehvermögen der Arbeitnehmer unter dem Durchschnitt liegt. In der Praxis finden sich jedoch aufgrund von Licht- und Energiesparmaßnahmen häufig Beleuchtungsstärken, die an die unterste erlaubte Grenze gedrückt werden (vgl. Schierz 2008, S. 1ff), obgleich eine helle Arbeitsumgebung nicht nur die Leistungseinschränkungen älterer Beschäftigter ausgleichen, sondern des Unfallrisiko aller Beschäftigter verringern kann (vgl. DGUV 2010, S. 2).

Insgesamt muss die Beleuchtung am Arbeitsplatz aufgrund der Einschränkungen von Sehschärfe, Farb- und Helligkeitswahrnehmung, Blendungsempfindlichkeit und biologischen Effekten den altersgerechten Anforderungen der Beschäftigten entlang gesetzlicher Kriterien angepasst werden (vgl. Bögel et al. 2011, S. 32f; DGUV 2010, S. 2). Ungeachtet aller Normen und Empfehlungen ist das individuelle Befinden der Beschäftigten jeden Alters stets zu berücksichtigen und bei der Raum-, Beleuchtungs- und Farbplanung miteinzubeziehen (vgl. BAuA 2008, S. 30ff). Individuelle Bedürfnisse wurden jedoch nicht immer in die Planung von Beleuchtungskonzepten einbezogen. Nachfolgend soll daher die historische Entwicklung der Beleuchtungsformen in Büroarbeitsräumen näher betrachtet werden.

3.3. Veränderung der Arbeitsplatzbeleuchtung im historischen Rückblick

Bereits von 1924 bis 1933 wurde der Einfluss von Beleuchtung auf die Arbeitsleistung in den USA im Zuge verschiedenster Forschungsmethoden mit unterschiedlichen Fragestellungen zu ermitteln versucht. Die so genannten Hawthorne-Studien erfassten die Produktivität der Beschäftigten in den Räumen der Hawthorne-Werke bei der Exposition unterschiedlicher Helligkeiten. Entgegen der Erwartungen verbesserte sich die Leistung nicht nur bei hohen, sondern auch bei sehr niedrigen Beleuchtungsstärken erheblich; daher gelten die Hawthorne-Studien heute als Wegweiser der Sozialwissenschaften und Unternehmensführung, da sie einen Zusammenhang zwischen der den Beschäftigten entgegen gebrachten Aufmerksamkeit und deren erbrachter Leistung erkannten. Obgleich anhand der Hawthorne-Studien kein Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Produktivität aufgezeigt werden konnte, waren sie der Beginn von Bestrebungen, Beleuchtung leistungsförderlich zu gestalten (vgl. Luck 2009, S. 103).

Seit der Gründung der Bundesrepublik Deutschland durchliefen Richtlinien, Technik und Umsetzung der Arbeitsplatzbeleuchtung zahlreiche Veränderungen (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-16f). In der Fassung der DIN 5035 Norm von 1953 für die Ausstattung von Innenbe-

leuchtung wurden Hygiene, Wirtschaftlichkeit und Raumwirkung der künstlichen Bürobeleuchtung hervorgehoben. Diese Forderungen wurden in Form zweier Konzepte umgesetzt: Zum einen wurde eine alleinige Allgemeinbeleuchtung verwendet, bei der das Arbeitsfeld heller sein sollte als das Umfeld, um Blendung zu vermeiden (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-17f). Diese Form der quantitativ orientierten Rasterbeleuchtung fand bereits seit der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg Verwendung (vgl. Ganslandt et al. 1992, S. 23). Zum anderen bestand die Möglichkeit einer spezifischen Platzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung, um höhere Beleuchtungsstärken in Ermangelung geeigneter Beleuchtungstechnik zu erzielen und das fehlerfreie Sehen der Beschäftigten zu gewährleisten. Dabei war ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Lichteinfallrichtung der künstlichen sowie der natürlichen Tageslichtbeleuchtung anzustreben. Mitte der Fünfziger Jahre begann mit dem Neubeginn industrieller Produktion und dem zunehmenden Wohlstand die Verbesserung der Lampen- und Leuchtentechnologie; hiermit ging die Ablösung der Glühlampe durch die Anwendung der Leuchtstofflampe einher, die seitens der Beleuchtungsindustrie mit den Attributen der massigen Helligkeit, Blendfreiheit und zeitgemäßer Raumstimmung beworben wurde. Allerdings zeichnete sich die damalige Allgemeinbeleuchtung noch durch geringe Beleuchtungsstärken von 200 bis 400 Lux, niedrige Helligkeiten sowie diffus strahlende Leuchten mit Trübglassabdeckung aus (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-17ff).

Die technische Entwicklung führte im Jahr 1961 zu der vom Deutschen Lichtinstitut e.V. initiierten 1000-Lux-Bewegung auf der Grundlage von Studien über subjektiv bewertete Beleuchtungsstärken. Diese Erkenntnisse wurden unkritisch in die DIN 5035 von 1963 aufgenommen. Die Laboruntersuchungen wurden unter Verwendung von Glühlampen mit hoher Wärmewirkung durchgeführt und eine gemessene Ermüdung bei sehr hohen Beleuchtungsstärken über 1000 Lux konstatiert. Zudem wurde die geforderte Beleuchtungsstärke von 1000 Lux an einzelnen Sehaufgaben festgemacht und im Folgenden verallgemeinernd für alle Arbeitsplätze und Arbeitsstellen als quantitative, gleichmäßige Allgemeinbeleuchtung im Raum festgesetzt, ohne wissenschaftliche Begründungen heranzuziehen oder individuelle Prüfungen vorzunehmen. Hierbei musste die erhöhte Blendungsgefahr berücksichtigt werden. Daher wurden einheitliche Blendungsbegrenzungskurven nach Sollner eingeführt, die auch heute noch zur Blendungsbegrenzung eingesetzt werden (vgl. ebd., S. 9-22ff). Ästhetische Wirkungen des Lichts, die individuelle Wahrnehmung der Umgebung und Bedürfnisse der Beschäftigten wurden nicht berücksichtigt (vgl. Ganslandt et al. 1992, S. 22). Allerdings wurde die Nutzung von Tageslicht bei der Arbeitsplatzgestaltung gefordert, wobei laut DIN 5035 die Allgemeinbeleuchtung mindestens 20% der Beleuchtungsstärke ausmachen und dem Charakter des Tageslichts angepasst sein sollte. Die Arbeitsplätze

sollten demnach dem Tageslichteinfall entsprechend ausgerichtet werden (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-16ff).

In den 1970ern hatte sich die Norm der Tageslichtnutzung etabliert. In späteren Fassungen der DIN 5035 wurde allerdings darauf verwiesen, Arbeitsplätze nach Möglichkeit nicht in Fensternähe anzuordnen, um Blendwirkungen durch Sonneneinstrahlung zu vermeiden. In den Siebzigern, die das Jahrzehnt der Großraumbüros darstellten, wurde weiterhin die Idee der Allgemeinbeleuchtung im Sinne der 1000-Lux-Bewegung umgesetzt. Insbesondere in Räumen, die zugunsten flexibler Nutzungsmöglichkeiten keine festen Arbeitsplätze aufwiesen, wurde angestrebt, an allen Arbeitsstellen gleich gute Sehverhältnisse für möglichst viele Beschäftigte herzustellen, ohne die Beleuchtung bei Arbeitnehmerwechseln ändern zu müssen. Allerdings verursachte die gleichmäßige Beleuchtungsstärke eine Kontrastverarmung, die, trotz Einhaltung von Normen für Beleuchtungsniveau, Blendarmut oder Lichtfarbe, Beeinträchtigungen des Sehens verursachen konnte. Dies resultierte aus der Fehleinschätzung, dass alle Beschäftigten hinsichtlich Befinden und Sehfähigkeit dieselben Voraussetzungen und folglich denselben Lichtbedarf bei gleicher Sehaufgabe besitzen müssten (vgl. ebd., S. 9-17ff).

Die Bevorzugung der Allgemeinbeleuchtung ergab sich nicht nur aus dem mangelnden Willen der ständigen Anpassung an individuelle Bedürfnisse, sondern auch aus dem wirtschaftlich lukrativen Siegeszug der Leuchtstofflampen gegenüber flimmernden, unhandlichen und unharmonischen Glühlampen der Einzelplatzbeleuchtung (vgl. ebd., S. 9-19). Im Verlauf der technischen Entwicklung wurden neben der quantitativen schließlich auch qualitative Innovationen der Lichtplanung angestrebt. Klimaleuchten wurden in die Luftführung von Klimaanlageanlagen integriert, Trübglassabdeckungen, die der Verringerung der thermischen Belastung dienten, durch Prisenabdeckung sowie später durch offene, weiß und diffus strahlende Raster ersetzt. Diese wurden durch stark gerichtet strahlende Metallraster und schließlich durch hochglanzverspiegelte Rasterleuchten abgelöst. Die Leuchtstofflampen wurden nach und nach durch dünnere Kompaktleuchtstofflampen mit doppelt so hoher Leuchtdichte sowie erhöhter Blendwirkung ersetzt, sodass neue Leuchten mit Blendungsbegrenzung notwendig wurden. So wurden Schritt für Schritt die Gütekriterien der Beleuchtung verändert, von der Erhöhung der Leuchtdichte bis hin zur Absenkung des Faktors für die Schattigkeit. Schließlich wurden tiefstrahlende Leuchten eingebaut, um den diffusen Beleuchtungsanteil zu verringern. Aus dem auf die Nutzfläche des Arbeitsplatzes gerichteten Licht ergaben sich jedoch niedrige Leuchtdichten an Decken und Wänden. Obwohl diese Beleuchtungsform nur in Ausnahmefällen herangezogen werden sollte, erhob DIN 5035 Teil 7 sie zum Standard (vgl. ebd., S. 9-25ff).

Dieses Konzept konnte sich aufgrund des auf Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beruhenden Fokus auf angemessene Beleuchtungsstärken etablieren. Da seitens der deutschen Beleuchtungsindustrie noch immer vorrangig die Beleuchtungsstärke herangezogen wurde, um Kundenentscheidungen zu beeinflussen, sind negative Entwicklungen der Beleuchtungstechnik in diesen Jahren auf den Mangel der Berücksichtigung anderer lichttechnischer Gütekriterien zurückzuführen. Auch Beurteilungen der Beleuchtungssituationen wurden aufgrund dieser Vernachlässigung unzureichend durchgeführt. Hier können Beschwerden der Beschäftigten über das kalte Licht der Leuchtstofflampen genannt werden, da aufgrund der hohen Lichtausbeute weißer Lichtfarben individuelle Befindlichkeiten übergangen wurden (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-26ff). Während in Deutschland in den 70ern Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen dominierten, gab es in den USA bereits nach dem Zweiten Weltkrieg Überlegungen über qualitative Beleuchtungskonzepte. Anregungen aus der Wahrnehmungspsychologie und der Bühnenbeleuchtung führten zu Konzepten, die die Beleuchtungsstärke als zentrales Kriterium in den Hintergrund drängten. Stattdessen sollten die drei grundlegenden Funktionen der Beleuchtung auf die Bedürfnisse des wahrnehmenden Menschen ausgerichtet werden: Licht zum Sehen (Ambient Light), Licht zum Hinsehen (Focal Glow) und Licht zum Ansehen (Play of Brilliance). Hierbei sollte die Idee einer quantitativen Grundbeleuchtung zugunsten fehlerfreier Sehfähigkeit (Ambient Light) verbunden werden mit einer fokussierenden Lichtrichtung auf die zentralen Punkte der Arbeitsumgebung zugunsten einer strukturierten Wahrnehmung der visuellen Umgebung einerseits (Focal Glow). Andererseits sollte sich durch das Licht selbst eine ästhetische Wirkung für die Arbeitsumgebung ergeben, sodass die Stimmung positiv beeinflusst werden konnte (Play Of Brilliance) (vgl. Ganslandt et al. 1992, S. 24).

1979 erfolgte mit der Erneuerung von DIN 5035 das Ende der 1000-Lux-Bewegung in Deutschland, welche nur noch in selten konzipierten Großraumbüros Anwendung fand. Mit Beginn der 80er Jahre veränderten sich die Grundvoraussetzungen von Möglichkeiten der Beleuchtung, welche zuvor aus Gründen der Technik und Finanzierbarkeit nicht umsetzbar waren. Durch die Weiterentwicklung der Leuchten sollte die Direktblendung dank Indirektbeleuchtung unterbunden und gleichzeitig eine günstigere Helligkeitsverteilung im Raum geschaffen werden. Prinzipiell konnten die Leuchten durch die neu entwickelte Technik jede sowohl direkte als auch indirekte sowie tiefstrahlende Lichtverteilung umsetzen. So genannte Sekundär-Leuchten sorgten beispielsweise dafür, dass die Lampen vom Arbeitsraum aus praktisch nicht sichtbar waren, indem das Licht über einen großflächigen Reflektor auf die Arbeitsfläche gerichtet wurde (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-27ff).

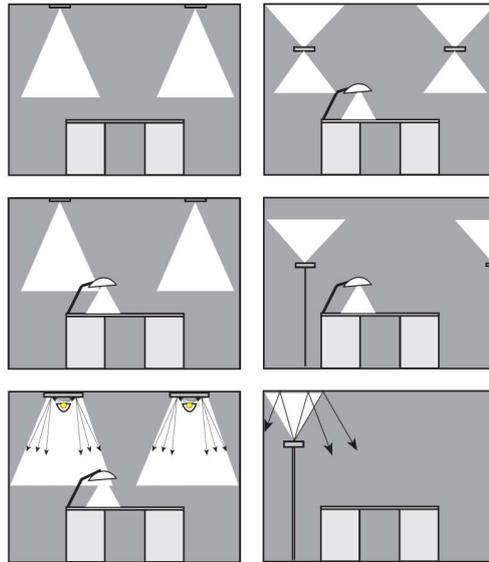


Abb. 7: Verschiedene Formen der Direkt-, Indirekt- und Direkt-/Indirektbeleuchtung mit und ohne Arbeitsplatzleuchten und Sekundärleuchten. Quelle: Cakir 1998, S. 9-30.

Auch die individuelle Ausrichtung der Beleuchtung zugunsten der individuellen Bedürfnisse der Beschäftigten rückte erneut in den Fokus. Mit der Anwendung bezahlbarer, elektronischer Vorschaltgeräte und der weitläufigen Anwendung der Leuchtstofflampen wurden Arbeitsplatzleuchten erneut relevant. Die Einzelplatzleuchte galt als neue, individualisierte Leuchtengattung; sie sollte den Bedürfnissen der Benutzer angepasst und verstellbar sein und durfte keine Nachteile für andere Beschäftigte durch Blendung oder Reflexblendung auf dem Bildschirm und waagerechten Flächen verursachen. Eine hinreichende Gleichmäßigkeit des Lichtkegels ohne ständiges Verstellen musste gewährleistet und Flimmern durch Vorschaltgeräte verhindert werden. Die Temperatur des Leuchtenkopfes durfte 40°C nicht weit überschreiten, um die thermische Behaglichkeit zu sichern und Schreckeffekte und Verbrennungsgefahr auszuschließen (vgl. Cakir et al. 1998, S. 9-31f).

Schlussendlich wurde die Idee verinnerlicht, mittels Allgemein- und Arbeitsplatzbeleuchtung ein Leuchtdichtegleichgewicht zwischen Innenraum und Außenwelt herzustellen und die Raumflächen aufzuhellen. Fernab der 1000-Lux-Bewegung und der Idee, gleiches Licht für alle Beschäftigten zu schaffen, sollten auf diese Weise mittlere Beleuchtungsstärken von 200-300 Lux in der Umgebung und 500-750 Lux an Hauptarbeitsflächen mit geringem Energieaufwand gewährleistet werden. Durch diesen Gesamteffekt wurden Gerichtetheit der Beleuchtung und individueller Sehkomfort miteinbezogen und gleichzeitig die Kontrastverarmung vermieden (vgl. ebd., S. 9-33). Durch die wachsenden Ansprüche an die Beleuchtung und die fortwährende Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten ergaben sich seit den 1990er Jahren Fortschritte im Hinblick auf Lichtplanungskonzepte, die sich an

die jeweilig erforderliche Arbeitssituation und die individuellen Lichtbedürfnisse der wahrnehmenden Menschen anpassten (vgl. Ganslandt et al. 1992, S. 25). Elemente dieser Einflüsse finden sich auch in modernen Beleuchtungskonzepten, wie im Folgenden ergründet werden soll.

4. Moderne Beleuchtungskonzepte

Moderne Beleuchtungskonzepte, wie sie unter anderem in den Berufsgenossenschaftlichen Informationen dargestellt werden, konkretisieren die in den Gesetzen und Arbeitsstättenregeln geforderten Vorgaben entlang lichttechnischer und ergonomischer Gütekriterien und deren Wechselwirkungen (vgl. DGUV 2013, S. 28). Nachfolgend sollen die allgemein verpflichtenden Gütekriterien als Mindestvorschriften dargestellt werden, die laut aktuellem Stand der Technik bei der Wahl der Beleuchtungssituation für Büros mit Bildschirmarbeitsplätzen zu berücksichtigen sind. Ergänzend sollen Beleuchtungskonzepte und Beleuchtungsarten sowie Anordnungsmöglichkeiten im Kontext altersgerechter Gestaltung erläutert werden. Angaben zur Lichttechnik sollen aufgrund des fehlenden technischen Bezugs dieser Arbeit größtenteils unberücksichtigt bleiben. Abschließend sollen aktuelle Kenntnisse über das individualisierbare Konzept des „Human Centric Lighting“ behandelt werden.

4.1. Konkretisierungsvorschläge der Berufsgenossenschaftlichen Informationen

Bei der Planung von sicherheits- und gesundheitsgerechten Beleuchtungsanlagen in Büroräumen mit Bildschirmarbeitsplätzen ist eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Faktoren zu beachten. Gemäß den Berufsgenossenschaftlichen DGUV-Informationen 215-410 und 215-442, die die Anforderungen an die Beleuchtung anhand des aktuellen Technikstandes der Arbeitsstättenregel ASR A3.4 als Leitfäden konkretisiert haben, ist eine als ergonomisch zu bezeichnende Beleuchtung nur unter Einhaltung aller Gütekriterien zu erreichen: Maßgeblich sind ein angemessenes Beleuchtungsniveau, ausgewogene Leuchtdichteverhältnisse, eine Begrenzung der Direkt- und Reflexblendung auf dem Bildschirm und anderen Arbeitsmitteln, ein gleichmäßiges Maß an Schattigkeit, angemessene Lichtfarben und Farbwiedergaben sowie eine Flimmerfreiheit der Leuchten (vgl. DGUV 2013, S. 9ff; DGUV 2015a, S. 65ff). Ergänzt werden diese Gütekriterien durch die laut BildscharbV verpflichtende Tageslichtnutzung mit Sichtverbindung nach außen und entsprechenden Blendungsbegrenzungsmaßnahmen (vgl. BAuA 2011, S 4). Die Beleuchtung sollte zudem den

spezifischen Arbeitsabläufen und jeweiligen Sehaufgaben am Bildschirmarbeitsplatz sowie dem individuellen Sehvermögen der Beschäftigten angepasst sein (vgl. DGUV 2015a, S. 66). *Tabelle 2* soll die einzelnen Anforderungen detailliert darstellen:

Tab. 2: Anforderungen an die Beleuchtung am Büro- und Bildschirmarbeitsplatz nach DGUV-Informationen 215-410 und 215-442. Quelle: Eigene Darstellung nach BAuA 2011; Bögel et al. 2011; DGUV 2013; DGUV 2015a; Geißler-Gruber et al. 2004; Martin 2007; Schierz 2008.

Kriterium	Tageslichtnutzung
Beschreibung	Die Arbeitsstätten müssen ausreichend Tageslicht erhalten.
Ausprägung / Mindestwerte	- Tageslichtquotient: >2%.
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	-
Quellen	BAuA 2011, S. 4.

Kriterium	Beleuchtungsstärken
Beschreibung	Ein angemessenes Beleuchtungsniveau ermöglicht das Erkennen von Informationen und die visuelle Kommunikation, unterbindet Fehlbelastungen und -haltungen, aktiviert die Beschäftigten und unterstützt deren Wohlbefinden. Das Beleuchtungsniveau wird durch die Beleuchtungsstärke in Lux (lx), deren Gleichmäßigkeit und Verteilung auf den jeweiligen Arbeitsflächen definiert.
Ausprägung / Mindestwerte	<ul style="list-style-type: none"> - Raumbezogene Beleuchtung: 500 lx. - Arbeitsplatzbezogene Beleuchtung: 500 lx im Arbeitsbereich, 300 lx im Umgebungsbereich. - Teilflächenbezogene Beleuchtung: 750 lx an relevanten Teilflächen.
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	<ul style="list-style-type: none"> - 50 % Erhöhung Beleuchtungsstärke für Beschäftigte zwischen 40 und 55 Jahren. - 100 % Erhöhung Beleuchtungsstärke für Beschäftigte ab 55 Jahren.
Quellen	DGUV 2013, S. 9ff. DGUV 2015a, S. 66f. Geißler-Gruber et al. 2004, S. 126.

Kriterium	Leuchtdichte Verteilung
Beschreibung	Die Leuchtdichte stellt die lichttechnische Größe für die Helligkeit dar und wird durch die Beleuchtungsstärke, Farb- und Glanzeigenschaften der Raumbegrenzungsflächen und Arbeitsmittel bestimmt. Sie bestimmt den Helligkeitseindruck von Raum und Arbeitsmitteln.
Ausprägung / Mindestwerte	<p>Leuchtdichten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zwischen Arbeitsfeld und Arbeitstisch: 3:1. - Zwischen Raumbegrenzungsflächen und Arbeitsfeld: 10:1. <p>Reflexionsgrade:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Decke: 0,7 bis 0,9. - Wände: 0,5 bis 0,8. - Boden: 0,2 bis 0,4. - Arbeitsflächen, Möbel und Geräte: 0,2 bis 0,7. <p>Glanzgrade:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Für Arbeitsflächen: matt bis seidenmatt.

Kriterium	Leuchtdichte Verteilung
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	<ul style="list-style-type: none"> - Angemessene Leuchtdichte Verteilung durch entsprechend hohe Beleuchtungsstärken. - Starke Farbkontraste und Blau-Grün-Violett-Unterscheidungen bei der Farbgestaltung nach Möglichkeit vermeiden.
Quellen	DGUV 2015a, S. 68. DGUV 2013, S. 12ff. Martin 2007, S. 26f. Geißler-Gruber et al. 2004, S. 126. Bögel et al. 2011, S. 32f.

Kriterium	Begrenzung Direkt- und Reflexblendungen durch künstliches und Tageslicht
Beschreibung	Direktblendung durch große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld kann durch Leuchten und einfallendes Tageslicht der Fenster verursacht werden. Reflexionen und Spiegelungen heller Leuchten auf dem Bildschirm und anderen Arbeitsmitteln können ebenfalls zu störender Blendung und Kontrastverminderung führen.
Ausprägung / Mindestwerte	<ul style="list-style-type: none"> - Einhaltung der Glanzgrade: Matte Oberflächengestaltung. - Parallele Anordnung der Leuchten zu Fenstern, seitlich über dem Arbeitstisch. - Günstige Anordnung der Arbeitsplätze mit paralleler Blickrichtung zu Fenstern. - Geeignete Sonnenschutzvorrichtungen an Fenstern: Jalousien, Rollos und Lamellenstores.
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	<ul style="list-style-type: none"> - Angesichts der erhöhten Blendungsempfindlichkeit älterer Beschäftigter ist der obligatorische Schutz vor (physiologischer und psychologischer) Blendung zwingend umzusetzen.
Quellen	DGUV 2015a, S. 68. DGUV 2013, S. 9ff. Bögel et al. 2011, S. 32f.

Kriterium	Farbwiedergabe
Beschreibung	Je nach gewünschter Wirkung und Atmosphäre sind angemessene Lichtfarben und Farbwiedergabeeigenschaften der Leuchten auszuwählen. Je niedriger der Farbwiedergabeindex vom optimalen Wiedergabewert $R_a=100$ abweicht, desto unnatürlicher fällt der Farbeindruck aus.
Ausprägung / Mindestwerte	<ul style="list-style-type: none"> - Warmweiße Lichtfarben mit hohen Rotanteilen: ähneln dem Licht von Kerzen und Glühlampen und erzeugen eine wohnliche, beruhigende Stimmung. - Tageslichtweißes Licht mit hohen Blauanteilen: besitzen ab Beleuchtungsstärken von 500 lx eine kühle sowie aktivierende Wirkung. - Neutralweißes Licht: erzielt eine neutrale Wirkung. - Farbwiedergabeindex: $R_a=80$.
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Blauanteile im Licht.
Quellen	DGUV 2015a, S. 69. DGUV 2013, S. 21ff. Licht.de 2011, S. 14f. Schierz 2008, S. 2ff.

Kriterium	Flimmern und Pulsation
Beschreibung	Flimmern und Pulsation zu Lasten von Sehaufgabe und Wohlbefinden sind zu verhindern.
Ausprägung / Mindestwerte	- Durch elektronische Vorschaltgeräte können Flimmern und Pulsation vermieden werden.
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	-
Quellen	DGUV 2015a, S. 69. DGUV 2013, S. 21ff.

Kriterium	Schatten
Beschreibung	Ein ausgewogenes Maß an Schattigkeit bei gleichzeitiger Vermeidung störender Schatten im Arbeitsraum ist zu schaffen, sodass Objekte in ihrer Form und Oberflächenstruktur leichter erkannt werden.
Ausprägung / Mindestwerte	- Ausgewogene Leuchtdichteverteilung schaffen.
Besondere Empfehlungen für ältere Beschäftigte	-
Quellen	DGUV 2015a, S. 69. DGUV 2013, S. 21.

Entlang dieser Gütekriterien als Mindestvorschriften sind verschiedene Beleuchtungskonzepte für Bildschirmarbeitsplätze möglich, bei denen die Beleuchtung entweder auf den Raum allgemein, auf den jeweiligen Arbeitsbereich oder individuelle Teilflächen bezogen sein kann (vgl. DGUV 2015a, S. 66).

Bei der auf den Raum bezogenen Beleuchtung wird der gesamte Raum als Arbeitsbereich verstanden, sodass eine flexible örtliche Anordnung der Arbeitsplätze möglich ist. Sollte die räumliche Anordnung der Arbeitsplätze im Zuge der Raumplanung nicht bekannt sein, ist eine gleichmäßige Ausleuchtung mit 500 Lux im gesamten Raum zu schaffen (vgl. DGUV 2013, S. 28; DGUV 2015a, S. 66f). Die auf den Arbeitsplatz bezogene Beleuchtung dagegen sieht eine explizite Beleuchtung bestimmter Arbeits- und Umgebungsbereiche vor. Ist die Anordnung der Arbeitsplätze während der Planungsphase bekannt, sind unterschiedliche Beleuchtungsbedingungen für verschiedene Bereiche einzuplanen: Für den Arbeitsbereich ist eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux erforderlich, wohingegen in der Arbeitsumgebung ein Wert von 300 Lux ausreichend ist. Bei Bildschirmarbeitsplätzen wird der Arbeitsbereich durch sämtliche Bereiche definiert, bei denen Sehaufgaben während der Bildschirmarbeit durchzuführen sind: Dies umfasst sowohl den Bildschirm als auch Tastatur, Papierablagen, Flächen für Schreib- und Leseaufgaben oder das Telefon (vgl. DGUV 2013, S. 29f; DGUV 2015a, S. 66f)

Eine auf Teilflächen bezogene Beleuchtung ist zu bevorzugen, wenn unterschiedliche Tätigkeiten und Sehaufgaben innerhalb des Arbeitsbereichs zu erledigen sind. Besonders im Hinblick auf Notwendigkeit der Anpassbarkeit der Beleuchtung an das Sehvermögen der Beschäftigten – insbesondere bei älteren Beschäftigten – können individuell beleuchtete Teilflächen den erhöhten Erfordernissen gerecht werden. Im Arbeitsbereich von Bildschirmarbeitsplätzen sind eine oder mehrere Teilflächen mit einer Größe von mindestens 600 mm x 600 mm und einer Mindestbeleuchtungsstärke von 750 Lux entsprechend der zu verrichtenden Sehaufgabe auszustatten; für die Planung der entsprechenden Beleuchtung ist die Lage dieser Teilflächen zu berücksichtigen (vgl. DGUV 2013, S. 32f; DGUV 2015a, S. 66f).

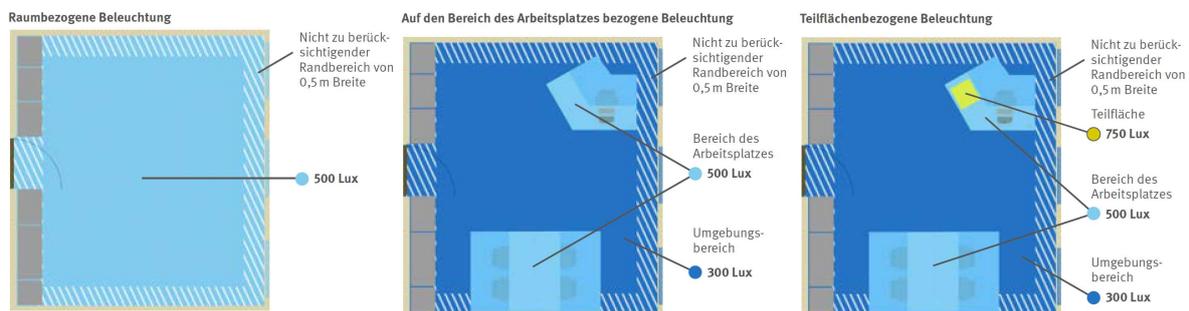


Abb. 8: Beleuchtungskonzepte und Beleuchtungsstärken. Quelle: DGUV 2015a, S. 66.

Nach der Wahl der Anordnung ist überdies die Beleuchtungsart und -richtung zu wählen; hiermit sind Formen der Direkt-, Indirekt- oder einer Direkt-/Indirektbeleuchtung gemeint (vgl. DGUV 2015a, S. 66). Bei der Direktbeleuchtung strahlt das Licht der Leuchte direkt in den Raum, wobei die Lampen der Leuchten von unten sichtbar sind. Hierbei fällt kein Licht direkt auf die Decke (vgl. DGUV 2013, S. 34f).

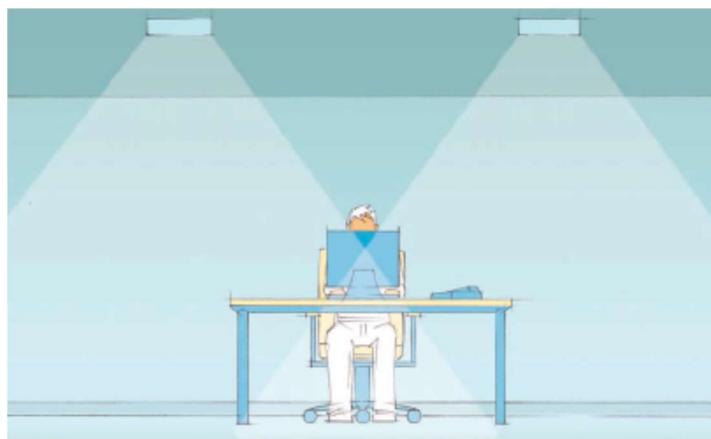


Abb. 9: Beispiel für Direktbeleuchtung. Quelle: DGUV 2013, S. 34.

Ab einer Beleuchtungsstärke von 500 Lux sind Direktblendungen durch große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld, aber auch Reflexblendungen auf den Arbeitsmitteln durch Direktbeleuchtung zu begrenzen (vgl. DGUV 2015a, S. 68; DGUV 2013, S. 9ff). Dies ist insbesondere hinsichtlich der Blendungsempfindlichkeit älterer Beschäftigter zu beachten (vgl. Schierz 2008, S. 4).

Die Indirektbeleuchtung zeichnet sich dadurch aus, dass der Lichtstrom der Leuchten an Decken, Wände sowie sonstige geeignete Flächen zur Reflektion gelenkt und somit in den Raum und auf die Arbeitsflächen reflektiert wird. Die Leuchten hier sind nicht von unten einsehbar, die Lichtaustrittsflächen sind nach oben geöffnet und sorgen für eine Ausleuchtung der Decke (vgl. DGUV 2013, S. 35f).

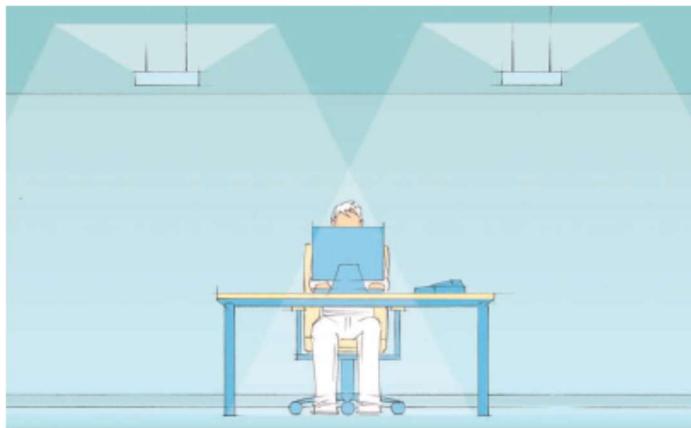


Abb. 10: Beispiel für Indirektbeleuchtung. Quelle: DGUV 2013, S. 35.

Konzepte mit Direkt-/Indirektbeleuchtung nutzen die Vorteile von direkter und indirekter Beleuchtung und verringern ihre jeweiligen Nachteile; hier wird der Lichtstrom sowohl direkt als auch indirekt in den Raum sowie auf Arbeitsflächen gelenkt. Schattenarmut, die einen monotonen Raumeindruck hervorruft, entsteht zumeist durch den ausschließlichen Einsatz von Indirektbeleuchtung, bei der die an Decke strahlenden Leuchten eine diffuse Beleuchtung verursachen. Dies ist ebenso zu vermeiden wie stark gerichtetes, scharfe Schatten von Objekten und Personen verursachendes Licht mit hohen Leuchtdichteunterschieden bei Direktbeleuchtung. Diesbezüglich wird der Einsatz von Direkt-/Indirektbeleuchtung empfohlen, da durch den Mix von gerichtetem und diffusem Licht eine ausgewogene Schattigkeit erreicht und das Licht großflächig verteilt werden kann (vgl. DGUV 2015a, S. 69; DGUV 2013, S. 21ff). So kann ein ausgewogen gestaltetes Helligkeitsniveau zwischen den einzelnen Arbeitsbereichen und der Umgebung geschaffen werden (vgl. DGUV 2013, S. 29; Martin 2007, S. 29).

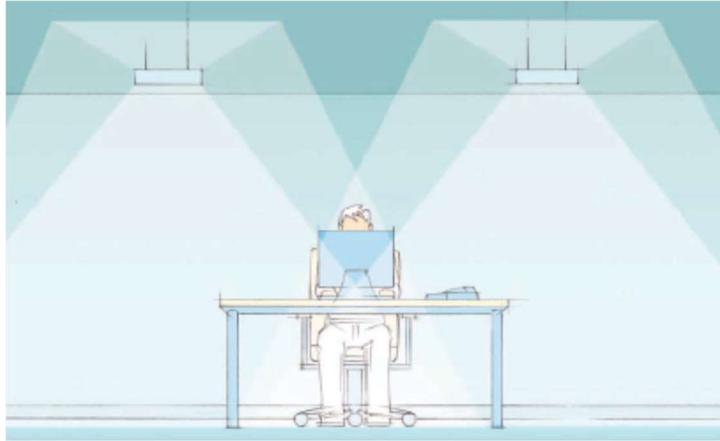


Abb. 11: Beispiel für Direkt-/Indirektbeleuchtung. Quelle: DGUV 2013, S. 36.

Direkt-/Indirektbeleuchtung kann durch die Verwendung indirekt strahlender Allgemein- und direkt strahlender Arbeitsplatzleuchten erreicht werden (vgl. DGUV 2013, S. 36f).

Neben den zu erfüllenden Gütekriterien existiert eine komplexe Vielzahl weiterer Faktoren, die im Planungsprozess von Akteuren der Licht-, Elektro- und Architekturplanung, Unternehmensbeauftragten und Fachkräften für Arbeitssicherheit interdisziplinär einbezogen werden sollten (vgl. ebd., S. 26ff): Raummaße, Energieeffizienz, Individualisierbarkeit und Steuerung der Beleuchtung spielen für die Beleuchtungsplanung eine wichtige Rolle (vgl. DGUV 2015a, S. 66), wie anhand von Konzepten mit Human Centric Lighting deutlich wird.

4.2. Human Centric Lighting

Bei Maßnahmen der Individualisierbarkeit sind insbesondere die Präferenzen der Beschäftigten zur Verbesserung des Wohlbefindens einzubeziehen. Eine seit Herbst 2013 vom Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) durchgeführte, globale Langzeit-Nutzerstudie zur wahrgenommenen Lichtqualität im Büro sollte zentrale Anhaltspunkte zu individuellen Bürobeleuchtungspräferenzen ermitteln. Rund 2700 Personen aus Europa, Asien, Australien und den USA haben seit Beginn an der Studie teilgenommen, davon 2148 aus Europa. Die ersten europäischen Ergebnisauswertungen wiesen unter anderem darauf hin, dass mehr als 60 Prozent der Befragten, insbesondere die bis 34-jährigen, Beleuchtungsstärken von 800 Lux bevorzugen, die damit deutlich über der Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux liegen. Zudem werden neutralere und wärmere Farbtemperaturen überwiegend als angenehmer empfunden, jedoch sind die Präferenzen im Hin-

blick auf Alter und Geschlecht sehr heterogen verteilt. Zudem wird Direkt-/Indirektbeleuchtung von 82 Prozent der Befragten favorisiert, obgleich die Büros bei 60 Prozent aller Befragten lediglich direkt oder indirekt beleuchtet werden. Schließlich gaben 81 Prozent an, keine oder nur eingeschränkte Möglichkeiten der Anpassung der Beleuchtungssituation zu haben; allerdings wurde das Wohlbefinden höher gewertet, je mehr Individualisierungsmöglichkeit bestand (vgl. Zumtobel 2014, S. 10f).

Zugunsten von Individualisierbarkeits- und Steuerungsmöglichkeiten beschäftigen sich moderne Beleuchtungskonzepte der Beleuchtungsindustrie mit dem Einsatz von auf den Menschen bezogene Beleuchtung. Dieses Konzept wurde in den vergangenen Jahren mit dem Begriff Human Centric Lighting (HCL) betitelt und befasst sich mit „dem richtigen Licht zur richtigen Zeit“ (vgl. Plischke 2015, S. 52). Konzepte mit HCL vereinen das für die Sehaufgabe notwendige mit dem die nicht-visuellen Lichtwirkungen aktivierenden Licht. Letzteres soll dazu beitragen, den circadianen Tag-Nacht-Rhythmus zu stabilisieren. Daher sind individuell einstellbare Beleuchtungsmaßnahmen zu bevorzugen, die sowohl den Arbeitsaufgaben als auch der entsprechenden Tageszeit angemessen sind (vgl. Schierz 2008, S. 9).

Hierbei ist zu beachten, biologisch wirksame, kühlweiße Lichtfarben nur tagsüber einzusetzen: Bei unzureichendem oder sogar abwesendem Tageslicht im Büro sollten hohe Blauanteile im Licht sowie die Beleuchtungsstärke ab 500 bis zu 1500 Lux bis zur Mittagszeit kontinuierlich gesteigert werden und großflächig in den Raum streuen. Somit sollen die Ganglienzellen auf der Netzhaut fachgerecht stimuliert und Aktivität sowie Konzentrationsfähigkeit erhöht werden (vgl. Licht.de 2010, S. 20ff). Angesichts der zunehmenden Trübung der Augenlinse im Prozess des Alterns müssen bei älteren Beschäftigten entsprechend höhere Beleuchtungsstärken mit hohem Blauanteil angewendet werden, um die Ganglienzellen zu stimulieren (vgl. Plischke 2016, S. 215). Bis zum Abend sollten die Blauanteile und Beleuchtungsstärken abnehmen, in warme, nicht-aktivierende Lichtfarben übergehen und gerichtet strahlen (vgl. Licht.de 2010, S. 20ff). Dank moderner Lichttechnik können entsprechende Leuchten und Lichtquellen eine dem Tageslicht ähnelnde Arbeitsplatzbeleuchtung schaffen. Flexible, Licht emittierende Dioden, kurz LEDs, sind beispielsweise in der Lage, unterschiedliche Weißtöne und Farbkombinationen zu erzeugen; sie können im Sinne farbdynamischer Steuerung je nach Tageszeit Farbtemperaturen und -richtung so lenken, dass der Tag-Nacht-Wechsel imitiert und dynamisch stabilisierend auf den circadianen Rhythmus eingewirkt wird (vgl. Licht.de 2010, S. 22f). Optimal und individuell aktivierte Wach- und Ruhephasen können so zu einer erhöhten Aktivität am Tag und einer verbesserten nächtlichen Schlafsituation beitragen und somit auch das allgemeine Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz positiv beeinflussen (vgl. ebd., S. 6ff).

HCL kann dank moderner Leuchtentechnologie in verschiedenen Formen angewendet werden, wie *Abbildung 12* zu entnehmen ist. Beispielsweise können morgens hohe und warmweiße Direktanteile den Sonnenaufgang und hohe und neutralweiße Indirektanteile mittags einen hohen Sonnenstand imitieren. Weiterhin können tagsüber direkt und indirekt kühlweiß streuende Lichtdecken und Wandbestrahlung aktivierend wirken. Abends können manuell verstellbare Arbeitsplatzleuchten oder Wandstrahler mit warmweißem Licht eingesetzt werden, die mit gerichtetem Licht strahlen (vgl. Schierz 2008, S. 9; Licht.de 2010, S. 22; Zumtobel 2006, S. 20f).

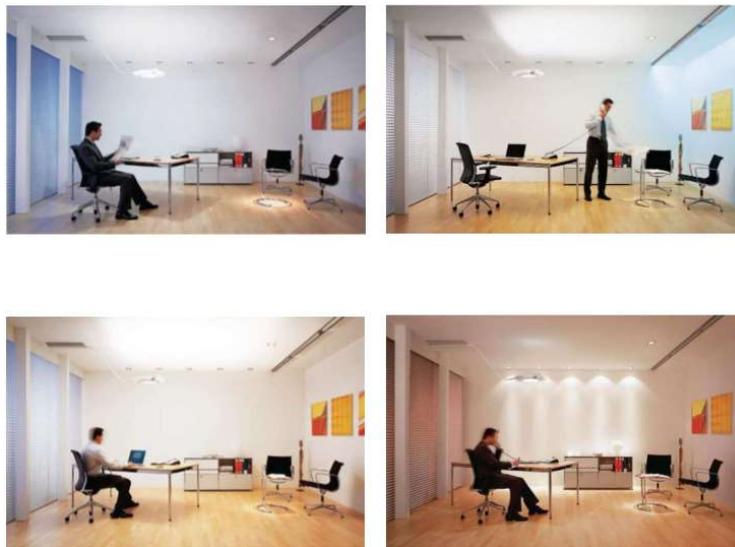


Abb. 12: Beispielhafte Umsetzung von HCL zu unterschiedlichen Tageszeiten. Quelle: Zumtobel 2006, S. 20f.

Dynamische, dimm- und steuerbare Lichtmanagementsysteme sollen im Idealfall in die übergeordnete Gebäudetechnik integriert werden können. Die Steuerung der einzelnen Leuchten kann stufenlos in Form eines vorprogrammierten Tagesablaufs manuell und individuell mithilfe von Bedienelementen erfolgen (vgl. Licht.de 2010, S. 22f).

Aktuell werden auf wissenschaftlicher Basis gegründete Dokumente erstellt, die die Umsetzung von HCL in Betrieben in die Praxis begründen sollen. Angesichts der relativen Neuheit der wissenschaftlichen Kenntnisse über HCL besteht bisher noch ein Mangel an Schulungsangeboten für Fachleute der Bau- und Ausführungsplanung zugunsten einer Etablierung in das Betriebliche Gesundheitsmanagement (vgl. Plischke 2015, S. 52). Diesbezüglich findet sich HCL noch nicht in gesetzlichen Vorgaben erwähnt (vgl. ebd. S. 63f). Ebenfalls gibt es vielerlei Einsatzbereiche, -möglichkeiten und allgemeine Aspekte des HCL, die noch nicht ausreichend erforscht sind. Im Kontext von Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung fehlen unter anderem Feldstudien zur Effektivität von HCL bei gleichzeitiger Tageslichtdurchflutung hinsichtlich gesundheitlicher Auswirkungen und optimaler Energieeffizienz. Auch zu den nicht-

visuellen Wirkungen von Arbeitsplatzbildschirmen, Tablets und Fernsehern im Zusammenhang mit HCL-Beleuchtung liegen nur wenige Informationen vor. Zu berücksichtigen sind außerdem der Mangel an epidemiologischen Studien zu chronischen negativen Effekte blauangereicherter künstlicher LED-Beleuchtung auf das menschliche Auge. Diesbezüglich besteht weiterer Forschungsbedarf, um die Anwendung von HCL im Zusammenspiel mit den bereits verpflichtenden Gütekriterien und sonstigen Konzepten flächendeckend umzusetzen (vgl. Plischke 2016, S. 217f).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei der Wahl des Beleuchtungskonzepts nicht nur Raummaße, Anordnung der Arbeitsplätze und Auswahl der Leuchten entlang der geforderten Gütekriterien, sondern auch Kriterien der Aktivierung, des Wohlbefindens und der individuellen Anpassbarkeit an die Bedürfnisse der Beschäftigten beachtet werden sollten. Bei der Einrichtung der Beleuchtung sind Büroräume individuell zu beurteilen. Dies soll im Rahmen dieser Arbeit beispielhaft anhand eines ausgewählten Büroraumes mit Bildschirmarbeitsplätzen demonstriert werden.

5. Beispielhafte Gefährdungsanalyse: Vorstellung von Betrieb und Ausgangssituation

Bei der zu beurteilenden Einrichtung im Rahmen dieser Arbeit handelt es sich um einen spezifischen Büroraum einer Unternehmensgruppe am Standort Hamburg Harburg. Die Kernaufgabe des Unternehmens, welches im Rahmen dieser Untersuchung anonym bleiben möchte, besteht aus der Herstellung und dem Vertrieb von Beleuchtungsmitteln. An dem zu untersuchenden Standort sind insgesamt sieben Mitarbeiter in mehreren Büroräumen beschäftigt; in dem zu untersuchenden Büro inklusive Eingangsbereich befinden sich drei Beschäftigte und somit drei Arbeitsplätze, bestehend aus zwei Arbeitstischen und einer zum Arbeitsplatz umfunktionierten Empfangstheke. Der Standort wurde erst Anfang Juli bezogen und befand sich demzufolge zum Zeitpunkt der Untersuchung erst seit wenigen Wochen im Betrieb.

An ihrem Bildschirmarbeitsplatz in einem der Büros des Unternehmens hatte eine 54-jährige Beschäftigte sowohl Probleme mit Blendungseffekten als auch mit einer als zu dunkel wahrgenommenen Beleuchtung festgestellt. Infolge dieser subjektiven Feststellung ist der Bedarf einer Gefährdungsanalyse angezeigt.

Zur Durchführung der Gefährdungsanalyse und -beurteilung sollen im Folgenden Frage- und Zielstellung, Messstrategie und Checkliste beschrieben werden.

6. Methodik

6.1. Frage- und Zielstellung

Laut § 5 des ArbSchG und § 3 der BildscharbV dient die verpflichtende Gefährdungsanalyse und -beurteilung der regelmäßigen Ermittlung und Beurteilung von Gefährdungen am Arbeitsplatz mit dem Ziel, entsprechende Maßnahmen zugunsten von Gesundheit und Sicherheit zu bestimmen, diese zu dokumentieren und in die Arbeitsabläufe des Betriebs einzugliedern. Weiterhin sind jegliche Schutzmaßnahmen regelmäßig auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen (vgl. BAuA 2016b). Da die Begriffe Gefährdungsanalyse und Gefährdungsbeurteilung in der Literatur oft synonym verwendet werden (vgl. Siegmann et al. 2009, S. 59), soll dies auch im Verlauf dieser Arbeit geschehen.

Dementsprechend soll die folgende Gefährdungsanalyse ermitteln, ob die Beleuchtungssituation in dem Büro den gesetzlichen und ergonomischen Vorgaben entspricht. Weiterhin ist zu beurteilen, ob die speziellen Bedürfnisse älterer Beschäftigter bei der Einrichtung des Büros im Hinblick auf die Beleuchtungssituation berücksichtigt wurden. Ziel der Beurteilung soll dann die Ableitung von entsprechenden Handlungsmaßnahmen in Form von Empfehlungen zugunsten einer ergonomischen, altersgerechten Beleuchtung entlang moderner Beleuchtungskonzepte sein.

6.2. Messstrategie und Ablauf der Gefährdungsanalyse

Obgleich kein gesetzlich vorgeschriebenes Verfahren zur Analyse und Beurteilung von Gefährdungen existiert (vgl. Rundnagel 2013), werden von Seiten der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin allgemein sieben Schritte der Durchführung vorgeschlagen (vgl. Schüle 2013, S. 7ff):

1. Aufgabenstellung und Betrachtungsbereich festlegen
2. Gefährdungen (Ist-Zustand) ermitteln
3. Risiko anhand von Beurteilungskriterien (Soll-Zustand) beurteilen
4. Schutzziele und Maßnahmen festlegen
5. Maßnahmen durchführen
6. Wirksamkeit der Maßnahmen überprüfen
7. Dokumentation der Ergebnisse

Das Verfahren und die zu wählenden Schutzmaßnahmen sind stets den jeweiligen Voraussetzungen im Betrieb anzupassen. Daher sind Arbeitsmittel und Arbeitsabläufe, vorhandene Vorinformationen und Erfahrungen zu berücksichtigen. Es können Betriebsbegehungen, Beurteilungen der Arbeitsmittel und -abläufe oder Mitarbeiterbefragungen durchgeführt werden (vgl. Schüle 2013, S. 7f). Beurteilungen von potentiellen Gefährdungen sollten nicht nur beim Auftreten von Beschwerden erfolgen, sondern ebenso bei der Einrichtung neuer Arbeitsplätze, infolge von Veränderungen der Arbeitsaufgaben oder eines Wechsels der Beschäftigten. Um dem Arbeitgeber Rechtssicherheit zu gewährleisten, empfehlen die Berufsgenossenschaften die Durchführung von Beurteilungen unter Berücksichtigung der gesetzlichen und arbeitswissenschaftlich gesicherten Vorgaben (vgl. Rundnagel 2013).

In dieser Arbeit sollen fünf der sieben Schritte der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des ArbSchG und § 3 der BildscharbV durchgeführt werden (vgl. Schüle 2011, S. 7f): Im ersten Schritt wird die Beleuchtung als Beurteilungskriterium und die Bildschirmarbeitsplätze sowie die Arbeitsumgebung im zu beurteilenden Büro als Betrachtungsbereich festgelegt. Im zweiten Schritt sollen der Ist-Zustand der Beleuchtung und damit mögliche Gefährdungen ermittelt werden. Im dritten Schritt ist das Risiko anhand der auf arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen beruhenden gesetzlichen Vorgaben zu beurteilen; hierzu wurde entlang der recherchierten ergonomischen und gesetzlichen Grundlagen eine Checkliste ausgesucht, die alle relevanten Aspekte eines Soll-Ist-Vergleichs zwischen der angestrebten und der vorliegenden Beleuchtungssituation beinhaltet². Im vierten Schritt sind Schutzziele und Handlungsmaßnahmen festzulegen. Eine praktische Durchsetzung im fünften sowie eine anschließende Wirksamkeitsüberprüfung der Maßnahmen im sechsten Schritt sind im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Die Ergebnisse der Beurteilung sind im siebten und letzten Schritt schließlich schriftlich zu dokumentieren.

² Die verwendete Checkliste befindet sich im Anhang dieser Arbeit; ihre Inhalte sollen in Kapitel 6.3. ausführlich erläutert werden.

Der Ablauf der Begehung lässt sich wie folgt beschreiben: Infolge eines mit dem Unternehmen vereinbarten Termins am 27.07.2016 von 12:00 bis 14:00 Uhr wurde eine orientierende Messung durchgeführt. Zur Beurteilung der Beleuchtungssituation wurden neben der recherchierten Checkliste weitere Messinstrumente verwendet: Zum einen wurde die Beleuchtungsstärke in Lux mithilfe des Luxmeters „testo 540“ gemessen, zum anderen die Maße des Raumes unter Verwendung eines handelsüblichen Maßbandes sowie eines Zollstocks ermittelt. Weiterhin wurde die Anordnung der Beleuchtungsmittel im Raum gesichtet. Schließlich wurde das Alter der Beschäftigten eingeholt.

Der Ist-Zustand der Beleuchtungsstärke wurde anhand der Hinweise der Arbeitsstättenregel ASR A3.4 und den Berufsgenossenschaftlichen DGUV-Informationen 215-410 und 215-442 gemessen. Die Messung wurde in horizontaler Position auf den für die Arbeitsaufgabe relevanten, gleichmäßig verteilten Bezugspunkten des Arbeitstisches, in vertikaler Position am Bildschirm auf Höhe der Sehaufgabe der Beschäftigten sowie in der Arbeitsumgebung durchgeführt. Hierbei wurde darauf geachtet, den Lichteinfall durch keinerlei störende Objekte, Schatten oder Reflexionen zu beeinflussen. Die gewählten Messpunkte können den *Abbildungen 20, 21 und 22* in Kapitel 7.1. entnommen werden. Die Messwerte wurden sowohl bei eingeschalteter als auch bei ausgeschalteter künstlicher Beleuchtung direkt nacheinander notiert. Zur fachgerechten Ermittlung der durch die künstliche Beleuchtung erreichten Beleuchtungsstärke abzüglich des Tageslichts wurde die Differenz aus den gemessenen Werten bei eingeschalteter und ausgeschalteter künstlicher (Zusatz-)Beleuchtung berechnet. Schlussendlich wurde die mittlere Beleuchtungsstärke aus der Division der addierten bereinigten Messwerte errechnet (vgl. BAuA 2011, S 12).

Anschließend erfolgte die Bewertung der Ergebnisse, welche in Kapitel 7.2. dargestellt werden soll. Auch hierzu wurden die gesetzlichen Vorschriften des ArbSchG, der ArbStättV und der BildscharbV sowie deren Konkretisierung in Arbeitsstättenregel ASR A3.4 und den DGUV-Informationen 215-410 und 215-442 herangezogen.

Auf der Grundlage der Konzepte und Empfehlungen in den DGUV-Informationen, den im Theorieteil dieser Arbeit zusammengetragenen Informationen über visuelle, nicht-visuelle Lichtwirkungen und den Beleuchtungsbedarf älterer Beschäftigter wurden in Kapitel 7.3. auf den Raum zugeschnittene Schutzmaßnahmen zeichnerisch dargestellt, die im Rahmen der Möglichkeiten umsetzbar erschienen. Hierzu wurden zudem die Portale Licht.de und Zumtobel gesichtet, deren Informationen für die Entwicklung von modernen Beleuchtungskonzepten berücksichtigt werden konnten.

6.3. Vorstellung der verwendeten Checkliste

Die Checkliste, mit welcher der Ist-Zustand beurteilt und mit entsprechenden Soll-Vorgaben verglichen werden sollte, wurde von Seiten des Arbeitsschutz-Portals angefertigt, welches aktuelle Informationen zu Umwelt- und Arbeitsschutz im Betrieb kostenlos zur Verfügung stellt (vgl. Arbeitsschutz-Portal 2016). Die insgesamt 27 Items decken die zentralen Anforderungen ab, die von Seiten der DGUV-Informationen 215-410 und 215-442 an die Arbeitsplatzbeleuchtung gestellt werden. Da die DGUV-Informationen die notwendigen Mindestvorschriften der Arbeitsstättenregel für Beleuchtung ASR A3.4 integrieren und Handlungsanleitungen darstellen, können sie als Referenz bei der durchzuführenden Gefährdungsanalyse verwendet werden. Die Checkliste ist im Anhang dieser Arbeit einzusehen. Da einzelne Punkte nicht klar voneinander abgegrenzt, wiederholt oder zusammengefasst wurden, ist der Checklisten-Aufbau zwar kritisch zu betrachten; die Inhalte sind dennoch relevant und lassen sich wie folgt darstellen (vgl. Arbeitsschutz-Portal 2015, S. 1f):

Tab. 3: Inhaltlicher Aufbau der Checkliste. Quelle: Arbeitsschutzportal 2015.

Kriterium	Item-Nummer und Beschreibung
Tageslichtnutzung	<ul style="list-style-type: none">• Item 1: Ausreichende Tageslichtnutzung (bei einem Tageslichtquotient von mindestens 2%)?• Item 2: Fensternahe Anordnung der Arbeitsplätze?• Item 3: Sichtverbindung nach außen?• Item 16: Geeignete Lichtschutzvorrichtungen zur Verminderung des Tageslichteinfalls?
Künstliche Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none">• Item 1: Eine der Arbeitsaufgabe und der individuellen Sehkraft der Beschäftigten angemessene Beleuchtung? <p>Hierbei ist laut ASR A3.4 bei der Mindestbeleuchtungsstärke zwischen Arbeitsplatz (500 Lux), Arbeitsumgebung (300 Lux) und der gesonderten Teilflächenbeleuchtung (750 Lux) zu unterscheiden sowie das Alter der Beschäftigten (vgl. Geißler-Gruber et al. 2004, S. 126) gesondert zu beachten.</p> <ul style="list-style-type: none">• Item 5: Individuelle Beleuchtungsmaßnahmen (Zusatzbeleuchtung) ermöglicht?• Item 6: Neutral- oder tageslichtweiße Lichtfarbe? Blendfreiheit der Leuchten? Flimmerfreiheit (durch Vorschaltgeräte)?• Item 21: Leuchten mit sichtbarem Flimmern werden unmittelbar ausgetauscht?

Kriterium	Item-Nummer und Beschreibung
Blendungsvermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Item 7: Anordnung der Beleuchtung vermeidet Blendung optimal? • Item 8: Einrichtung des Bildschirmarbeitsplatzes vermeidet störende Direkt- und Reflexionsblendungen auf den Arbeitsmitteln? • Item 9: Parallele Anordnung des Bildschirms zu den Fenstern? Seitliche Anordnung der Deckenleuchten zum Arbeitstisch?
Leuchtdichte- verteilung	<ul style="list-style-type: none"> • Item 11: Zweckmäßige Anordnung der Fenster und Oberlichter sowie der Leuchten im Raum sorgen für eine ausgewogene Helligkeitsverteilung und eine günstige Lichtrichtung? • Item 12: Leuchtdichteunterschiede zwischen hellster und dunkelster Fläche in der näheren Arbeitsumgebung (3:1)? • Item 13: Zwischen Arbeitsfläche und Umgebung (10:1)? <p>Leuchtdichteunterschiede können nicht objektiv gemessen werden. Stattdessen ist die wahrgenommene Helligkeit zu notieren.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item 20: Helle, gedeckte Farben bei Decken, Wänden, Arbeitsflächen und Mobiliar im Kontrast zu dunkleren Farben der Böden auf? Mattigkeit der Arbeitsmitteloberflächen?
Farbwiedergabeindex	<ul style="list-style-type: none"> • Item 10: Farbwiedergabeindex von Ra=80 (bei anspruchsvollen Aufgaben Ra=90)? <p>Der Farbwiedergabeindex kann aufgrund fehlender Messgeräte nur erfragt werden.</p>
Wartung der Beleuchtungs- anlage	<ul style="list-style-type: none"> • Item 14: Regelmäßige Wartung, Reinigung und Mängelbeseitigung der Lampen, Leuchten sowie der Fenster? • Item 18: Berücksichtigung der Abnahme der Beleuchtungsstärke im Laufe der Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage durch Alterung und Verschmutzung? • Item 24: Regelmäßige und anlassbezogene Durchführung von Beleuchtungsmessungen?
Schattigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Item 15: Störende Schatten im Arbeitsbereich und auf Verkehrswegen werden vermieden?
Arbeitsmedizinische Arbeitsvorsorge	<ul style="list-style-type: none"> • Item 22: Wird arbeitsmedizinische Arbeitsvorsorge nach DGUV G 37 seitens des Arbeitsgebers schriftlich angeboten? <p>Eine solche Arbeitsmedizinische Arbeitsvorsorge beginnt in der Regel mit einer allgemeinen Untersuchung vorliegender Beschwerden. Im Folgenden sind spezielle Untersuchungen (z. B. des Sehvermögens) sowie individuelle Beurteilungen und Beratungen infolge der Kenntnis der Arbeitsplatzverhältnisse und der individuellen Belastungen angezeigt. In unklaren Fällen können auch Ergänzungsuntersuchungen angebracht sein (vgl. DGUV 2015b, S. 15ff).</p>

Kriterium	Item-Nummer und Beschreibung
Beschaffung neuer Beleuchtungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Item 25: Wird bei der Beschaffung neuer Beleuchtungsmittel Rücksprache mit der Fachkraft für Arbeitssicherheit, dem Betriebsarzt, externen Experten, und/oder der Mitarbeitervertretung geführt?

Item 3 fragt nach der Beleuchtung von Pausenräumen; 17 fragt nach einer extra vom Hersteller für spezielle Arbeitsmittel bereitgestellten Beleuchtung; Item 19 fragt nach beleuchteten Flucht- und Rettungswegschildern als Sicherheitsbeleuchtung bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung; Item 23 und 27 fragen nach einer Beleuchtung für Außengelände, Parkplätze und Tiefgarage; Item 26 nach reflektierender Kleidung im Außenbereich und Fahrzeuglicht auf dem Betriebsgelände³.

7. Ergebnisse

7.1. Vorstellung der Messergebnisse

Nachfolgend sollen die Ergebnisse der Begehung entlang der verwendeten Checklisten-Items dargestellt werden. Zum besseren Verständnis sollen zusammenhängende Inhalte unterschiedlicher Items gemeinsam erläutert werden. Abschließend sind die zusätzlich erhobenen Informationen zu nennen.

Es wurde ein Büroraum mit drei Arbeitsplätzen von 12:00 bis 14:00 Uhr am 27. Juli 2016 untersucht. *Abbildung 13* zeigt den Grundriss des Büros inklusive der erhobenen Raummaße. *Abbildung 14* zeigt nachfolgend die Ausrichtung von Arbeitsplatz 1, 2 und 3 und die Positionierung der Deckenleuchten und Zusatzbeleuchtung.

³ Die Items 3, 17, 19, 23, 26 und 27 blieben aufgrund der fehlenden Relevanz im Kontext dieser Arbeit unberücksichtigt und sind innerhalb der im Anhang entsprechend gekennzeichnet.

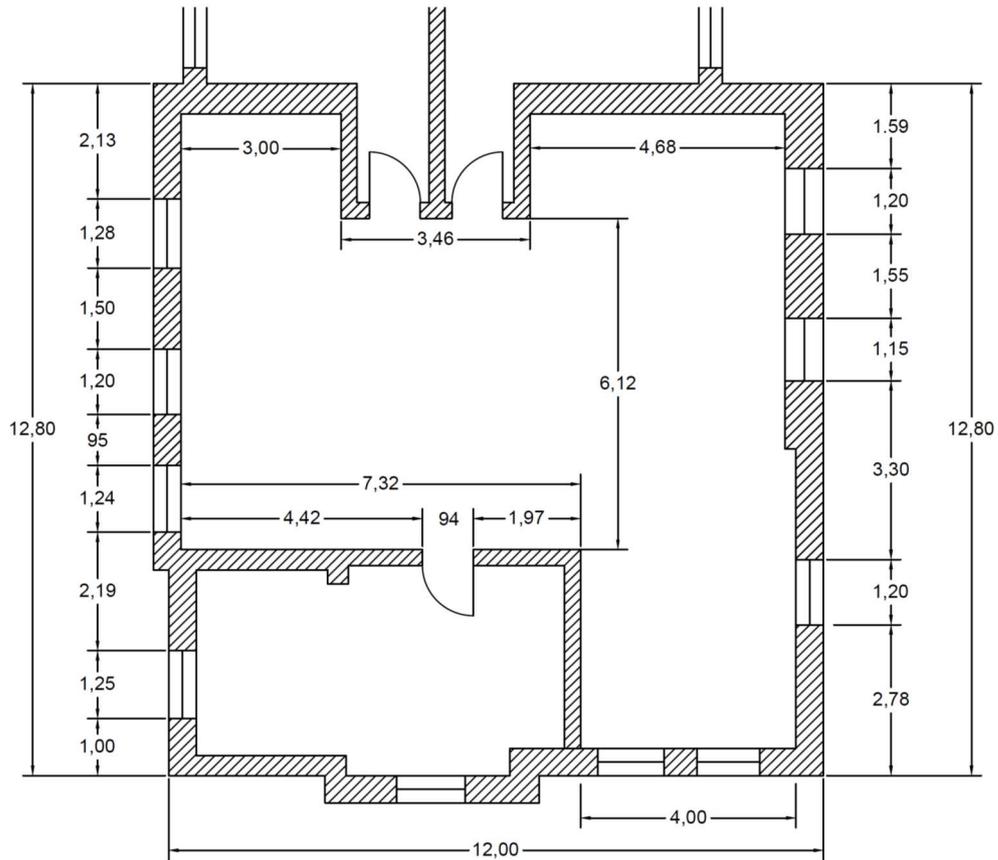


Abb. 13: Grundriss des Büroraums mit erhobenen Raummaßen. Quelle: Eigene Darstellung.

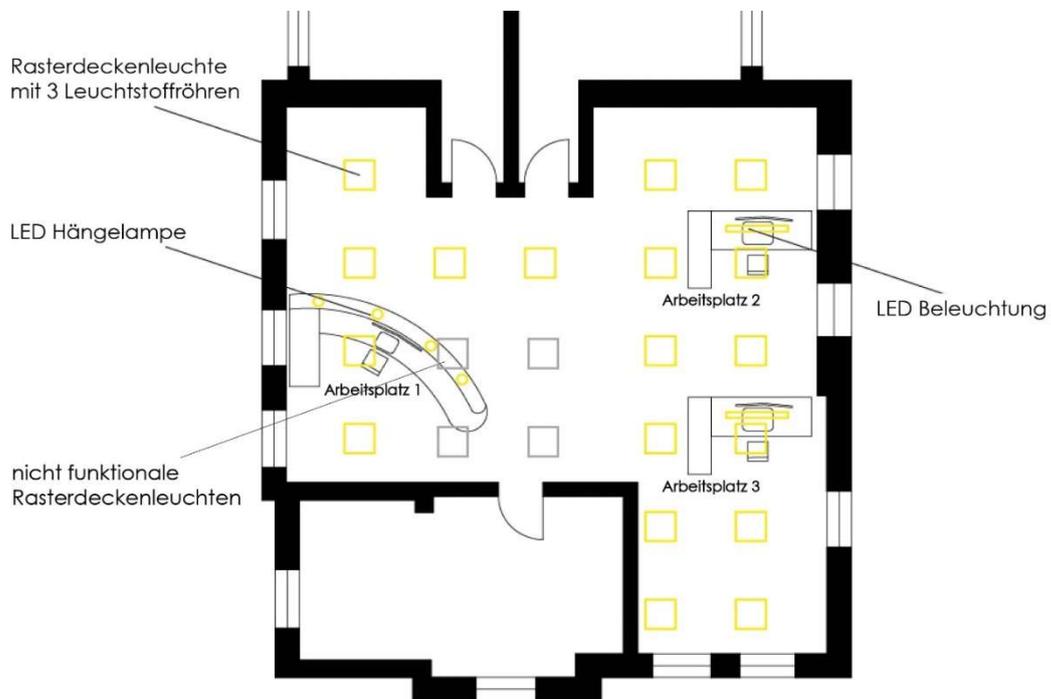


Abb. 14: Ausrichtung von Arbeitsplatz 1, 2 und 3 und die Positionierung der Deckenleuchten und LED-Zusatzbeleuchtung. Quelle: Eigene Darstellung.

Zunächst sind Tageslichtnutzung und Beschaffenheit der Beleuchtung zu nennen: Arbeitsplatz 1, bei dem die vorhandene Theke als Arbeitstisch verwendet wird, befindet sich in geforderter Fensternähe. Die Fenster ermöglichen die Sichtverbindung nach außen.



Abb. 15: Arbeitsplatz 1. Quelle: Eigene Darstellung.

Trotz paralleler Ausrichtung zu den Fenstern wird die direkte Sicht nach außen an Arbeitsplatz 2 und 3 aufgrund der Anordnung der Arbeitsplätze sowie der Lage des Gebäudes eingeschränkt.

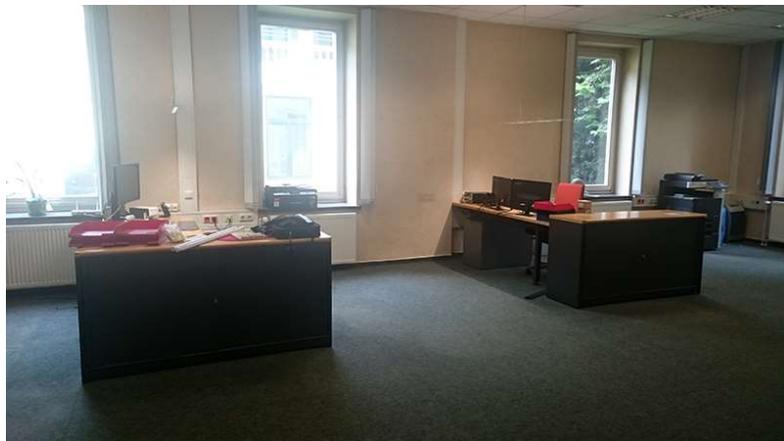


Abb. 16: Ausrichtung von Arbeitsplatz 2 und 3 in Fensternähe. Quelle: Eigene Darstellung.

Zum Zeitpunkt der Messung war der Tageslichteinfall an Arbeitsplatz 1 gering, da Bäume vor dem Fenster den Lichteinfall hemmten. Zur Reduktion des Lichteinfalls bei Bedarf sind Lamellenrollos als Lichtschutzmaßnahmen vorhanden. Die Bildschirme sind ebenfalls parallel zu den Fenstern ausgerichtet.

Die Decke ist mit Leuchtstoffröhren ausgestattet, die Deckenleuchten sind rasterartig über den Arbeitsplätzen platziert; folglich liegt eine Direktbeleuchtung vor. Zum Zeitpunkt der Begehung waren nicht alle Deckenleuchten in der Nähe von Arbeitsplatz 1 funktionsfähig, wie anhand von *Abbildung 17* zu erkennen ist.



Abb. 17: Nicht funktionsfähige Deckenleuchte. Quelle: Eigene Darstellung.

Die Flimmerfreiheit der Deckenleuchten wird durch Vorschaltgeräte gewährleistet. Die Farbtemperatur konnte nicht objektiv gemessen werden; stattdessen wurde die Lichtfarbe seitens des Arbeitgebers als tageslichtweiß deklariert.

Zusätzliche Beleuchtungsmaßnahmen zugunsten einer Arbeitsplatzbeleuchtung sind an den Arbeitsplätzen 2 und 3 vorhanden. Hier wurde jeweils individuell zuschaltbare LED-Arbeitsplatzbeleuchtung angebracht.



Abb. 18: Zusätzliche Arbeitsplatzbeleuchtung an Arbeitsplatz 2 und 3. Quelle: Eigene Darstellung.

An Arbeitsplatz 1 befinden sich warmweiß strahlende Hängeleuchten, die vorrangig der Ästhetik dienen.



Abb. 19: Hängeleuchten an Arbeitsplatz 1. Quelle: Eigene Darstellung.

Zur vergleichenden Messung wurde die Beleuchtungsstärke an Arbeitsplatz 1 und 2 jeweils bei ausgeschalteter und angeschalteter künstlicher Beleuchtung sowie bei Zuschaltung der Zusatzbeleuchtung gemessen. Arbeitsplatz 3 blieb bei der Messung unberücksichtigt, da dieser den Arbeitsbedingungen an Arbeitsplatz 2 gleicht. Die Messergebnisse sind nachfolgend in den *Abbildungen 20, 21* und *22* mit den jeweils dazugehörigen *Tabellen 4, 5* und *6* dargestellt⁴.

Abbildung 20 und *Tabelle 4* beziehen sich auf alle relevanten Messpunkte des Arbeitsplatzes und der Arbeitsumgebung von Arbeitsplatz 1; notiert wurden die Messergebnisse bei komplett ausgeschalteter sowie bei angeschalteter künstlicher Beleuchtung samt Zusatzbeleuchtung. Aus der Differenz der Werte wurde die Beleuchtungsstärke der reinen künstlichen Beleuchtung abzüglich des Tageslichteinflusses ermittelt. Aus den einzelnen Messwerten wurde jeweils die mittlere Beleuchtungsstärke berechnet. Die *Abbildungen 21* und *22* sowie die *Tabellen 5* und *6* stellen die Messergebnisse an Arbeitsplatz 1 und 2 vergleichend gegenüber. Es wurde an vergleichbaren Messpunkten jeweils die Beleuchtungsstärke bei ausgeschalteter und angeschalteter künstlicher Beleuchtung sowie mit Zusatzbeleuchtung gemessen. Auch hier wurden jeweils die Differenzen aus künstlicher und Tageslichtbeleuchtung sowie die entsprechenden mittleren Beleuchtungsstärken errechnet.

⁴ Die Auswertung der Messergebnisse soll in Kapitel 7.2. erfolgen.

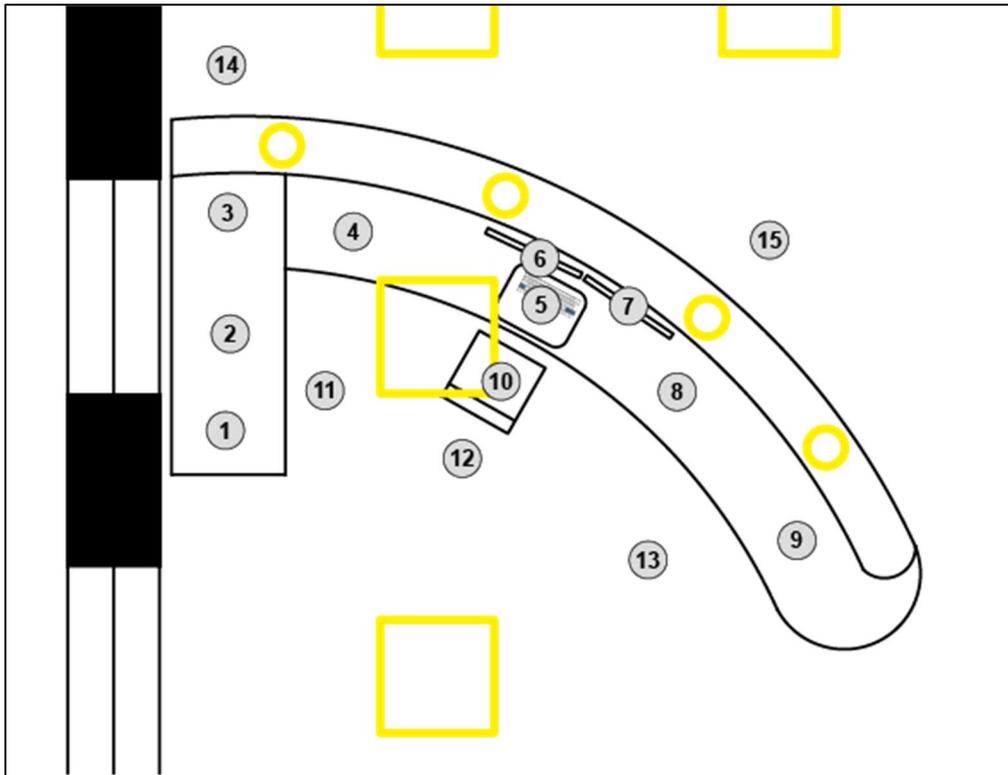


Abb. 20: Allgemeine Messpunkte an Arbeitsplatz 1 und Arbeitsumgebung. Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 4: Gemessene Beleuchtungsstärken mit und ohne künstliche Beleuchtung an Arbeitsplatz 1 mit zusätzlicher Differenz und errechneten Mittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung.

Messpunkt	Mit künstlicher Beleuchtung (lx)	Ohne künstliche Beleuchtung (lx)	Differenz (lx)
1	450	56	394
2	350	53	297
3	301	43	258
4	358	30	328
5	323	16	307
6	495	23	472
7	280	30	250
8	233	21	212
9	275	16	259
10	330	22	208
11	280	20	260
12	380	25	355
13	320	22	298
14	380	27	353
15	350	24	326
Mittlere Beleuchtungsstärke	365	29	305

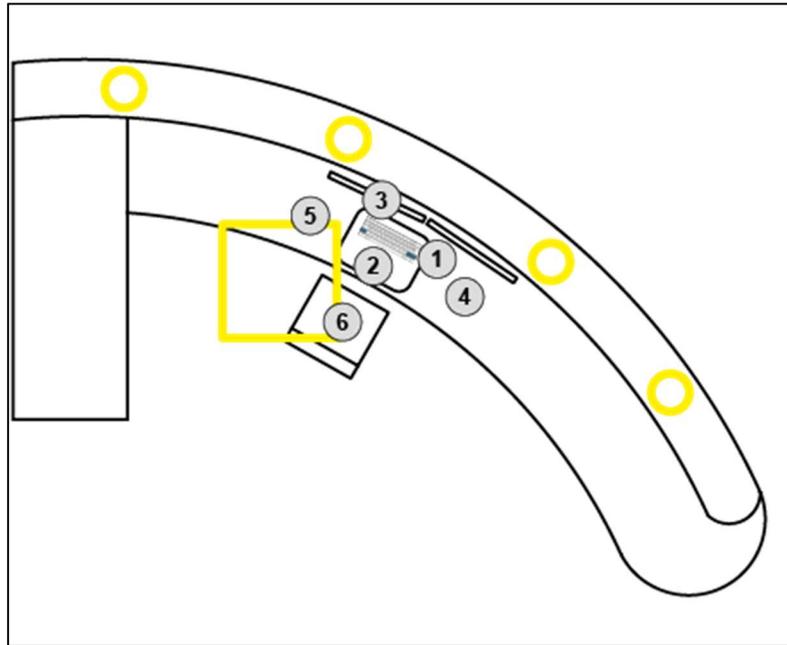


Abb. 21: Messpunkte an Arbeitsplatz 1 im Arbeitsbereich. Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 5: Gemessene Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von Arbeitsplatz 1 mit errechneter Differenz zwischen künstlicher und Tageslichtbeleuchtung und Mittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung.

Messpunkt	Künstliche Beleuchtung ohne Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung mit Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung ausgeschaltet (lx)	Differenz Künstliche Beleuchtung ohne Zusatz – ausgeschaltet	Differenz Künstliche Beleuchtung mit Zusatz – ausgeschaltet
Neben Tastatur (1)	239	399	20	219	379
Vor Tastatur (2)	291	426	16	275	410
Auf Bildschirmhöhe (3)	316	368	23	293	345
Neben Bildschirm (rechts) (4)	173	269	21	152	248
Neben Bildschirm (links) (5)	242	419	30	212	389
Bezugsebene (75 cm Höhe) (6)	320	330	22	298	208
Mittlere Beleuchtungsstärke	263	368	22	242	330

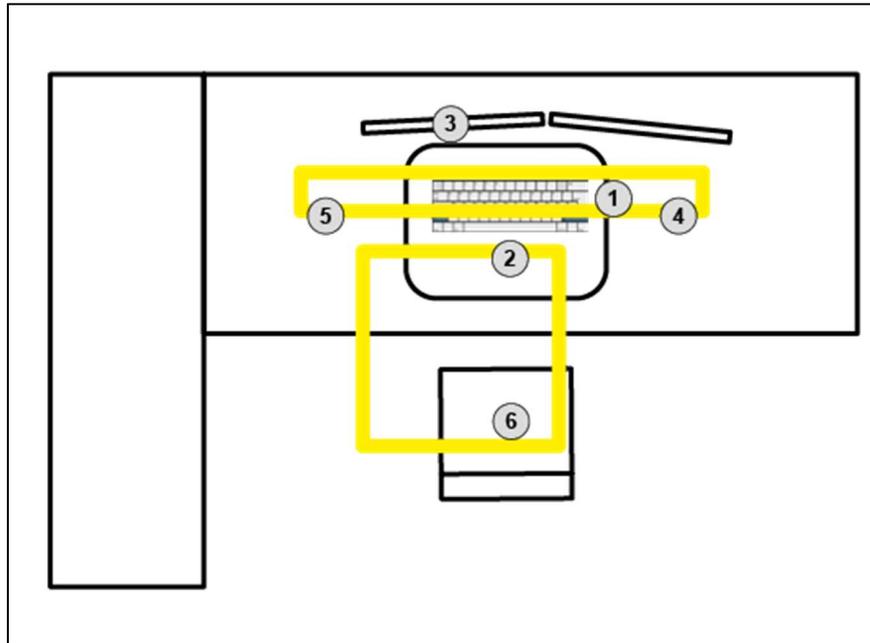


Abb. 22: Messpunkte an Arbeitsplatz 2 im Arbeitsbereich. Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 6: Gemessene Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von Arbeitsplatz 2 mit errechneter Differenz zwischen künstlicher und Tageslichtbeleuchtung und Mittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung.

Messpunkt	Künstliche Beleuchtung ohne Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung mit Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung ausgeschaltet (lx)	Differenz Künstliche Beleuchtung ohne Zusatz – ausgeschaltet	Differenz Künstliche Beleuchtung mit Zusatz – ausgeschaltet
Neben Tastatur (1)	177	1266	49	128	1217
Vor Tastatur (2)	274	1639	55	219	1584
Auf Bildschirmhöhe (3)	250	1571	35	215	1536
Neben Bildschirm (rechts) (4)	259	1281	43	216	1238
Neben Bildschirm (links) (5)	420	1414	163	257	1251
Bezugsebene (75 cm Höhe) (6)	406	1480	90	316	1390
Mittlere Beleuchtungsstärke (lx)	298	1442	73	225	1369

Im Hinblick auf die Vermeidung von Blendung konnte die Mattigkeit der Bildschirme festgestellt werden. Auf Anfrage berichteten die Beschäftigten von keinerlei Beeinträchtigungen im Zuge der Bildschirmarbeit. An Arbeitsplatz 1 und 2 wurden jedoch nicht-matte Schreibtischunterlagen gesichtet, die bei eingeschalteter Zusatzbeleuchtung Reflexionen verursachen.



Abb. 23: Blendeffekte der Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 2 im Vergleich zur matten Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 3. Quelle: Eigene Darstellung.

Nach Sichtung und laut Aussagen der Beschäftigten treten keine störenden Schatten auf.

Da der erforderliche Farbwiedergabeindex aufgrund fehlender Geräte nicht objektiv gemessen werden konnte, wurde der Arbeitgeber dahingehend befragt. Dessen Angaben zufolge beträgt der Farbwiedergabeindex $R_a=90$. Zudem wurde bestätigt, dass darauf geachtet werde, dass der Farbwiedergabeindex bei laufender Nutzung abnehme.

Nach Angaben des Arbeitgebers werde die Abnutzung der Beleuchtungsanlagen berücksichtigt. Da das Büro erst im Juli 2016 übernommen worden war, hätten keine Daten zur bisherigen Nutzungsdauer vorgelegen. Allerdings würden zeitnah Pläne zum Austausch der Beleuchtung erarbeitet und Leuchtstofflampen mit sichtbarem Flimmern umgehend ersetzt werden. Wartung und Mängelbeseitigung der Beleuchtungsanlage würden nach Bedarf stattfinden. Allerdings wurden zum Zeitpunkt der Messung nicht funktionierende Deckenleuchten gesichtet. Eine regelmäßige Reinigung der Leuchten wurde nicht erwähnt.

Eine objektive Messung der Leuchtdichteunterschiede zwischen hellster und dunkelster Fläche in der näheren Arbeitsumgebung sowie zwischen Arbeitsfläche und weiterer Umgebung konnte ebenfalls nicht durchgeführt werden. Nach Angaben der Beschäftigten wurde die Helligkeit jedoch allgemein als zu gering empfunden. Weiterhin wurde die Beschaffenheit der farblichen Kontraste der Raumausstattung gesichtet: Die Decken, Wände und Arbeitsflächen zeichneten sich durch helle, gedeckte Farben aus, die Büroeinrichtung durch matte Oberflächen. Im Kontrast dazu wurde der Boden mit dunkleren Farben versehen.

Laut Angaben der Beschäftigten wurde bisher keine arbeitsmedizinische Vorsorge seitens des Arbeitgebers angeboten. Zudem sind zum Zeitpunkt der Messung aufgrund der kurzen Nutzungsdauer des Büros noch keine Beleuchtungsmessungen in Form von Gefährdungsanalysen durchgeführt worden. Für die Beschaffung der Beleuchtungsmittel zeichnete sich der Arbeitgeber verantwortlich. Eine Fachkraft für Arbeitssicherheit, ein Betriebsarzt, externe Experten oder eine Mitarbeitervertretung werden diesbezüglich nicht hinzugezogen.

Schlussendlich wurde das Alter der im Büro arbeitenden Beschäftigten notiert: Es handelte sich um eine 54-jährige Beschäftigte an Arbeitsplatz 1, die aufgrund ihrer Kurzsichtigkeit bereits auf eine Sehhilfe in Form einer Brille angewiesen ist. Weiterhin wurde Arbeitsplatz 2 von einem 33-jährigen und Arbeitsplatz 3 von einem 35-jährigen Beschäftigten besetzt.

7.2. Bewertung der Messergebnisse auf der Grundlage der Regelwerke

Unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben des ArbSchG, der ArbStättV und der BildscharbV sowie deren Konkretisierung in Arbeitsstättenregel ASR A3.4 und den DGUV-Informationen 215-410 und 215-442 lassen sich die zuvor vorgestellten Ergebnisse in Bezug auf die Beleuchtungssituation des Büroraumes wie folgt bewerten:

Einige Aspekte sind positiv hervorzuheben, da sie den gesetzlichen Vorschriften entsprechen: Die Ausrichtung der Arbeitsplätze parallel zu den Fenstern, die Gewährleistung von Flimmerfreiheit durch Vorschaltgeräte, die (laut Arbeitgeber) tageslichtweiße Lichtfarbe und der geforderte Farbwiedergabeindex der Allgemeinbeleuchtung von $R_a=90$, welcher oberhalb der geforderten $R_a=80$ liegt. Zudem ist die Farbgebung der Büroausstattung mit hellen, gedeckten Farben an Wänden und Arbeitsmitteln und einem dunkleren Boden zu nennen.

Allerdings sind mehrere Aspekte gesetzlich und ergonomisch unzureichend: Bei der Betrachtung der Beleuchtungsstärke⁵ kann infolge der objektiven Messung mittels Luxmeter konstatiert werden, dass diese den Mindestanforderungen nicht genügt: Während im Umgebungsbereich an verschiedenen Messpunkten stets Werte über 300 Lux gemessen werden konnten, wurden die geforderten 500 Lux an Arbeitsplatz 1 auch mit Zusatzbeleuchtung an keinem Messpunkt erreicht⁶. Bei eingeschalteter Zusatzbeleuchtung betrug die mittlere Beleuchtungsstärke hier 330 Lux. Wurde die Zusatzbeleuchtung ausgeschaltet, wurden durch die Allgemeinbeleuchtung lediglich mittlere 242 Lux erreicht⁷. An Arbeitsplatz 2 dagegen wurden die 500 Lux Mindestbeleuchtungsstärke mit zusätzlicher Arbeitsplatzbeleuchtung erreicht bzw. mit 1369 Lux mittlerer Beleuchtungsstärke sogar deutlich überschritten. Ohne Zusatzbeleuchtung betrug die mittlere Beleuchtungsstärke unter alleiniger Verwendung der Allgemeinbeleuchtung allerdings lediglich 225 Lux⁸.

⁵ Die hier angegebenen Werte wurden vom Tageslichteinfluss bereinigt.

⁶ siehe jeweils *Tabelle 4* in Kapitel 7.1.

⁷ siehe jeweils *Tabelle 5* in Kapitel 7.1.

⁸ siehe jeweils *Tabelle 6* in Kapitel 7.1.

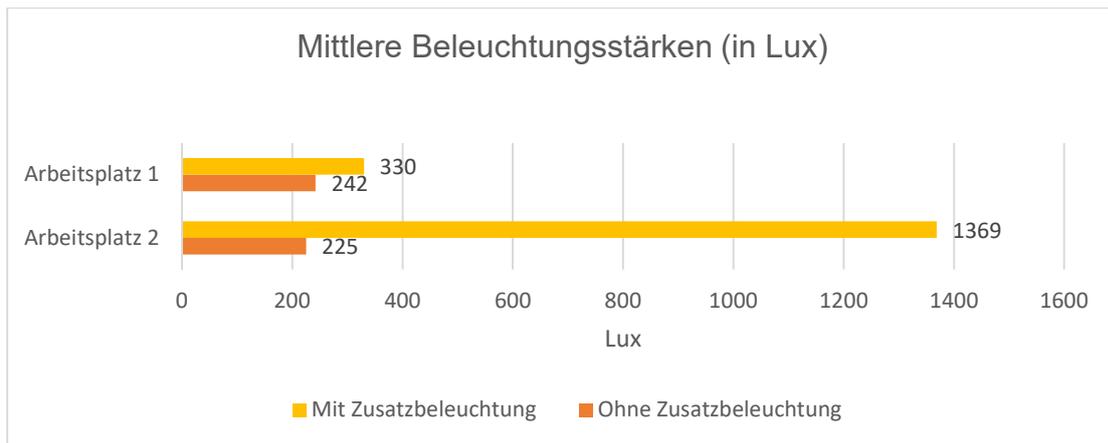


Abb. 24: Balkendiagramm zur vergleichenden Darstellung der mittleren Beleuchtungsstärken der künstlichen Beleuchtung in Lux an Arbeitsplatz 1 und 2 bei angeschalteter und ausgeschalteter Zusatzbeleuchtung.
Quelle: Eigene Darstellung

Vor dem Hintergrund des bereits vor der Begehung geäußerten Unwohlseins, der Kurzsichtigkeit und dem Alter der an Arbeitsplatz 1 arbeitenden Beschäftigten, welches 54 beträgt, ist dieses Ergebnis noch kritischer zu betrachten, da innerhalb der ASR A3.4 eine der Sehfähigkeit der Beschäftigten angemessene Beleuchtungsstärke gefordert und in der Literatur eine um 50% höhere Nennbeleuchtungsstärke bei Beschäftigten über 45 empfohlen wird (vgl. Geißler-Gruber et al. 2004, S. 126). Dieser Wert von mindestens 750 Lux wird an Arbeitsplatz 1 nicht annähernd erreicht, sodass die Beleuchtung auch unter Verwendung zusätzlicher Sehhilfen als unzureichend zu deklarieren ist. Augenbeschwerden, Kopfschmerzen, Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und des Sehkomforts hinsichtlich Detailschärfe oder Kontrast- und Farbwahrnehmung von Informationen sind demnach nicht auszuschließen (vgl. DGUV 2015a, S. 12ff).

Trotz Angabe der bedarfsgerechten Auswechslung fehlerhafter Lampen wurden nicht funktionierende Leuchten gesichtet, welche die ohnehin unzureichende Beleuchtung weiter beeinträchtigen dürften. Außerdem verläuft die Anordnung der Leuchten nicht seitlich der Arbeitstische⁹. Bei Einhaltung der Mindestbeleuchtungsstärke könnten daher Blendungseffekte entstehen, die nach entsprechender Auswechslung der Leuchten zu beurteilen wären.

Bezüglich der geforderten Blendungsvermeidung lässt sich die Mattigkeit der Bildschirme und Arbeitsflächen der Arbeitstische positiv hervorheben. Allerdings verursachen die nicht-matten Schreibtischunterlagen an Arbeitsplatz 1 und 2 bei Einsatz der Allgemeinbeleuchtung und insbesondere bei Hinzunahme der Zusatzbeleuchtung Reflexionseffekte. Somit wird das Ziel der Blendungsvermeidung nicht optimal erfüllt, sodass Sehbeeinträchtigung und Unbehagen nicht auszuschließend sind (vgl. DGUV 2013, S. 15ff).

⁹ *Abbildung 14* in Kapitel 7.1. zeigt die Anordnung von Leuchten direkt über den Arbeitstischen.

Zwar ist die Arbeitsplatzanordnung in Fensternähe positiv hervorzuheben; aufgrund der niedrigen Beleuchtungsstärken auch mit Berücksichtigung des Tageslichts zum Zeitpunkt der Messung¹⁰ und der Einschätzung der Beschäftigten, wonach die Helligkeit subjektiv als zu dunkel empfunden wurde, kann die Tageslichtnutzung jedoch nicht als ausreichend bezeichnet werden. Aufgrund der Gebäudelage und der Bäume vor dem Fenster gelangt wenig Tageslicht ins Rauminnere. Zusätzlich ist eine direkte Sichtverbindung nach außen an Arbeitsplatz 2 und 3 aufgrund der Positionierung der Arbeitstische nur bedingt möglich. Da mangelnde Tageslichtexposition zur Destabilisierung des circadianen Rhythmus beitragen kann (vgl. Licht.de 2010, S. 17ff), ist hier von einer potentiellen Gefährdung auszugehen.

Weiterhin ist zu beanstanden, dass vor Bezug des Büros keine Beurteilung mit entsprechender Anpassung der Beleuchtungssituation vorgenommen wurde. Angesichts der als zu dunkel wahrgenommenen Beleuchtung seitens der Beschäftigten hätten bereits Analysen durchgeführt werden müssen. Auch bezüglich der nicht angebotenen Vorsorgeuntersuchung des Sehvermögens, welches bei der 54-jährigen Beschäftigten besonders berücksichtigt werden muss, besteht Korrekturbedarf. Im Zusammenspiel mit der zum Bildschirmarbeitsplatz umfunktionierten und somit zweckentfremdeten Empfangstheke, an welcher die niedrigsten Beleuchtungsstärken gemessen wurden, ist dies zu kritisieren.

Zusammenfassend lassen sich die unzureichend erfüllten Gütekriterien wie folgt darstellen:

Tab. 7: Zusammenfassung der unzureichend erfüllten Gütekriterien der Beleuchtung. Quelle: DGUV 2015a, S. 12ff; Licht.de 2010, S. 17ff.

Gütekriterium	Potentielle Gefährdung
Beleuchtungsniveau	Beleuchtungsstärken der Allgemeinbeleuchtung ohne Zusatzbeleuchtung unterhalb der Mindestbeleuchtungsstärke 500 Lux können Sehen und Wohlbefinden beeinträchtigen.
Blendungsvermeidung	Nicht-matte Schreibtischunterlagen können zu physiologischer und psychologischer Blendung insbesondere bei der 54-jährigen Beschäftigten führen.
Tageslichtnutzung	Eingeschränkte Tageslichtnutzung durch Positionierung der Arbeitstische 2 und 3 kann Wohlbefinden und den circadianen Rhythmus der Beschäftigten beeinträchtigen.

Mögliche Schutzziele und Maßnahmen zur Verbesserungen der unzureichenden Beleuchtungssituation sollen nachfolgend erörtert werden.

¹⁰ Siehe *Tabellen 4, 5 und 6* in Kapitel 7.1.

7.3. Maßnahmenableitung: Gestaltungsempfehlungen der Beleuchtung

Die beanstandeten Aspekte der untersuchten und bewerteten Beleuchtungssituation zeigen einen Bedarf an Schutzmaßnahmen auf. Im folgenden Kapitel sollen Vorschläge zugunsten eines ergonomischen, den gesetzlichen Vorschriften entsprechenden Beleuchtungskonzepts dargestellt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund des limitierten technischen Bezugs dieser Arbeit keine konkreten Angaben zu technischen Veränderungen der Leuchtentechnik gemacht werden können. Stattdessen sollen lediglich Gestaltungsempfehlungen erfolgen. Als Referenz sollen die im theoretischen Teil erläuterten Konkretisierungsvorschläge gesetzlicher Vorschriften seitens der DGUV-Informationen sowie Ansätze moderner Beleuchtungskonzepte herangezogen werden.

Vorrangig ist als Ziel die Beseitigung potentieller Gefährdungen zu nennen. Hierzu müssen die fehlerhaften Lampen ersetzt und Reflexionen verursachende, nicht-matte Schreibtischunterlagen an den jeweiligen Arbeitsplätzen entfernt werden.

Angesichts der unzureichenden Beleuchtungsstärken an allen Arbeitsplätzen bei ausgeschalteter Zusatzbeleuchtung ist zu überlegen, wie diese zugunsten aller Beschäftigten angehoben werden kann. Zunächst ist zu prüfen, ob ein Austausch der Leuchten und Lampen der Allgemeinbeleuchtung durchgeführt werden kann. Um angemessene Beleuchtungsstärken sowie zudem ein ausgewogenes Schatten- und Leuchtdichteverhältnis im Raum zu schaffen, ist zu beurteilen, ob Leuchten installiert werden können, die eine Direkt-/Indirektbeleuchtung bewirken (vgl. DGUV 2013, S. 36f). Ist dies aus logistischen oder wirtschaftlichen Gründen – zunächst – nicht umsetzbar, ist dennoch eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke zu erreichen. Hierbei soll der Fokus angesichts der festen Anordnung der Arbeitstische im Raum auf eine arbeitsplatzbezogene Beleuchtung mit individuell zuschaltbarer Arbeitsplatzbeleuchtung gelegt werden: Da an Arbeitsplatz 2 und 3 unter Hinzunahme der zusätzlichen Arbeitsplatzbeleuchtung angemessene Beleuchtungsstärken über der geforderten Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux gemessen werden konnten, wäre eine Installation einer zusätzlichen Arbeitsplatzbeleuchtung an Arbeitsplatz 1 nach deren Vorbild zu befürworten. Sollte eine solche Installation aufgrund der Beschaffenheit und Ästhetik der Theke an Arbeitsplatz 1 nicht umsetzbar sein, sind zwei Alternativen vorzuschlagen: Zum einen kann mittels verstellbarer Tischleuchte eine teilflächenbezogene Beleuchtung mit einer Mindestbeleuchtungsstärke von 750 Lux an den relevanten Teilflächen erreicht werden.

Zum anderen sollten Überlegungen dahingehend angestellt werden, die Theke zukünftig nicht mehr als herkömmlichen Bildschirmarbeitsplatz zu nutzen, sondern einen vierten Arbeitsplatz nach dem Vorbild von Arbeitsplatz 2 und 3 gegenüber von Arbeitsplatz 1 einzu-

richten, der sich in Fensternähe befindet und die oben genannten Anforderungen der arbeitsplatz- bzw. teilflächenbezogenen Beleuchtung erfüllt. Die dort arbeitende Beschäftigte kann die Theke weiterhin für Empfang und Telefondienst und den neu eingerichteten Bildschirmarbeitsplatz im Wechsel nutzen. Zur besseren Tageslichtnutzung und Sichtverbindung nach außen an Arbeitsplatz 2 und 3 könnte außerdem eine neue Anordnung der Arbeitstische einander gegenüber vorgeschlagen werden, sofern die installierte Zusatzbeleuchtung entsprechend angepasst werden kann. *Abbildung 25* stellt dieses Konzept dar:

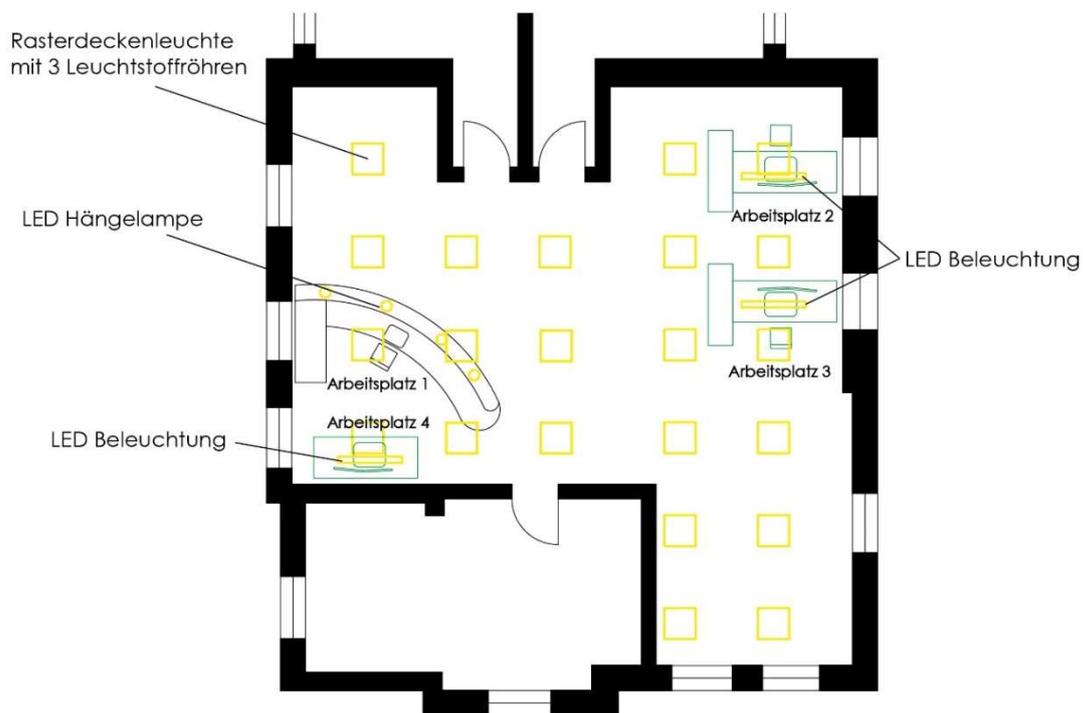


Abb. 25: Alternatives Raumkonzept: Installation eines vierten Arbeitsplatzes mit LED-Zusatzbeleuchtung und Tageslichtnutzung gegenüber der Theke. Umstellung von Arbeitsplatz 2 und 3 zur verbesserten Tageslichtnutzung. Quelle: Eigene Darstellung.

Hinsichtlich der Installation spezieller Arbeitsplatzbeleuchtung können überdies Aspekte des Human Centric Lighting angeregt werden: Hierbei sind dimmbare LED-Leuchten als individuelle Zusatzbeleuchtung in Betracht zu ziehen, mit deren Hilfe Farbgebung und Beleuchtungsstärke entsprechend der Tageszeit und der Arbeitsaufgabe angepasst werden können. Zur fachgerechten Aktivierung der 54-jährigen Beschäftigten sind Lichtsteuerung und Lichtfarben mit hohem Blauanteil vorzuschlagen (vgl. Schierz 2008, S. 2ff). Aufgrund des vorhandenen Forschungsbedarfs bei Human Centric Lighting (vgl. Plischke 2016, S. 217f) ist dies jedoch nur unter Vorbehalt zu empfehlen.

Als abschließend präventive Handlungsmaßnahme ist zu empfehlen, vor einer Umstrukturierung des Büros weitere Beurteilungen und Mitarbeiterbefragungen als Messinstrumente einzusetzen (vgl. Schüle 2013, S. 7f). So können weitere Gefährdungen aufgedeckt und die Beschäftigten in den Planungsprozess einbezogen werden; Zufriedenheit und individuelle Präferenzen bei Lichtfarben und Beleuchtungsstärken können somit ermittelt werden.

8. Schlussbetrachtungen: Diskussion und Limitationen

Im Hinblick auf die Erhebung der Ergebnisse, deren Vollständigkeit und die Umsetzungsmöglichkeiten der vorgeschlagenen Handlungsmaßnahmen sind Limitationen zu beachten.

Zunächst ist die Vollständigkeit der Checkliste zu nennen, die vom Arbeitsschutzportal übernommen wurde. Bei der Formulierung einzelner Items wurden unpassende Zusammenfassungen erkannt: Item 1 vereint Aspekte der künstlichen und Tageslichtbeleuchtung, obgleich diese Bereiche getrennt zu beurteilen sind. Ebenso konnten Fragen nach der Blendungsvermeidung in den Items 7 bis 9 nur schwer differenziert werden. Daher sind die Ergebnisse der Erhebung nicht anhand einzelner Items, sondern im Gesamtkontext zu interpretieren. Für zukünftige Messungen sollten Checklisten verwendet werden, die im Zuge der Erhebung und Auswertung keine Nachbesserungen benötigen.

Da es sich bei der orientierenden Messung um eine einmalige Erfassung der Beleuchtungsstärken zu einem Zeitpunkt im Juli 2016 handelte, konnten keine allgemeingültigen Ergebnisse ermittelt werden, die repräsentativ auf das ganze Jahr angewendet werden können. Um ein repräsentatives Messergebnis und den Bedarf an variierenden Beleuchtungssituationen darstellen zu können, wären Messungen und Beurteilungen an verschiedenen Tages- und Jahreszeiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Tageslichteinstrahlung angezeigt. Trotzdem können die erhobenen Messwerte der Beleuchtungsstärke als Anhaltspunkt für allgemein unzureichende Beleuchtungsbedingungen herangezogen werden.

Allerdings konnten aufgrund des Mangels an Messgeräten und anderer Ressourcen nicht alle Parameter der Beleuchtung objektiv erfasst werden; der Tageslichtquotient, der Farbwiedergabeindex und Leuchtdichteunterschiede waren daher nicht objektiv messbar, weshalb die Empfehlungen sich vorrangig auf die Beleuchtungsstärke, den Blendschutz und die Anordnung der Beleuchtung und Arbeitsplätze beziehen konnten.

Vorschläge im Kontext des Human Centric Lighting können ohne Hilfe eines geschulten Beleuchtungsexperten und angesichts des Schulungs- und Forschungsbedarfs nicht ohne umfassendere Beurteilungen und Untersuchungen praktisch angewendet werden. Zudem

findet sich aktivierende Beleuchtung in der Gesetzgebung noch nicht etabliert (vgl. Plischke 2015, S. 52; Plischke 2016, S. 202ff). Stattdessen kann lediglich darauf verwiesen werden, bei zukünftiger Planung den individuellen Beleuchtungsbedarf der Beschäftigten entlang variierender Tageszeiten zu berücksichtigen. Diesbezüglich könnten Erhebungen über Wohlbefinden und der Präferenzen der Beschäftigten durchgeführt werden.

Weiterhin sollte beachtet werden, dass in dieser Arbeit lediglich ein Aspekt der Arbeitsumgebung untersucht wurde. Viele der am Bildschirmarbeitsplatz auftretenden Beschwerden äußern sich als unspezifische Symptome in Form von Kopfschmerzen oder Beschwerden des Skeletapparates (vgl. Nold et al. 2006, S. 199). Demzufolge ist von einer Multikausalität auszugehen, in deren Zuge nicht alle möglichen Beschwerden allein auf mangelhafte Beleuchtung zurückzuführen sind. Um Aspekte wie Arbeitsmittelgestaltung, Lärm, Klima oder psychische Belastungen allumfassend zu beurteilen und ein sicherheits- und gesundheitsgerechtes Arbeitsumfeld zu schaffen, wären zukünftig weitere Untersuchungen angezeigt.

9. Fazit

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurde behandelt, inwieweit Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz angesichts der immer wichtiger werdenden Arbeit am Computer in deutschen Büros (vgl. GUV 2004, S. 6) gesundheitsgerecht gestaltet sein muss; Licht ist für das visuelle Leistungsvermögen und die Stabilisierung des Tag-Nacht-Rhythmus von Bedeutung und kann Wohlbefinden und Produktivität am Arbeitsplatz maßgeblich beeinflussen (vgl. Plischke 2016, S. 201ff). Die Einhaltung arbeitswissenschaftlich begründeter, gesetzlicher Mindestvorschriften ist allgemein sowie vor dem Hintergrund der Zunahme alternder Belegschaft zu beachten, da aus den physiologischen Veränderungen im Alter erhöhte Anforderungen an die Beleuchtung resultieren (vgl. RKW-Kompetenzzentrum 2011, S. 14ff). Die Entwicklung von Beleuchtungskonzepten zeigt zudem, dass die Beleuchtungsindustrie von rein quantitativer Allgemeinbeleuchtung abweicht und individualisierte, steuerbare Beleuchtung an Wichtigkeit gewinnt (vgl. Ganslandt et al. 1992, S. 25). Das Human Centric Lighting bietet Ansätze einer auf den Menschen abgestimmten, aktivierenden Beleuchtung, weist jedoch noch Schulungs- und Forschungsbedarf auf (vgl. Plischke 2016, S. 202ff).

Aufbauend auf den Informationen über Gütekriterien und Lichtwirkungen konnte anhand der beispielhaft durchgeführten Gefährdungsanalyse gezeigt werden, dass die Beleuchtung im ausgewählten Büro nicht den Mindestvorschriften entsprach. Insbesondere mit Blick auf die 54-jährige Beschäftigte konnten niedrige Beleuchtungsstärken und mangelnde Blendungsbegrenzungsmaßnahmen an einer zum Bildschirmarbeitsplatz umfunktionierten

Empfangstheke aufgezeigt werden. Außerdem wurde eine eingeschränkte Tageslichtnutzung der übrigen Arbeitsplätze gesichtet; Beeinträchtigungen des Sehens und Wohlbefindens sind somit nicht auszuschließen (vgl. DGUV 2015a, S. 12ff; Licht.de 2010, S. 17ff).

Diesbezüglich konnte die Wichtigkeit von Gefährdungsanalysen verdeutlicht werden; repräsentativen Erhebungen zufolge wird die gesetzlich vorgeschriebene Beurteilung und ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen in deutschen Büros nicht flächendeckend umgesetzt (vgl. Neuthinger 2010). Zudem konnte der Bedarf der Anpassung von Arbeitsbedingungen an die Bedürfnisse älterer Beschäftigter beispielhaft aufgezeigt werden.

Unter Berücksichtigung der Konkretisierungen gesetzlicher Vorschriften in Arbeitsstättenregeln und Berufsgenossenschaftlichen Informationen wurden Vorschläge zur Verbesserung der Beleuchtungssituation generiert: Hierzu gehörten die Entfernung von Blendquellen und fehlerhafter Leuchten zugunsten einer höheren Beleuchtungsstärke. Weiterhin wurde eine teilflächenbezogene Beleuchtung mit individueller Arbeitsplatzbeleuchtung explizit für die ältere Beschäftigte empfohlen. Schließlich wurde ein alternatives Beleuchtungskonzept angeregt, bei dem ein weiterer Arbeitsplatz mit angemessener Zusatzbeleuchtung gegenüber der Theke installiert wurde. Die übrigen Arbeitsplätze wurden mit paralleler Blickrichtung zu den Fenstern zur bestmöglichen Tageslichtnutzung ausgerichtet.

Es ist festzuhalten, dass es sich bei der durchgeführten Beurteilung lediglich um eine orientierende Messung handelte; obgleich mehrere unzureichend erfüllte Gütekriterien der Beleuchtung aufgedeckt werden konnten, die der Maßnahmenableitung dienen, sind weitere Beurteilungen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten angezeigt. Um die nicht objektiv gemessenen Gütekriterien fachgerecht beurteilen zu können, ist das Hinzuziehen eines Beleuchtungsexperten nötig. Zudem sind neben der Beleuchtung weitere Belastungsfaktoren am Bildschirmarbeitsplatz zu beurteilen, die im Rahmen dieser Arbeit nicht beurteilt wurden. Aufgrund des aktuellen Schulungs- und Forschungsbedarfs bei Konzepten mit Human Centric Lighting (vgl. Plischke 2016, S. 202ff) können gezielte Beleuchtungsmaßnahmen lediglich unter Vorbehalt empfohlen werden; dahingehend sind zukünftige Erkenntnisse über und Entwicklungen von Beleuchtungskonzepten abzuwarten.

Abschließend ist zu konstatieren, dass gesundheitsförderliche Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung nicht nur gesetzlichen Mindestvorschriften entsprechen muss, sondern stets dem individuellen Lichtbedarf, Alter und Präferenzen der Beschäftigten angepasst werden sollte. Gefährdungsanalysen, die unzureichende Beleuchtungsbedingungen aufdecken, sollten dazu anregen, Beleuchtungsplanung auf diesem individuellen Grundsatz aufzubauen, um Wohlbefinden und Produktivität der Beschäftigten zu fördern.

10. Literatur- und Quellenverzeichnis

Arbeitnehmerkammer Bremen (Hrsg.) (2003): *Bildschirmarbeit und Gesundheitsrisiken: Argumente für ergonomisch gestaltete Bildschirmarbeit*. 3. überarbeitete Auflage September 2003. Online im Internet. URL: http://www.arbeitnehmerkammer.de/cms/upload/Downloads/Info_Mitbestimmung_und_Technologieberatung/Bildschirmarbeit_und_Gesundheitsrisiken.pdf [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) (1996): *Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit*. Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist. Bundesministerium der Justiz. Online im Internet. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbschg/gesamt.pdf> [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) (2004): *Verordnung über Arbeitsstätten*. Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 282 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist. Bundesministerium der Justiz. Online im Internet. URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbstaettv_2004/gesamt.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Arbeitsschutz-Portal (Hrsg.) (2015): *Checkliste zur Beurteilung der Arbeitsplatzbeleuchtung*. Online im Internet. URL: <http://www.arbeitsschutz-portal.de/multimedia/pdf/beleuchtung-checkliste.pdf> [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Arbeitsschutz-Portal (2016): *Über uns*. Online im Internet. URL: http://www.arbeitsschutz-portal.de/beitrag/asp_info/1/ueber_uns.html [Letzter Zugriff: 27.10.2016].

Badura, Bernhard; Walter, Uta; Hehlmann, Thomas (Hrsg.) (2010): *Betriebliche Gesundheitspolitik. Der Weg zur gesunden Organisation*. 2. Auflage. Berlin/Heidelberg: Springer.

Bartenbach, Christian; Danler, Andreas; Groß, Judith (2010): *12. Licht: Beleuchtung von Büroarbeitsplätzen. Grundlagen und Beispiele. Eine Information des buero-forum*. Online im Internet. URL: http://www.buero-forum.de/uploads/media/12_Licht_01.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Bildschirmarbeitsverordnung (BidscharbV) (1996): *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten*. Bildschirmarbeitsverordnung vom 4. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1841, 1843), die zuletzt durch Artikel 429 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist. Bundesministerium der Justiz. Online im Internet. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bidscharbv/gesamt.pdf> [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Bögel, Jan; Frerichs, Frerich (2011): *Betriebliches Alters- und Alternsmanagement: Handlungsfelder, Maßnahmen und Gestaltungsanforderungen*. Hamburg: Books on Demand.

Bundesagentur für Arbeit, Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung (2015): *Der Arbeitsmarkt in Deutschland - Ältere am Arbeitsmarkt*. Online im Internet. URL: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Personengruppen/generische-Publikationen/Aeltere-amArbeitsmarkt-2014.pdf> [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA (Hrsg.) (2008): *Alles grau in grau? Älter werdende Belegschaften und Büroarbeit*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online im Internet. URL: https://www.uni-augsburg.de/projekte/gesundheitsmanagement/downloadverzeichnis/alles_grau_in_grau.pdf [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA (2011): *Technische Regeln für Arbeitsstätten: ASR A3.4 - Beleuchtung*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online im Internet. URL: http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A3-4.pdf?__blob=publicationFile&v=5 [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2016a): *Begriffe*. Online im Internet. URL: <http://www.gefaehrungsbeurteilung.de/de/einstieg/definition/begriffe> [Letzter Zugriff: 27.10.2016].

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2016b): *Gefährdungsbeurteilung*. Online im Internet. URL: <http://www.gefaehrungsbeurteilung.de/de/service/glossar/glossary/gefaehrungsbeurteilung> [Letzter Zugriff: 27.10.2016].

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA (2016c): *Ratgeber zur Gefährdungsbeurteilung: Handbuch für Arbeitsschutzfachleute*. 2. aktualisierte Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online im Internet. URL: http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbuchreihe/Gefaehrungsbeurteilung.pdf?__blob=publicationFile&v=36 [Letzter Zugriff: 13.06.2016].

Cakir, Ahmet Emin; Cakir, Gisela (1998): *Eine Untersuchung zum Stand der Beleuchtungstechnik in deutschen Büros*. 3., erweiterte Auflage. Berlin: Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung. Online im Internet. URL: <http://ergonomic.de/wp-content/uploads/2015/03/lichtundgesundheit1998.pdf> [Letzter Zugriff: 04.08.2016].

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV (2010): *Aus der Arbeit des IAG: Arbeitsplatzgestaltung für ältere Arbeitnehmer*. Ausgabe 11/2010. Berlin: DGUV. Online im Internet. URL: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/iag3016.pdf> [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV (2013): *DGUV-Information 215-442: Beleuchtung im Büro: Hilfen für die Planung der künstlichen Beleuchtung in Büroräumen*. Berlin: DGUV. Online im Internet. URL: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi856.pdf> [Letzter Zugriff: 01.07.2016].

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. DGUV (Hrsg.) (2015a): *DGUV Information 215-410: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze: Leitfaden für die Gestaltung*. Berlin: DGUV. Online im Internet. URL: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Themen/Bildschirm_und_Bueroarbeit/DGUV_Information_215_410_Bildschirm_und_Bueroarbeitsplaetze.pdf?__blob=publicationFile&v=16 [Letzter Zugriff: 01.07.2016].

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. DGUV (Hrsg.) (2015b): *DGUV Information 250-007: DGUV Grundsatz für arbeitsmedizinische Untersuchungen „Bildschirmarbeitsplätze“ G 37 (mit Kommentar)*. Berlin: DGUV. Online im Internet. URL: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi785.pdf> [Letzter Zugriff: 26.09.2016].
Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und RWA e. V. (FVLR) (2004): *Tageslicht*. Online im Internet. URL: http://www.schoenfeld.elearnportal.de/fotografie/optik/http___www.fvlr.de_tageslicht.pdf [Letzter Zugriff: 14.08.2016].

Ganslandt, Rüdiger; Hofmann, Harald (1992): *Handbuch der Lichtplanung*. ERCO Leuchten GmbH. Wiesbaden: Vieweg. Online im Internet. URL: <http://media4.heinze.de/media/60189/pdf/15230933px595x841.pdf> [Letzter Zugriff: 23.08.2016].

Geißler-Gruber, Brigitta; Rinninsland, Gudrun; Geißler, Heinrich; Schlünkes, Holger; Bökenheide, Torsten (2004): *Der Anerkennende Erfahrungsaustausch: Das neue Instrument für die Führung*. Frankfurt am Main: Campus-Verlag.

Gesetzliche Unfallversicherung (GUV) (2004): *Sichere und gesundheitsgerechte Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen*. Online im Internet. URL: http://ergonomic.de/wp-content/uploads/2015/03/guvi_8566.pdf [Letzter Zugriff: 13.06.2016].

Grifka, Joachim; Tingart, Markus; Hofbauer, Reinhold; Peters, Thomas (2002): Der Büro-bildschirmarbeitsplatz aus orthopädisch-arbeitsmedizinischer Sicht. In: *Der Orthopäde - Zum Thema: Arbeitsmedizin*. 31 (10). S. 1015-1022.

Helbig, Hannah (2011): *Studie: Auswirkung von Licht auf die Leistungsfähigkeit von Schülern*. Online im Internet. URL: http://www.osram.de/osram_de/news-und-wissen/die-biologische-wirkung-des-lichts---licht-ist-lebensqualitaet/wissenschaftliche-studien-zur-biologischen-wirkung-des-lichts/studie-zur-auswirkung-von-licht-auf-die-leistungsfahigkeit-von-schuelern/index.jsp [Letzter Zugriff: 27.10.2016].

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) (2010). *Blendung – Theoretischer Hintergrund. Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV*. Verfügbar unter: http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/strahl/pdf/blendung_theorie.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Kreizberg, Kurt (2016): *Schnelleinstieg Arbeitsschutzrecht: Die wichtigsten Themen von A - Z*. Landsberg am Lech: ecomed-Storck.

Licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hrsg.) (2009): *licht.wissen 05: Industrie und Handwerk*. Online im Internet. URL.: http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen05_Industrie_und_Handwerk.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hrsg.) (2010): *licht.wissen 19: Wirkung des Lichts auf den Menschen*. Online im Internet. URL: http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen19_Gesundheit.pdf [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hrsg.) (2011): *licht.wissen 06: Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient*. Online im Internet. URL: http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/Lichtwissen06_Shopbeleuchtung.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].
Luck, Helmut (2009): Der Hawthorne-Effekt - ein Effekt für viele Gelegenheiten? In: *Gruppendynamik und Organisationsberatung*. 40 (1). S. 102-114.

Nationale Arbeitsschutzkonferenz Leitlinie (2015): *Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation: Arbeitsschutz gemeinsam anpacken*. Online im Internet. URL: http://www.gda-portal.de/de/pdf/Leitlinie-Gefaehrdungsbeurteilung.pdf?__blob=publicationFile&v=9 [Letzter Zugriff: 15.02.2014].

Neuthinger, Eva-Maria (2010): Ergonomie am Arbeitsplatz. In: *Arbeitssicherheitsjournal 2010*. 6 - 9 (5). Online im Internet. URL: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/library/document/4924348/drucken> [Letzter Zugriff: 13.06.2016].

Nold, Annette; Bochmann, Frank (2006): Gesundheitsgefahren im Büro: Mögliche Erkrankungen durch Innenraumluft. In: *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*. 66 (5). S. 199-202.

Martin, Peter (2007): Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz. In: *Computer und Arbeit 12/2007*. Frankfurt: Bund-Verlag. Online im Internet. URL: http://www.ergo-online.de/html/arbeitsplatz/arbeitsumgebung_beleuchtung/07_12_Beleucht.pdf [Letzter Zugriff: 13.06.2016].

Myers, David Guy (2008): *Psychologie*. 2. Auflage 2008. Wiesbaden: Springer.

Plischke, Herbert (2015): Beleuchtung - Human Centric Lighting. In: Seidler; Euler; Letzel; Nowak (Hrsg.) (2015): *Gesunde Gestaltung von Büroarbeitsplätzen. Arbeitsmedizinische Aspekte, physikalische Einflussfaktoren, Gefahrstoffexposition, Organisationsformen*. Landsberg am Lech: ecomed MEDIZIN. S. 52-64.

Plischke, Herbert (2016): Präventive Umgebungsgestaltung mit Licht – Human Centric Lighting. In: Pohlmann, S. (Hrsg.) (2016): *Alter und Prävention*. Heidelberg: Springer. S. 201-219.

RKW Kompetenzzentrum (2011): *Wirtschaftsfaktor Alter: Körperliche Veränderungen verstehen - Angebote anpassen*. Eschborn: RKW Kompetenzzentrum. Online im Internet. URL: http://handwerk-owl.de/media/1394004591_wirtschaftsfaktor_alter.pdf [Letzter Zugriff: 16.05.2016].

Rudow, Bernd (2011): *Die gesunde Arbeit: Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung*. 2. Auflage. Oldenbourg: De Gruyter.

Rundnagel, Regine (2013): *Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach Arbeitsschutzgesetz*. Online im Internet. URL: http://www.ergo-online.de/site.aspx?url=html/gefaehrungsbeurteilung/grundlagen_und_anforderungen/beurteilung_der_arbeitsbeding.htm [Letzter Zugriff: 27.10.2016].

Schierz, Christoph (2008): Licht für die ältere Bevölkerung – physiologische Grundlagen und ihre Konsequenzen. In: *Licht 2008 : Ilmenau, 10. bis 13. September 2008 ; 18. Gemeinschaftstagung / [Veranst.]*. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. Berlin: Technische Universität Ilmenau. Online im Internet. URL: https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00016297/Licht2008_S.pdf [Letzter Zugriff: 04.10.2016].

Schüle, Ernest (2013): *Ermittlung physischer und psychischer Belastungen*. Deutsche Gesellschaft für Psychosoziale Gesundheitsförderung. Online im Internet. URL: http://dgp.de/_wordpress/wp-content/uploads/2014/08/20130713-Sch%C3%BCle_-Ermittlung-physischer-und-psychischer-Belastungen.pdf [Letzter Zugriff: 14.02.2015].

Siegmann, Silvester; Wittmann, Andreas (2009): Aus der Praxis für die Praxis: Begriffsklärung: Arbeitsplatzbeurteilung - Gefährdungsbeurteilung. In: *Praktische Arbeitsmedizin* 2009. 14 (59). S. 58-59.

Zumtobel Licht GmbH (Hrsg.) (2006): *LUXMATE EMOTION*. Online im Internet. URL: http://www.voltimum.de/sites/www.voltimum.de/files/de/others/X/2006060622782372006052459402006052429929569LUXMATE_Emotion.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

Zumtobel Licht GmbH (Hrsg.) (2014): *Licht für Büro und Kommunikation*. Online im Internet. URL: http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/de/AWB_Buero.pdf [Letzter Zugriff: 26.09.2016].

11. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Die Arbeit war in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung.

Hamburg, den 10.11.2016



Unterschrift

12. Anhang

Anhang A: Verwendete Checkliste.....	57
Anhang B: Selbst erstellte Grundrisse, Raumpläne, Graphiken und Tabellen auf der Grundlage der Messergebnisse.....	61
Anhang C: Selbst erstellte Fotos.....	67

Anhang A: Verwendete Checkliste.

Tabelle: Verwendete Checkliste des Arbeitsschutzportals. Quelle: Arbeitsschutzportal 2015.

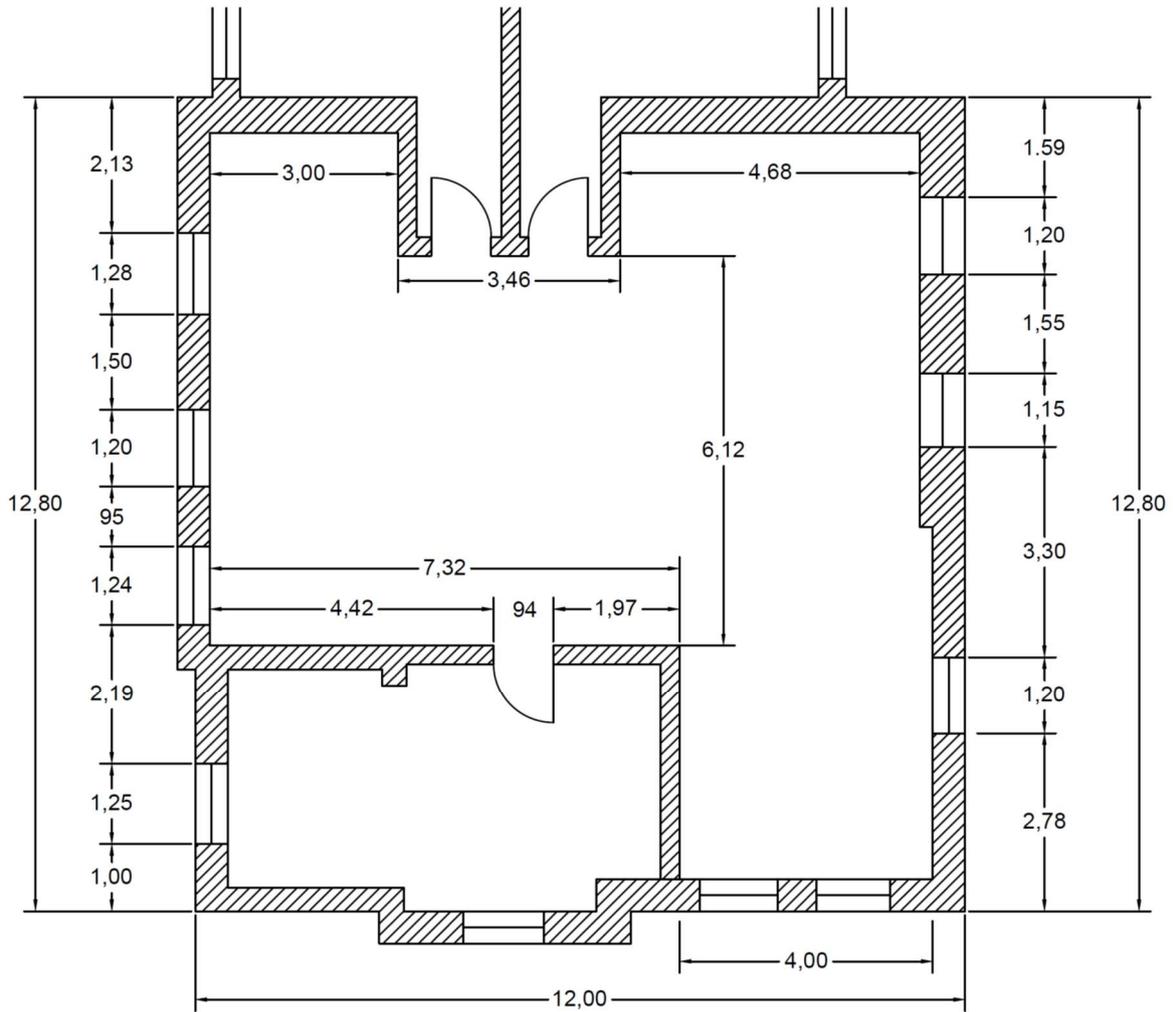
Checkliste zur Beurteilung der Arbeitsplatzbeleuchtung	+	-	Bemerkungen
<p>Item 1: Die Arbeitsräume erhalten ausreichend Tageslicht und sind mit Einrichtungen für eine der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz der Beschäftigten angemessenen künstlichen Beleuchtung ausgestattet</p> <p><i>Ausreichendes Tageslicht wird erreicht, wenn in Arbeitsräumen/Aufenthaltsräumen am Arbeitsplatz ein Tageslichtquotient größer als 2%, bei Dachoberlichtern größer als 4% erreicht wird oder das Verhältnis von lichtdurchlässiger Fläche (z.B. von Fenstern, Türen, Wänden, Dachoberlichtern) zur Raumgrundfläche mindestens 1:10 beträgt. Für Räume mit höheren Sehanforderungen ist von einem Verhältnis von 1:5 auszugehen.</i></p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>Item 2: Die Arbeitsplätze wurden möglichst fensternah angeordnet. Es erfolgt eine angemessene Nutzung des Tageslichts in Innenräumen.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>Item 3: Sichtverbindungen nach außen wurden auch bei Pausenräumen, indirekte Sichtverbindungen auch bei innenliegenden Räumen berücksichtigt.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wurde nicht berücksichtigt
<p>Item 4: Die Beleuchtung der Arbeitsstätte (inklusive Arbeitsmittel und Maschinenbeleuchtung) ist geeignet und angemessen für die jeweilige Arbeitsaufgabe und das individuelle Sehvermögen der Beschäftigten.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Checkliste zur Beurteilung der Arbeitsplatzbeleuchtung	+	-	Bemerkungen
Item 5: Individuelle Maßnahmen wie zusätzliche Arbeitsplatzbeleuchtung, Tageslichtlampen werden ermöglicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 6: Die Lichtfarbe ist neutralweiß oder tageslichtweiß, die Leuchten sind blend- und flimmerfrei (durch Vorschaltgeräte).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 7: Störende Blendwirkungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und den sonstigen Arbeitsmitteln werden durch optimierte Auslegung und Anordnung der Beleuchtung vermieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 8: Die Bildschirmarbeitsplätze sind so eingerichtet, dass leuchtende oder beleuchtete Flächen keine Blendung verursachen und Reflexionen auf dem Bildschirm soweit wie möglich vermieden werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 9: Die Bildschirm ist parallel zum Fenster ausgerichtet, die Deckenleuchten sind seitlich vom Arbeitstisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 10: Im Büro entspricht der Farbwiedergabeindex mindestens Ra=80, für anspruchsvolle Sehaufgaben Ra=90	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 11: Durch zweckmäßige Anordnung der Fenster und Oberlichter sowie der Leuchten im Raum wird für eine ausgewogene Helligkeitsverteilung und eine günstige Lichtrichtung gesorgt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 12: Die Leuchtdichteunterschiede zwischen hellster und dunkelster Fläche in der näheren Arbeitsumgebung (zwischen Bildschirm, Wand und Arbeitstisch) betragen höchstens 3:1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 13: Die Leuchtdichteunterschiede im weiteren Blickfeld zwischen Arbeitsfläche und weiterer Umgebung höchstens 10:1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

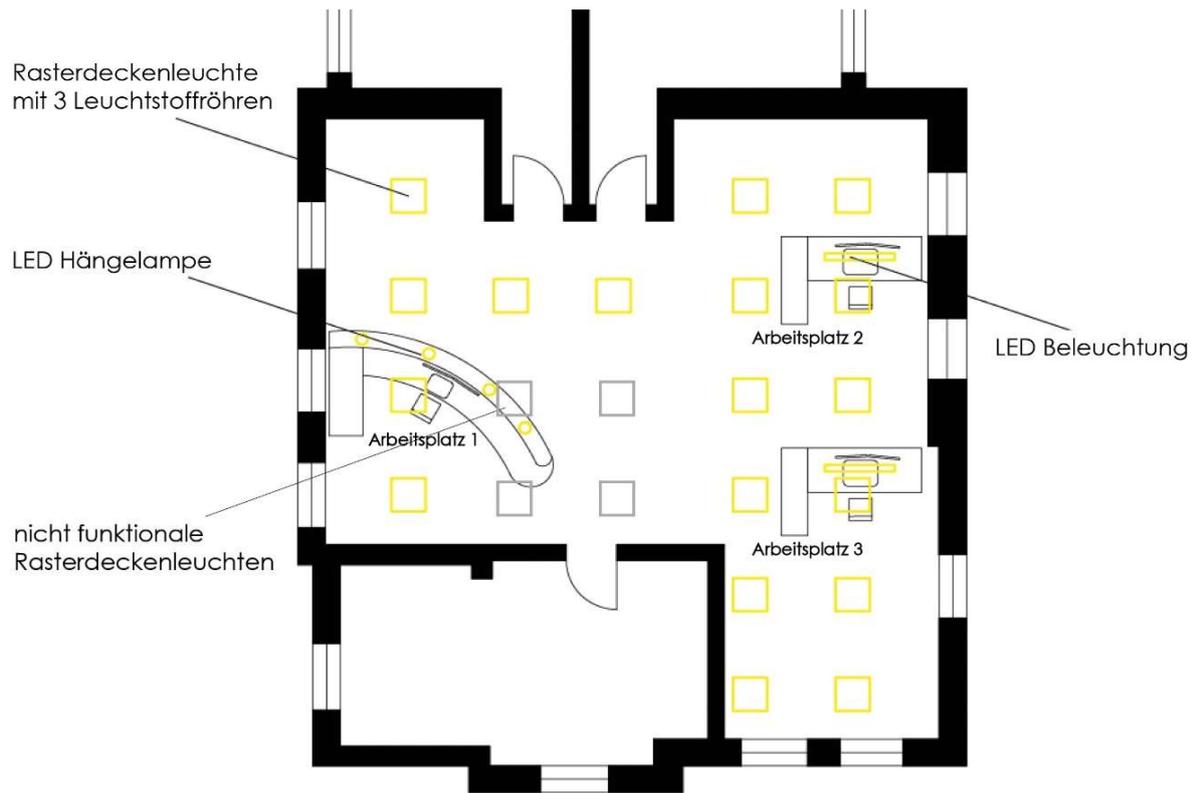
Checkliste zur Beurteilung der Arbeitsplatzbeleuchtung	+	-	Bemerkungen
Item 14: Die regelmäßige Wartung, Reinigung und Mängelbeseitigung der Beleuchtungsanlage, wie z.B. der Fenster, Dachoberlichter, Lampen und Leuchten, und der Räume ist gewährleistet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 15: Störende Schatten im Arbeitsbereich und auf Verkehrswegen werden verhindert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 16: Die Fenster müssen mit einer geeigneten verstellbaren Lichtschutzvorrichtung ausgestattet sein, durch die sich die Stärke des Tageslichteinfalls auf den Bildschirmarbeitsplatz vermindern lässt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 17: Sofern erforderlich, wurde die jeweilige Maschine oder das Arbeitsmittel vom Hersteller mit einer den Arbeitsgängen entsprechenden Beleuchtung ausgestattet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wurde nicht berücksichtigt
Item 18: Es wird berücksichtigt, dass im Laufe der Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage die projizierte Beleuchtungsstärke durch Alterung, Verschmutzung und Lampenausfall sinkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 19: Wenn durch Ausfall der Allgemeinbeleuchtung Gefährdungen zu befürchten sind, werden nachleuchtende Flucht und Rettungswegschilder angebracht, eine Sicherheitsbeleuchtung und/oder ein Sicherheitsleitsystem installiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wurde nicht berücksichtigt
Item 20: Decken, Wände, Arbeitsflächen und Mobiliar sind mit hellen gedeckten Farben, Arbeitsmittel mit matten Oberflächen, Böden mit dunkleren Farben versehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 21: Leuchtstofflampen mit sichtbarem Flimmern/Flackern werden umgehend ersetzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 22: Die arbeitsmedizinische Angebotsvorsorge DGUV G 37 wird im Falle von Bildschirmtätigkeit vom Arbeitgeber aktiv schriftlich angeboten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Checkliste zur Beurteilung der Arbeitsplatzbeleuchtung	+	-	Bemerkungen
Item 23: Die Beleuchtung für Außengelände, Parkplätze, Tiefgarage entspricht mindestens der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR A 3.4).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wurde nicht berücksichtigt
Item 24: Beleuchtungsmessungen werden regelmäßig sowie anlassbezogen veranlasst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 25: Die Beschaffung neuer Beleuchtungsmittel erfolgt in Rücksprache mit der Fachkraft für Arbeitssicherheit, dem Betriebsarzt, externen Experten, der Mitarbeitervertretung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Item 26: Bei Dämmerung werden im Außenbereich Warnwesten bzw. reflektierende Kleidung getragen, Verkehrswege farblich deutlich gekennzeichnet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wurde nicht berücksichtigt
Item 27: Eine Regelung für das Einschalten von Licht (Fahrzeuge) auf dem Betriebsgelände wurde getroffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wurde nicht berücksichtigt

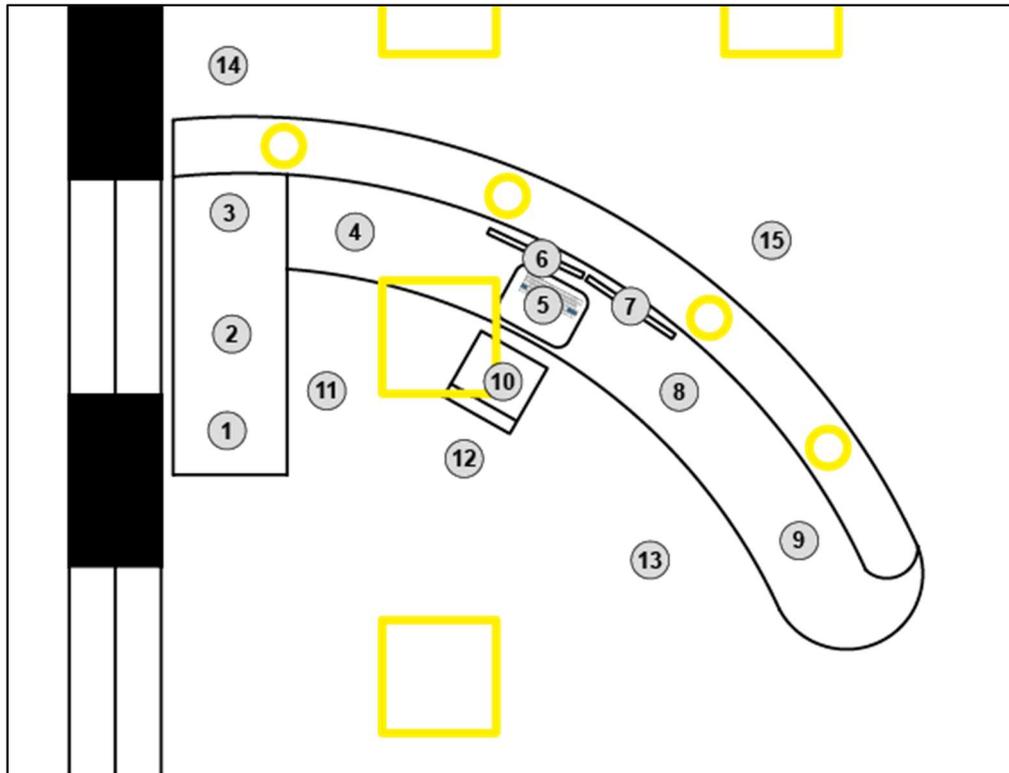
Anhang B: Selbst erstellte Grundrisse, Raumpläne, Graphiken und Tabellen auf der Grundlage der Messergebnisse.



Grundriss des Büroraums mit erhobenen Raummaßen. Quelle: Eigene Darstellung.



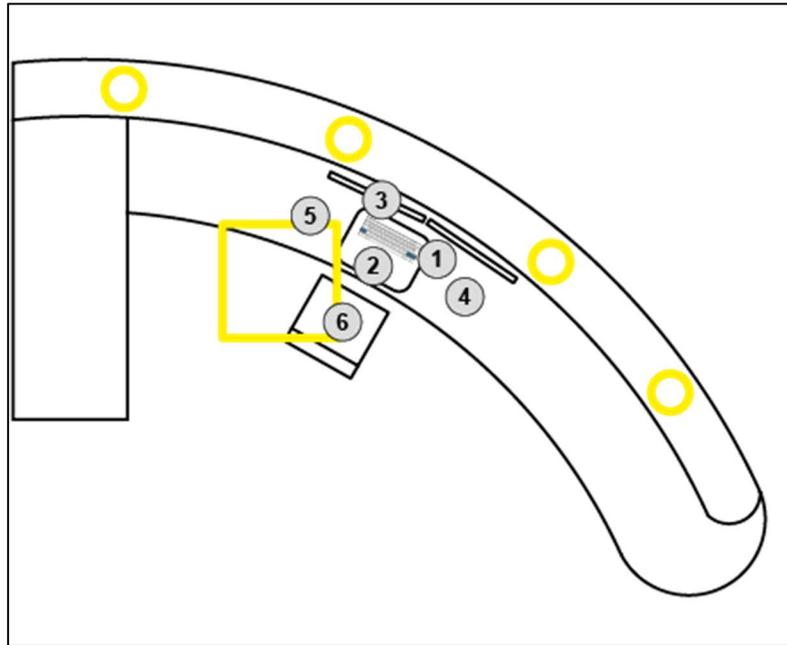
Ausrichtung von Arbeitsplatz 1, 2 und 3 und die Positionierung der Deckenleuchten und LED-Zusatzbeleuchtung. Quelle: Eigene Darstellung.



Allgemeine Messpunkte an Arbeitsplatz 1 und Arbeitsumgebung. Quelle: Eigene Darstellung.

Gemessene Beleuchtungsstärken mit und ohne künstliche Beleuchtung an Arbeitsplatz 1 mit zusätzlicher Differenz und errechneten Mittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung.

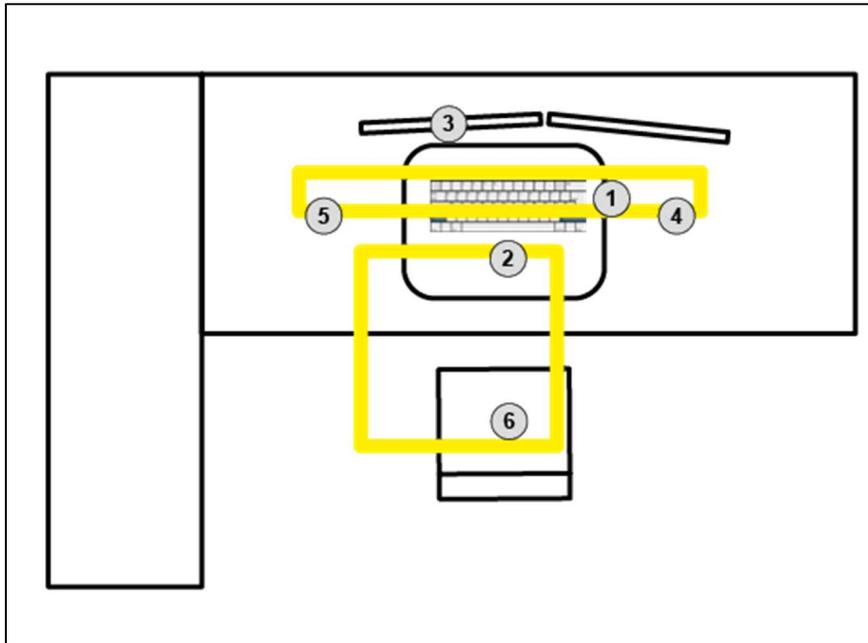
Messpunkt	Mit künstlicher Beleuchtung (lx)	Ohne künstliche Beleuchtung (lx)	Differenz (lx)
1	450	56	394
2	350	53	297
3	301	43	258
4	358	30	328
5	323	16	307
6	495	23	472
7	280	30	250
8	233	21	212
9	275	16	259
10	330	22	208
11	280	20	260
12	380	25	355
13	320	22	298
14	380	27	353
15	350	24	326
Mittlere Beleuchtungsstärke	365	29	305



Messpunkte an Arbeitsplatz 1 im Arbeitsbereich. Quelle: Eigene Darstellung.

Gemessene Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von Arbeitsplatz 1 mit errechneter Differenz zwischen künstlicher und Tageslichtbeleuchtung und Mittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung.

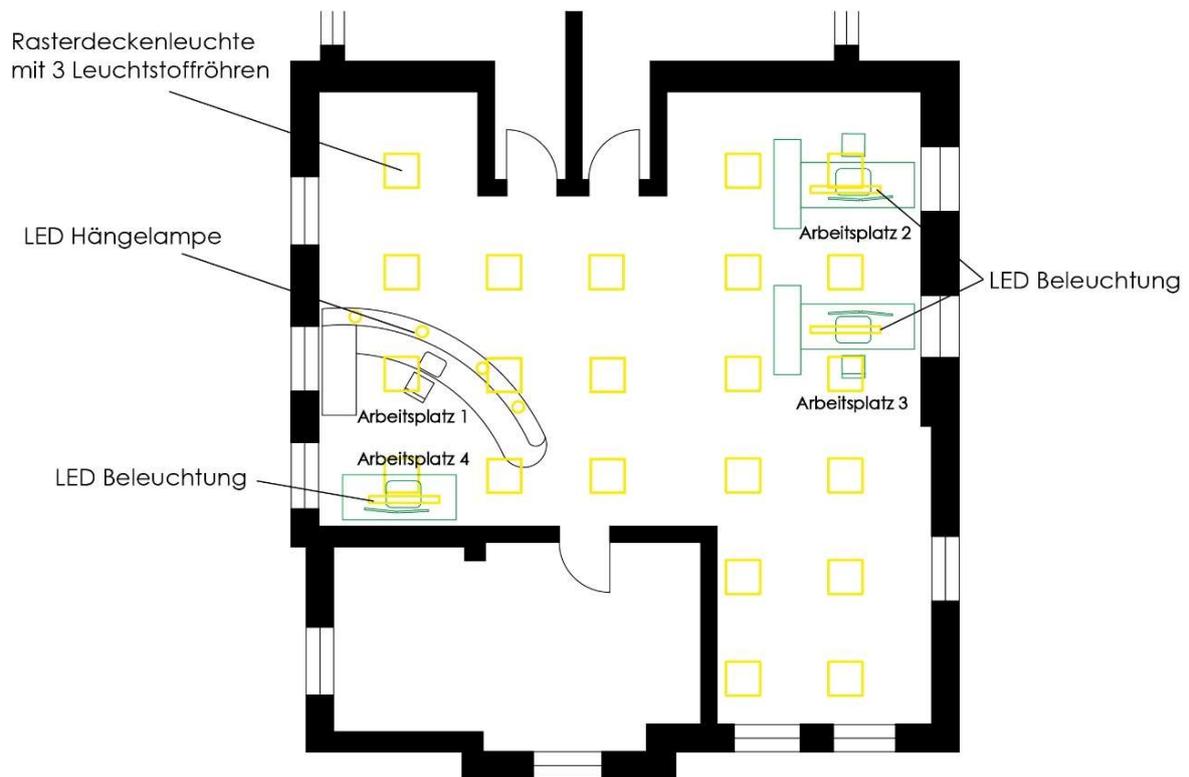
Messpunkt	Künstliche Beleuchtung ohne Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung mit Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung ausgeschaltet (lx)	Differenz Künstliche Beleuchtung ohne Zusatz – ausgeschaltet	Differenz Künstliche Beleuchtung mit Zusatz – ausgeschaltet
Neben Tastatur (1)	239	399	20	219	379
Vor Tastatur (2)	291	426	16	275	410
Auf Bildschirmhöhe (3)	316	368	23	293	345
Neben Bildschirm (rechts) (4)	173	269	21	152	248
Neben Bildschirm (links) (5)	242	419	30	212	389
Bezugsebene (75 cm Höhe) (6)	320	330	22	298	208
Mittlere Beleuchtungsstärke	263	368	22	242	330



Messpunkte an Arbeitsplatz 2 im Arbeitsbereich. Quelle: Eigene Darstellung

Gemessene Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von Arbeitsplatz 2 mit errechneter Differenz zwischen künstlicher und Tageslichtbeleuchtung und Mittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung.

Messpunkt	Künstliche Beleuchtung ohne Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung mit Zusatzbeleuchtung (lx)	Künstliche Beleuchtung ausgeschaltet (lx)	Differenz Künstliche Beleuchtung ohne Zusatz – ausgeschaltet	Differenz Künstliche Beleuchtung mit Zusatz – ausgeschaltet
Neben Tastatur (1)	177	1266	49	128	1217
Vor Tastatur (2)	274	1639	55	219	1584
Auf Bildschirmhöhe (3)	250	1571	35	215	1536
Neben Bildschirm (rechts) (4)	259	1281	43	216	1238
Neben Bildschirm (links) (5)	420	1414	163	257	1251
Bezugsebene (75 cm Höhe) (6)	406	1480	90	316	1390
Mittlere Beleuchtungsstärke (lx)	298	1442	73	225	1369

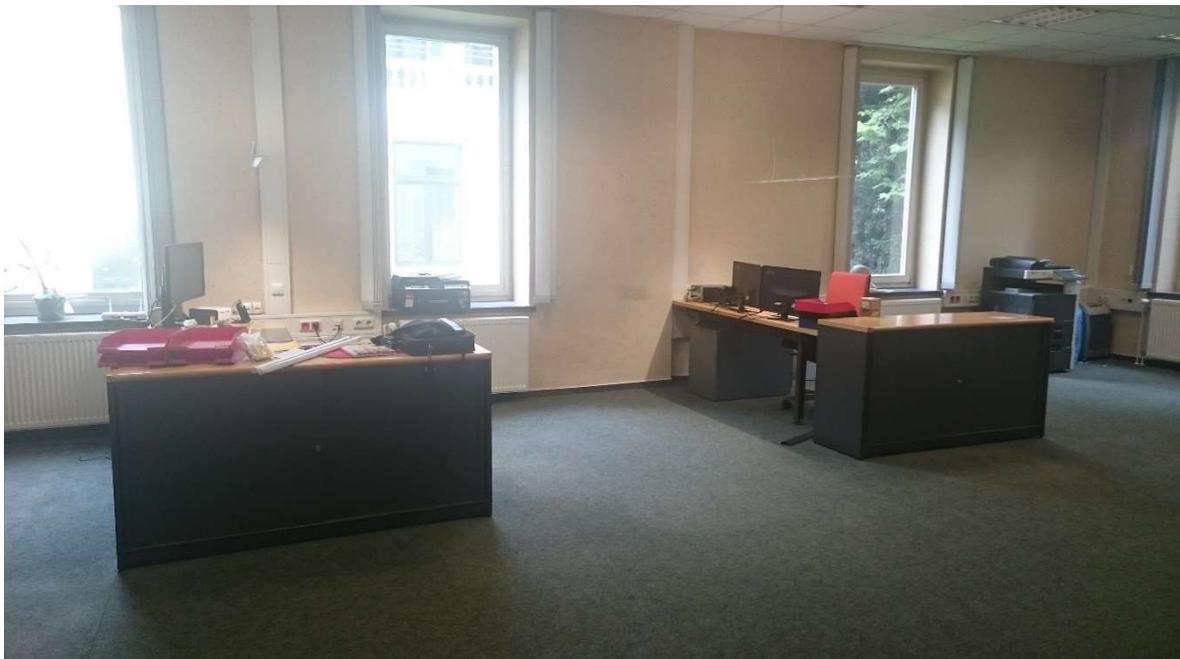


*Alternatives Raumkonzept: Installation eines vierten Arbeitsplatzes mit LED-Zusatzbeleuchtung und Tageslichtnutzung gegenüber der Theke. Umstellung von Arbeitsplatz 2 und 3 zur verbesserten Tageslichtnutzung.
Quelle: Eigene Darstellung.*

Anhang C: Selbst erstellte Fotos.



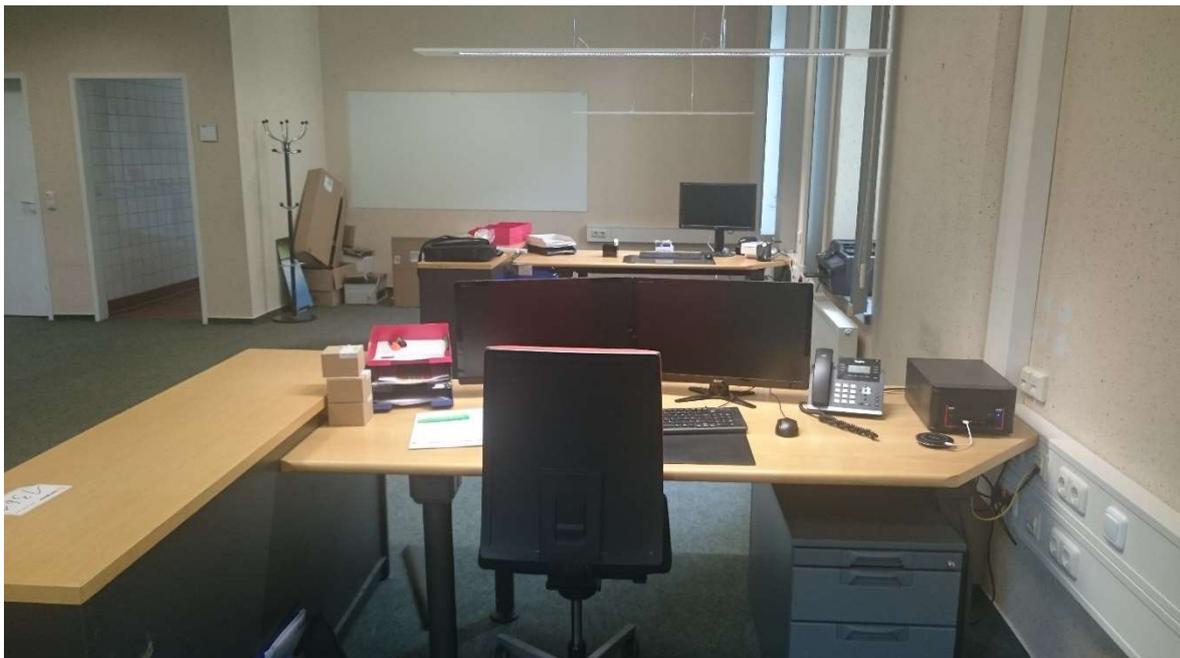
Arbeitsplatz 1. Quelle: Eigene Darstellung.



Ausrichtung von Arbeitsplatz 2 und 3 in Fensternähe. Quelle: Eigene Darstellung.



Nicht funktionsfähige Deckenleuchte. Quelle: Eigene Darstellung.



Zusätzliche Arbeitsplatzbeleuchtung an Arbeitsplatz 2 und 3. Quelle: Eigene Darstellung.



Hängeleuchten an Arbeitsplatz 1. Quelle: Eigene Darstellung.



Blendeffekte der Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 2 im Vergleich zur matten Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 3. Quelle: Eigene Darstellung.



Blendeffekte der Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 2 im Vergleich zur matten Schreibtischunterlage an Arbeitsplatz 3. Quelle: Eigene Darstellung.