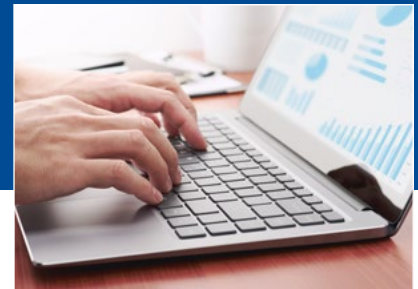


# Blaulichtexposition an Bildschirmgeräten

## Arbeitsmedizinische Hinweise für die Beratung bei der Gestaltung von Bildschirmarbeit



### Inhalt

1	Licht: Unterschiede zwischen künstlicher und natürlicher Beleuchtung .....	2
2	Welche Rolle spielt Licht für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit? .....	2
3	Was sind visuelle Wirkungen von Licht? .....	2
4	Was sind nicht-visuelle Wirkungen von Licht? .....	3
5	Von welchen Faktoren hängt die nicht-visuelle Wirkung von Licht auf den Menschen ab? Einfluss von Zeitpunkt, Lichtspektrum und Lichtintensität .....	3
6	Welche Wirkung hat der Blaulichtanteil der künstlichen Beleuchtung bei der Bildschirmarbeit? .....	4
7	Sind für die Bildschirmarbeit Sehhilfen mit speziellem Blaulichtfilter sinnvoll? .....	4
8	Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz. Welche Regeln sind einzuhalten? .....	5
9	Welche Empfehlung für die Beleuchtung zu verschiedenen Tageszeiten gibt es? .....	5
10	Was leistet arbeitsmedizinische Vorsorge zum Thema? .....	6
	Gesetzliche Grundlagen .....	6
	Wissenschaftliche Literatur .....	6
	Hilfreiche Links/Handlungshilfen .....	6

# 1 Licht: Unterschiede zwischen künstlicher und natürlicher Beleuchtung

Tageslicht ist der sichtbare Anteil der elektromagnetischen Strahlung, die als Sonnenlicht die Erde erreicht. Sie wird vom Menschen einfarbig/weiß wahrgenommen, obwohl es sich physikalisch um optische Strahlung eines Frequenzspektrums von 380 bis 780 nm handelt. Die Wellenlängen des Lichts bestimmen die Farbe, die das menschliche Auge wahrnimmt, wenn es die Retina trifft. Je kurzwelliger das Licht ist, umso höher ist der Energiegehalt der Strahlung. Tageslicht ändert je nach Tages- und Jahreszeit und Bewölkung Helligkeit, Richtung und Frequenzspektrum (also Farbe). Diese Veränderungen wirken stimulierend und synchronisierend auf die zirkadiane Rhythmik des Menschen, also seine innere Uhr.

Nachts, in der dunklen Jahreszeit und an vielen Arbeitsplätzen in Innenräumen werden durch künstliche Beleuchtung Lichtverhältnisse geschaffen, die den Unterschied zwischen Tag und Nacht verwischen bis vollständig aufheben. Dies kann erhebliche Auswirkungen auf die zirkadiane Rhythmik haben und damit auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Betroffenen. Gemäß Arbeitsstättenverordnung müssen Arbeitsplätze ausreichend Tageslicht erhalten und mit einer angemessenen künstlichen Beleuchtung versehen sein, deren Beschaffenheit sich an der Sehaufgabe orientieren muss.

Die Qualität künstlicher Beleuchtung wird von verschiedenen Parametern beschrieben, wie Lichtfarbe, Farbwiedergabe, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichteverteilung, Blendungsfreiheit. Das Frequenzspektrum künstlicher Beleuchtung weicht erheblich von dem des Sonnenlichts ab. Es bleibt im Tagesverlauf meist gleich und weist im Gegensatz zur natürlichen Beleuchtung keine Unterschiede in der Beleuchtungsstärke auf.

## 2 Welche Rolle spielt Licht für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit?

Licht ermöglicht das Sehen und damit die visuelle Erfassung von Informationen und Gefahren. Ausreichende Beleuchtung und zum Beispiel die Ausleuchtung von Gefahrstellen sind daher für die Arbeitssicherheit von großer Bedeutung. Daneben ruft Licht nicht-visuelle (melanopische) Wirkungen hervor. Über intrinsisch lichtempfindliche Ganglienzellen (ipRGC) in der Netzhaut des Auges werden zusätzlich zur visuellen Wahrnehmung Wirkungen auf physiologische Vorgänge im menschlichen Organismus ausgelöst. Unter anderem werden der biologische Rhythmus, die Schlafqualität und die psychische Befindlichkeit und damit das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und letztlich die Gesundheit der Betroffenen beeinflusst.

## 3 Was sind visuelle Wirkungen von Licht?

Von einem Gegenstand reflektiertes Licht, das im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts (zwischen 480 und 788 nm) liegt, wird zunächst durch die optischen Komponenten des Auges (Kornea, Augenlinse, Glaskörper) gebündelt und auf die Netzhaut projiziert. Die Lichtrezeptoren in der Netzhaut des Auges wandeln diese elektromagnetischen Wellen, also den Lichtreiz, in visuelle Nervenimpulse um, die mit dem Sehnerv über die Ganglienzellen ins Gehirn weitergeleitet werden. Die Gesamtheit der Nervenzellen, welche die Reize zum primären visuellen Cortex leiten, wird auch als Sehbahn bezeichnet. Im visuellen Cortex in der hinteren Schädelgrube findet die eigentliche Verarbeitung und Wahrnehmung statt.

Die Qualität der visuellen Wahrnehmung ist einerseits vom individuellen optischen Apparat der Person und andererseits von der Beleuchtung abhängig. Wichtige Parameter der Beleuchtung sind dabei: Lichtfarbe, Farbwiedergabe, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichteverteilung, Helligkeit (Beleuchtungsniveau), Blendungsbegrenzung, Objekterkennbarkeit und Blendungsfreiheit. Die Beleuchtungsstärke sollte der Sehaufgabe angepasst sein, also bei Aufgaben, die an die Sehleistung besondere Anforderungen stellen, entsprechend angepasst werden. Besonders beeinflusst wird die Sehleistung durch das Beleuchtungsniveau und die Blendung.

## 4 Was sind nicht-visuelle Wirkungen von Licht?

Neben den Lichtrezeptoren für die visuelle Wahrnehmung ist vor wenigen Jahren ein weiterer Rezeptortyp in der Netzhaut des Auges entdeckt worden. Diese Fotorezeptoren unterscheiden sich von den bekannten, für die visuelle Erfassung zuständigen Fotorezeptoren durch ihre spektrale Empfindlichkeit sowie spezielle Nervenpfade für die Weiterleitung der durch Licht ausgelösten Signale. Es handelt sich um melanopsinhaltige Ganglienzellen, die besonders sensibel auf Licht mit hohen Blauanteilen reagieren. Sie geben ihre Impulse nicht als visuelle Information über den Sehnerv ins Gehirn weiter, sondern als biologische Information an den suprachiasmatischen Nucleus im Gehirn. Von dort aus werden Informationen an Drüsen, Organe und Muskeln geleitet.

Durch die Anregung des Melanopsins in den retinalen Ganglienzellen wird bei Lichteinfall die Melatonin synthese in der Epiphyse unterdrückt. Melatonin wirkt beim Menschen schlaffördernd. Lichtexposition kann am Abend und in der Nacht die Sekretion von Melatonin ins Blut unterdrücken und damit dessen schlaffördernde Wirkung aufheben. Bei einem „normalen“ zirkadianen Rhythmus ist tagsüber praktisch kein Melatonin im Blut nachweisbar. Damit sind melanopsinhaltige Ganglienzellen der Taktgeber für die „innere Uhr“ des Menschen, also der Taktgeber für das Steuersystem, das die Körperfunktionen im 24-Stunden-Rhythmus koordiniert.

Durch das Tageslicht wird dieser Taktgeber täglich synchronisiert. Fehlendes Licht oder Licht mit hohem Blauanteil kann also die innere Uhr aus dem Takt bringen, mit Folgen für den Schlaf-Wach-Rhythmus sowie für Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Konzentration. Auch Einflüsse auf das Immunsystem, die Stimmungslage und den Stoffwechsel werden diskutiert. Insgesamt sind akute und langfristige Wirkungen durch eine Störung des zirkadianen Rhythmus zu unterscheiden.

## 5 Von welchen Faktoren hängt die nicht-visuelle Wirkung von Licht auf den Menschen ab? Einfluss von Zeitpunkt, Lichtspektrum und Lichtintensität

Jedes Licht, ob natürliches Tageslicht oder künstliche Beleuchtung, erzeugt eine nicht-visuelle Wirkung. Da diese von den melanopsinhaltigen Ganglienzellen, also den intrinsischen lichtempfindlichen Ganglienzellen (ipRGC) in der Netzhaut des Auges vermittelt wird und diese Fotorezeptoren besonders sensibel auf Licht mit hohen Blauanteilen reagieren, hat Licht mit einem hohen Blauanteil (Licht mit einer Wellenlänge um 490 nm) eine höhere biologische Wirksamkeit im Hinblick auf eine Beeinflussung des zirkadianen Rhythmus.

Moderne Beleuchtungssysteme, bei denen Beleuchtungsstärke und Lichtfarbe angelehnt an den Tageslichtverlauf gesteuert werden, unterstützen den biologischen Rhythmus des Menschen und haben damit positive Auswirkungen auf den Schlaf-Wach-Rhythmus sowie körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Tageslicht hat am Morgen und Abend einen höheren Rotanteil, während mittags der Blauanteil des Frequenzspektrums erhöht ist. Problematisch ist daher Licht hoher Intensität oder Licht mit erhöhtem Blauanteil, also Licht mit erhöhter nicht-visueller Wirkung, besonders dann, wenn es physiologisch nicht auftreten würde, also nachts. Durch zu viel Licht am Abend kann sich der zirkadiane Rhythmus so verschieben, dass Schlafstörungen auftreten können und dadurch mittelfristig ein Schlafdefizit entsteht.

Daneben ist die Dauer der Lichtexposition von Bedeutung. Die Kombination aus Höhe der Beleuchtungsstärke und Dauer der Einwirkung wird als Lichtdosis bezeichnet und kann als Maßeinheit zur Einschätzung der Wirkung genutzt werden. Auch hier gilt: je höher die Dosis, umso stärker die Wirkung. Allerdings tritt bei hohen Beleuchtungsstärken am Auge nach einer längeren Zeit eine gewisse Sättigung ein. Die Lichtwirkung ist nicht beliebig steigerbar. Das Ausmaß der aktivierenden Wirkung, die von Licht ausgelöst wird, ist also abhängig von der Tageszeit. Lichtexposition, die nicht der natürlichen Beleuchtung entspricht, also zum Beispiel in der Nacht oder am späten Abend, hat einen stärkeren Effekt und stört die biologische Uhr stärker als zum Beispiel am Tage.

## 6 Welche Wirkung hat der Blaulichtanteil der künstlichen Beleuchtung bei der Bildschirmarbeit?

Optische Strahlung, also Licht, kann bei intensiver Einwirkung das Auge schädigen. Dabei sind verschiedene photobiologische Schädigungen möglich, die unter anderem von der Wellenlänge und damit von Energieintensität und Eindringtiefe der optischen Strahlung abhängig sind. Hierzu zählen unter anderem die Linsentrübung durch UV-Bestrahlung oder die thermische Schädigung der Hornhaut. Bei der künstlichen Beleuchtung wird besonders die sogenannte „Blaulichtschädigung“ durch die Wirkung der sichtbaren Strahlung im blauen Spektralbereich im Zusammenhang mit der altersbedingten Makuladegeneration diskutiert.

Maßgeblich für die photobiologische Wirkung ist die von den Zellen effektiv absorbierte Strahlungsenergie. Da Licht im blauen Spektralbereich die höchste Strahlungsenergie des sichtbaren Lichts hat, ist es biologisch wirksamer, hingegen legen Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen nahe, dass rote Spektralanteile eher protektive Wirkung haben. Allerdings hängt das Ausmaß einer Schädigung neben dem Energiespektrum von der Bestrahlungsstärke und der Bestrahlungsdauer (also der Strahlungsdosis) sowie der spektralen Empfindlichkeit der biologischen Prozesse ab. Durch die photochemische Schädigung der Netzhaut können Photorezeptoren absterben und verschiedene chemische Prozesse zur Entstehung des altersabhängigen Makuladegeneration beitragen. Diese kann also durch den Blauanteil des sichtbaren Lichts verursacht werden. Dabei spielt die natürliche Beleuchtung durch Sonnenlicht die entscheidende Rolle. Derzeit wird diskutiert, ob moderne LED-Bildschirme, deren Spektren meist einen höheren Blaulichtanteil aufweisen, zu einer Blaulichtschädigung führen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Bildschirmarbeit oft viele Stunden am Tag ausgeübt wird und daher eine lange Einwirkzeit anzunehmen ist. Da die Fragestellung von großer Relevanz ist, ist sie Gegenstand vieler wissenschaftlicher Untersuchungen. Es wurden die Bewertungsgrößen, wie Spektralbereich, Leuchtdichte, Blaulicht bewertete Strahldichte, herangezogen. Zur Einschätzung der Gefährdung und praktischen Nutzung werden Lichtquellen in Risikogruppen von 0 bis 3 eingeteilt. Der Grenzwert, der für die Blaulichtschädigung (englisch Blue-Light-Hazard oder BLH) bewertete Strahldichte gilt, wurde entsprechend festgelegt. Lichtquellen der Gruppe 0 sind unter allen Umständen sicher. Bildschirme müssen in jedem Fall in die Gruppe 0 fallen. Die BLH-bewertete Strahldichte der im Büro üblichen LED-Bildschirme unterschreiten diesen Wert um das 290-Fache. **Das bedeutet also, dass heute verwendete LED-Bildschirme im Hinblick auf eine mögliche Blaulichtschädigung unter allen Umständen sicher sind, also im Hinblick auf die sogenannte „Blaulichtschädigung“ keine Gefährdung darstellen.**

## 7 Sind für die Bildschirmarbeit Sehhilfen mit speziellem Blaulichtfilter sinnvoll?

Die Beleuchtungsstärke wird in Lux (lx) gemessen. Sie gibt an, wie viel Licht, physikalisch genauer Lichtstrom, auf eine bestimmte Fläche fällt. An einem Bildschirmarbeitsplatz sollten es zum Beispiel 500 lx sein, an einem Arbeitsplatz mit erhöhten Anforderungen an das Sehorgan, also beispielsweise bei feinteiligen Montagearbeiten, sind bis zu 1.500 lx vorgeschrieben. Das natürliche Licht der Sonne weist erheblich höhere Beleuchtungsstärken auf. So liegt die Beleuchtungsstärke an einem klaren Sonnentag bei über 100.000 lx und selbst an einem bedeckten Wintertag werden noch 3.500 lx gemessen.

Die größte Blaulichtbelastung geht also von der natürlichen Beleuchtung durch Sonnenlicht aus. Im Hinblick auf derzeit vorliegende Ergebnisse ist die Nutzung von Sehhilfen mit speziellem Blaulichtfilter bei der Bildschirmarbeit nicht notwendig. Ob einzelne Beschäftigte bei bereits bekannter altersbedingter Makuladegeneration oder bei erblichem Fotorezeptorenschaden oder nach Katarakt-Operationen einen besonderen Schutz der Augen benötigen, kann nur individuell beurteilt werden. Dies bedarf gegebenenfalls der Abstimmung mit dem behandelnden Augenarzt oder der Augenärztin. Diese Beschäftigten benötigen dann den Schutz bei jeder, also besonders bei natürlicher Beleuchtung.

## 8 Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz. Welche Regeln sind einzuhalten?

Gemäß Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) hat der Unternehmer bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) die physischen und psychischen Belastungen sowie bei Bildschirmarbeitsplätzen insbesondere die Belastungen der Augen oder die Gefährdung des Sehapparats der Beschäftigten zu berücksichtigen. Gemäß Nr. 6.1 (8) des Anhangs der ArbStättV muss die Beleuchtung der Art der Arbeitsaufgabe entsprechen und an das Sehvermögen der Beschäftigten angepasst sein; ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung ist zu gewährleisten. Durch die Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes sowie Auslegung und Anordnung der Beleuchtung sind störende Blendungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und den sonstigen Arbeitsmitteln zu vermeiden. In der dazugehörigen Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 finden sich präzise Angaben zur Beleuchtung, zu den notwendigen Lichtwerten und zur Instandhaltung der Systeme.

Die richtige Beleuchtung im Büro dient der Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter. Eine ideale Arbeitsplatzbeleuchtung zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Ein der Sehaufgabe angemessenes Beleuchtungsniveau: Entscheidend dafür ist in erster Linie die Beleuchtungsstärke (gemessen in Lux). Neben der Beleuchtungsstärke ist dabei die Lichtreflexion von Decke, Fußboden und Wänden zu berücksichtigen.
- Gleichmäßige Leuchtdichteverteilung: Die Helligkeitsunterschiede zwischen Arbeitsplatz und Umgebung sollten nicht zu groß sein (maximal Faktor 3), um Blendung zu verhindern. Bei zu geringen Unterschieden – beispielsweise bei indirektem Licht – entsteht ein monotoner Raumeindruck, der ermüdend wirken kann.
- Begrenzung der Blendung: Direkte Blendung und Reflexblendung sind zu vermeiden.
- Gute Farbwiedergabe: Je höher die Farbwiedergabeeigenschaft der Lampe, desto besser werden die Körperfarben der beleuchteten Gegenstände wiedergegeben.
- Gemäß der Arbeitsstättenverordnung sollen alle Arbeitsräume möglichst ausreichend Tageslicht und eine Sichtverbindung nach außen haben. Die Fenster sollten daher entsprechend groß und günstig angeordnet sein. Bei Blendung können verstellbare Lichtschutzvorrichtungen Abhilfe schaffen.

## 9 Welche Empfehlung für die Beleuchtung zu verschiedenen Tageszeiten gibt es?

Beleuchtung am Arbeitsplatz hat erhebliche Auswirkungen auf den zirkadianen Rhythmus. Besondere Auswirkungen hat neben der Beleuchtungsstärke dabei das Frequenzspektrum der Beleuchtung. Je stärker die künstliche Beleuchtung in diesen Parametern dem natürlichen Tageslicht angepasst wird, umso weniger wird die Tagesrhythmik gestört. Aus diesem Grund empfiehlt es sich bei Beleuchtungskonzepten, bei denen künstliche Beleuchtung optimiert werden soll, dynamisches Licht einzusetzen. Dabei werden Beleuchtungsstärke, Lichtfarbe und/oder Lichtverteilung entsprechend der Tages- und Jahreszeit angepasst. So überwiegt zum Beispiel morgens der Rotanteil im Frequenzband des Sonnenlichts, während um die Mittagszeit der Blauanteil größer wird. Moderne Beleuchtungskonzepte passen die künstliche Beleuchtung diesen Gegebenheiten an.

Allerdings können bei Beleuchtungskonzepten auch andere Überlegungen einfließen. So kann eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke, besonders in Verbindung mit einer Erhöhung des Blauanteils des Lichts, zum Beispiel bei der Nacharbeit, aufmerksamkeitssteigernd wirken und die gefühlte Müdigkeit reduzieren. Zu ungünstigen Zeiten dagegen, also vor dem Schlafengehen, kann Licht mit höherem Blauanteil, besonders bei hoher Beleuchtungsstärke, das Einschlafen behindern.

## 10 Was leistet arbeitsmedizinische Vorsorge zum Thema?

Beschäftigte an Bildschirmarbeitsplätzen haben gemäß der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) ein Anrecht auf eine regelmäßige arbeitsmedizinische Vorsorge bei ihrem zuständigen Betriebsarzt oder ihrer Betriebsärztin als Angebotsvorsorge. Das bedeutet, die Beschäftigten können das Angebot annehmen oder es, ohne Rechtskonsequenzen befürchten zu müssen, ablehnen. Kern der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist das Beratungsgespräch, bei dem der Betriebsarzt oder die Betriebsärztin nach ausführlich erhobener Anamnese und unter Kenntnis der individuellen Arbeitsplatzverhältnisse Beschäftigte zu allen gesundheitlichen Fragen rund um ihren Arbeitsplatz berät und gegebenenfalls auf individuelle Gefährdungen hinweist.

Durch die Untersuchung des Sehvermögens unter Berücksichtigung des individuellen Arbeitsplatzes kann das Beratungsgespräch noch zielgerichteter gestaltet werden. Beschwerden am Arbeitsplatz werden erfragt und soweit möglich abgeklärt. Hier können dann auch Themen wie individuelle Blendungsempfindlichkeit, trockenes Auge oder Ähnliches besprochen werden.

### Gesetzliche Grundlagen

- Arbeitsstättenverordnung
- Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4
- Arbeitsschutzgesetz
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- Normen:
  - DIN EN 12464-1 „Arbeitsstätten in Innenräumen“
  - DIN 5035 „Beleuchtung mit künstlichem Licht“

### Wissenschaftliche Literatur

- Jan Krüger „Chancen und Risiken beim Einsatz künstlicher, biologisch wirksamer Beleuchtung in Arbeitsstätten“ (2017), in baua: Focus
- KAN (Kommission Arbeitsschutz und Normung) „Gesicherte arbeitsschutzrelevante Erkenntnisse über die nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen“. Fachexpertise zum Thema „Nutzung von LED-hinterleuchteten Bildschirmen – mögliche Gefährdung der Netzhaut“ von Prof. Christoph Schierz (2017/2018)

### Hilfreiche Links/Handlungshilfen

- DGUV Information 215-442 „Beleuchtung im Büro“
- DGUV Information 215-210 „Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten“
- DGUV Information 215-220 „Nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen“
- DGUV Information 215-211 „Tageslicht am Arbeitsplatz“