

# Diagnostik des Funktionalen Sehens unter optimierten Beleuchtungsbedingungen

Dieser Beitrag informiert über die Durchführung einer diagnostischen Abklärung des Funktionalen Sehens in einem neu gestalteten barrierefreien Diagnostikraum im Landesbildungszentrum für Blinde (LBZB) in Hannover. Bei anstehenden Renovierungsmaßnahmen ist zwischen zwei Räumen eine Wand entfernt worden, um eine adäquate Fläche zu erhalten. Zusammen mit der Firma Glamox wurde ein innovatives Beleuchtungskonzept entwickelt, das eine optimierte Überprüfung einzelner visueller Funktionen bei Menschen mit einer Sehbeeinträchtigung ermöglicht. Auch die beteiligte Beleuchtungsfirma hat die Realisierung eines solchen Projekts erstmalig umgesetzt. Aufgrund eines guten Austausches ist es gelungen, für das LBZB wesentliche Kriterien der Beleuchtungssteuerung kommunizieren zu können. Mitarbeitende der Firma Glamox konnten auf dieser Grundlage Ideen entwickeln, die nach erneuter Absprache mit dem LBZB realisiert worden sind.

## Diagnostische Abklärung des Funktionalen Sehens im LBZB

Eine Diagnostik des Funktionalen Sehens bildet die Grundlage für die Entwicklung weiterer Fördermaßnahmen der jeweiligen Menschen mit einer Sehbeeinträchtigung. Dieses Angebot kann beim LBZB im vorschulischen Bereich von Kindern mit Verdacht einer Blindheit, einer hochgradigen Sehbehinderung oder mit einem progredienten Krankheitsverlauf angefragt werden. Darüber hinaus werden Schülerinnen

und Schüler der verschiedenen Schulbereiche (Primarstufe, Sekundarstufe I, Förderschule Sehen und Geistige Entwicklung, Berufliche Bildung) sowie Maßnahmeteilnehmende überprüft. Für Schülerinnen und Schüler aus Niedersachsen kann ebenso eine diagnostische Abklärung hirnbedingter Sehfunktionsveränderungen angeboten werden. Diese Beratungssprechstunde erfolgt in der Regel unter Kooperation der beteiligten Kolleginnen und Kollegen des Mobilen Dienstes Sehen, um den Transfer der beobachteten Eindrücke und überlegte Anpassungen einer verbesserten Teilhabe an Bildung in den Alltag gewährleisten zu können.

## Verwendete Testverfahren

Abhängig vom Alter, von kognitiven Fähigkeiten und bestehenden Grunderkrankungen erfolgt eine diagnostische Abklärung der individuellen visuellen und visuell-kognitiven Funktionen des Kindes, der/des Jugendlichen oder Erwachsenen. Neben standardisierten Verfahren des Preferential Looking sowie unter Verwendung verschiedenartiger von Lea Hyvärinen entwickelter Testverfahren bilden auch informelle Beobachtungen eine wichtige Einschätzung zur Nutzung visueller wie auch auditiver oder haptischer Strategien. Wesentliche Informationen zum Einsatz des Sehens im Alltag liefern die Sorgeberechtigten oder beteiligten Netzwerkpartnerinnen und -partner. Es werden aber auch standardisierte Optotypen (LEA-Symbols, Landoltringe, E-Haken etc.) zur Überprüfung der Sehschärfe in verschiedenen Distanzen, sowohl

monokular als auch binokular, eingesetzt. Insbesondere für Kinder mit komplexen Beeinträchtigungen kann in dem Diagnostikraum eine höhenverstellbare Vojtaliege eingesetzt werden, sodass eine visuelle Überprüfung auch in liegender Position durchführbar ist. Die zu beobachtenden Strategien bilden dann die Grundlage weiterer Förderanregungen oder auch Ausstattungen mit spezifischen Hilfsmitteln.

Bevor die individualisierten Beleuchtungsbedingungen bei der Überprüfung des Funktionalen Sehens beschrieben werden, erfolgt ein kurzer theoretischer Überblick über wesentliche Gütekriterien einer Beleuchtung, die zum Verständnis der Nutzung des Diagnostikraums erforderlich sind.

### Tageslicht als Maßstab für Kunstlichtbeleuchtung

Die Bedeutung des Tageslichts gewinnt in letzter Zeit insbesondere bei der Myopieprophylaxe an Bedeutung. Studien haben ergeben, dass Zeiten, die unter Tageslichtbedingungen verbracht werden, ein Voranschreiten einer Myopie begrenzen können. In der Realität des Bildungs- und Arbeitskontexts verbringen wir aber viele Stunden des Tages in Räumen und sind daher auf eine gute Ausleuchtung mit Kunstlicht angewiesen. Auf weitere förderliche Aspekte einer Myopieprophylaxe wird in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen.

Aufgrund der Vorteile des Tageslichts orientiert sich eine Kunstlichtbeleuchtung zunehmend am Tageslicht. Wesentliche Kriterien einer dem Tageslicht nachempfundenen Beleuchtung stellen die Beleuchtungsstärke und die Lichtfarbe dar. In diesem Beitrag erfolgt eine Beschränkung auf diese beiden Gütekriterien.

### Gütekriterium Beleuchtungsstärke

Das Beleuchtungsniveau wird maßgeblich von der Beleuchtungsstärke, die in Lux gemessen wird, bestimmt. Horizontale Flächen, wie Schreibtische, können mittels einer horizontalen Beleuchtungsstärke bestimmt werden. Die Beleuchtungsstärke von Schrankflächen oder Regalen kann mittels einer vertikalen Messung der Beleuchtungsstärke ermittelt werden. Zusammenhänge zwischen einer verbesserten Sehleistung und einer erhöhten Beleuchtungsstärke sind vielfach in der Literatur beschrieben (vgl. Friedrich 2019; Werth et al. 2013). Eine erhöhte Beleuchtungsstärke verstärkt die Helligkeits- und Farbkontraste, verringert die Ermüdung, verlängert die Aufmerksamkeit und reduziert das Stressempfinden (vgl. van Bommel 2004; Auras et al. 2016; Wessolowski 2014). Zudem gibt es Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen einer Beleuchtungsstärke unterhalb von 500 Lux und einer erhöhten Anzahl an Arbeitsunfällen herstellen. Bei höherer Beleuchtungsstärke von 600 Lux werden Leistungssteigerungen von bis zu 150 % beschrieben (vgl. Wichmann 2016, 10–11). Aufgrund von physiologischen Alterungsprozessen, die auch das Auge als Organ betreffen, sind insbesondere ältere Menschen auf eine höhere Beleuchtungsstärke für eine verbesserte Arbeitsleistung und Lesefähigkeit angewiesen. Die Alterungsprozesse der Linse bewirken, dass weniger Licht, insbesondere weniger Anteile blauen Lichts, zur Netzhaut durchdringen.

Verschiedenartige Augenerkrankungen haben vergleichbare Auswirkungen, woraus sich für Menschen mit Sehbeeinträchtigung auch die Notwendigkeit eines verbesserten Beleuchtungsniveaus begründen lässt. Höhere Beleuchtungsstärken können sich bei Sehbeeinträchtigungen positiv auswirken und zu verringerten Augen- oder Kopfschmerzen oder allgemeinen

Ermüdungserscheinungen beitragen (vgl. van Bommel et al. 2004). Insbesondere bei Augenerkrankungen ist allerdings darauf zu achten, dass Blendung vermieden wird.

## Gütekriterium Lichtfarbe

Die Lichtfarbe lässt sich in warmweißes, neutralweißes und kaltweißes Licht unterteilen. Zur Bestimmung der Lichtfarbe bedarf es der Farbtemperatur, deren Wert in Kelvin (K) angegeben wird. Unterhalb von 3300 K wird von einer warmweißen, zwischen 3300 K und 5300 K von einer neutralweißen und oberhalb von 5300 K von einer kaltweißen Lichtfarbe gesprochen. Unterschiedliche Lichtfarben haben eine unterschiedliche visuelle Wirkung. So kann warmweißes Licht eher als gemütlich, neutralweißes als sachlich und kaltweißes als kühl empfunden werden. Die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit steht im engen Zusammenhang mit der Lichtfarbe. Bläuliches Licht mit einer hohen Farbtemperatur steigert die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit und wird tagsüber als aktivierend empfunden. Untersuchungen in Schulen sind zu dem Ergebnis gekommen, dass eine kaltweiße Farbtemperatur zu einer Verbesserung kognitiver Leistungsfähigkeit und gesteigerter Aufmerksamkeit beigetragen hat (vgl. Wichmann 2016, 9). Zudem wird auch ein positives emotionales Befinden mit einer kaltweißen Lichtfarbe in Verbindung gebracht (vgl. Fleischer 2001).

Beleuchtungsbedingungen sollen eine verbesserte visuelle Wahrnehmung ermöglichen. Zudem haben sie Auswirkungen auf den circadianen Rhythmus durch eine Steuerung der inneren Uhr und auf hormonelle Vorgänge im Körper.

Als Beispiel sei hier der Zusammenhang von Schläfrigkeit und Licht angeführt: Melatonin bewirkt eine Reduzierung von Aktivität. Stoff-

wechselvorgänge werden zurückgefahren, die Müdigkeit nimmt zu. Es ist davon auszugehen, dass eine kaltweiße Lichtfarbe sich unterdrückend auf die Melatoninproduktion auswirkt. Folglich wird ein dynamischer Einsatz von Kunstlicht und insbesondere eine variabel wählbare Lichtfarbe empfohlen, um tagsüber eine positive leistungssteigernde Wirkung zu erzielen und abends den Schlafrythmus nicht negativ zu beeinflussen. Die Farbtemperatur sollte auch bei digitalen Endgeräten, die sich hier ähnlich wie die Farbtemperatur von Leuchtmitteln auf den menschlichen Organismus auswirken kann, individuell eingestellt werden (vgl. Friedrich 2019; Plischke 2016, 201 ff). In der Literatur beschriebene psychologische Wirkungen oder geschlechtsspezifische Bedingungen von Beleuchtungssettings sind für diesen Beitrag nicht relevant, daher wird hier nicht näher auf diese eingegangen.

## Beleuchtungssteuerung im Diagnostikraum

Im Rahmen einer diagnostischen Überprüfung des Funktionalen Sehvermögens ist es im LBZB möglich, bei Menschen mit einer Beeinträchtigung des Sehens herauszufinden, welche Beleuchtungsbedingungen einer künstlichen Raumausleuchtung individuell zu bestmöglichen Sehleistungen beitragen. Die Beleuchtungssteuerung erfolgt mit einer individuell konfigurierten Oberfläche auf einem kleinen Webserver und wird auf einem Tablet über einen Link direkt aus dem Browser aufgerufen bzw. angezeigt (siehe Abbildung 1). Somit können die Beleuchtungsbedingungen von jedem Ort des Raumes aus angepasst und zugleich visuelle Reaktionen beobachtet werden.



Abbildung 1: Darstellung auf dem Tablet zur Anwahl der Verdunkelung oder der Beleuchtung  
 Quelle: Landesbildungszentrum für Blinde  
 (Beschreibung siehe Abbildungs- und Tabellenverzeichnis mit Alternativtexten)

Die Verdunkelung des Raumes ist ebenfalls auf der Bedienoberfläche der Steuerung integriert, sodass neben der Lichtsteuerung auch eine vollständige Verdunkelung des Raums ermöglicht werden kann (siehe Abbildung 2). Aufgrund der Unterteilung des Raums durch einen Stahlträger sind zwei Lichtsensoren unter der Decke verbaut worden, um in beiden Raumhälften realistische Werte ermitteln zu können. Als Berechnungs- und Referenzgrundlage wird der Messwert vom Lichtsensor unter der Decke herangezogen. Deshalb werden auf der Bedienoberfläche pro Raum zwei Messwerte dargestellt.

Die Beleuchtungsstärke ist individuell dimmbar und lässt sich bis zu 2400 Lux auf Tischebene (horizontal gemessen) einstellen. Die Lichtfarbe lässt sich zwischen 2700 K und 6500 K variieren. Beide Angaben lassen sich mittels Slider oder direkter Eingabe von Werten regulieren. Die Beleuchtungsstärke lässt sich technisch bedingt als prozentualer Dimmwert eingeben (siehe Abbildung 3).



Abbildung 2: Darstellung auf dem Tablet zur Steuerung der Verdunkelung  
 Quelle: Landesbildungszentrum für Blinde  
 (Beschreibung siehe Abbildungs- und Tabellenverzeichnis mit Alternativtexten)



Abbildung 3: Darstellung auf dem Tablet zur Steuerung der Beleuchtungsstärke und der Farbtemperatur  
 Quelle: Landesbildungszentrum für Blinde  
 (Beschreibung siehe Abbildungs- und Tabellenverzeichnis mit Alternativtexten)

Auf einer weiteren Oberfläche der Tabletsteuerung lässt sich über das Bedienfeld „Lichtwerte“ die dem jeweiligen Dimmwert entsprechende Beleuchtungsstärke in Lux, sowohl horizontal als auch vertikal gemessen (errechnet durch den Homeserver) auf Tischebene anzeigen (siehe Abbildung 4). Die vertikal dargestellten Lichtwerte sind auf Tischebene mit einem geeichten Messgerät gemessen worden und werden im Webserver rechnerisch entsprechend dargestellt.

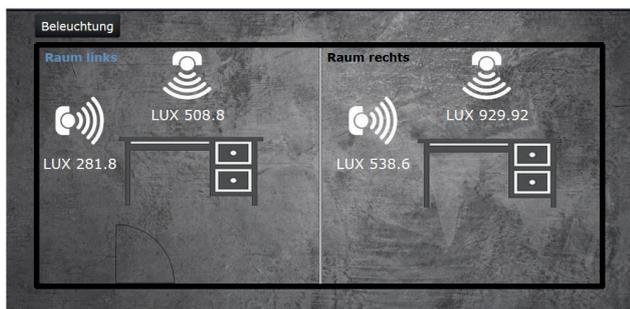


Abbildung 4: Darstellung der horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärke auf dem Tablet  
Quelle: Landesbildungszentrum für Blinde  
(Beschreibung siehe Abbildungs- und Tabellenverzeichnis mit Alternativtexten)

Somit lässt sich individuell erproben, bei welcher Beleuchtungsstärke und bei welcher Lichtfarbe das Sehen subjektiv am angenehmsten empfunden wird. Objektiv lassen sich die Angaben mittels einer Visustestung feststellen.

## Technische Umsetzung und Angaben zu Leuchten

In der abgehängten Decke sind insgesamt 12 quadratische Einbauleuchten installiert. Dies sind LED-DALI-Leuchten mit 4702 Lumen out, einer Farbtemperatur von 2700 bis 6500 K und einem Farbwiedergabeindex von 80. Optisch sind die LED mit einem mikroprismatischen Diffusor aus Acryl abgeschirmt.

Die DALI-Leuchten, die zusätzliche Bedienung der Beleuchtung über ein Bedienpanel an der Tür sowie die Ansteuerung der Verdunkelung werden über das KNX-Bussystem gesteuert. In der Elektroverteilung ist ein kleiner Homeserver installiert, der mit dem KNX-Bussystem verbunden ist, alle Daten sammelt, verarbeitet und wieder auf der Bedienoberfläche des Tablets zurückgibt. Die Kommunikation zwischen Tablet und Homeserver wird über WLAN realisiert. Der benötigte Accesspoint ist unter der abgehängten Decke verbaut und dadurch nicht sichtbar.

## Visustestung bei variierenden Lichtbedingungen

Bestimmte Augenerkrankungen führen zu einer herabgesetzten Kontrastsensitivität. Diese kann auch mittels spezifischer Testverfahren ermittelt werden. Mit einer invertierten Darstellung des Hintergrundes kann demonstriert werden, dass eine visuelle Erfassung dargestellter Inhalte erleichtert werden kann. Zudem kann das Sehen abhängig von Tageslicht, Dämmerung oder Dunkelheit unterschiedlich genutzt werden. Erkrankungsbedingt können Menschen unter Tageslichtbedingungen einen vergleichsweise guten Visus erzielen, in der Dunkelheit jedoch nachtblind sein. In einem dann gänzlich abgedunkelten Raum lässt sich der Visus mit einem Prüfgerät testen, welches die Ausleuchtung des Displays sensorgesteuert automatisch an die Lichtverhältnisse im Raum anpasst. Somit lässt sich neben einer Visusüberprüfung und photopischen Bedingungen, also Tageslichtbedingungen, auch eine unter mesopischen, also Bedingungen der Dämmerung und Dunkelheit, durchführen.

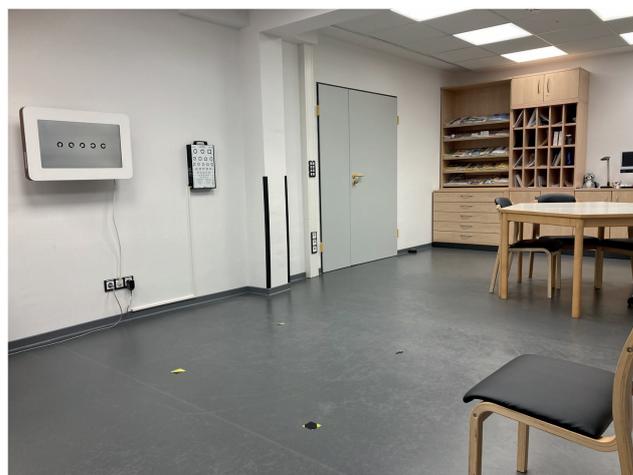


Abbildung 5: Darstellung des Diagnostikraums mit Prüfgeräten zur Visusermittlung  
Quelle: Landesbildungszentrum für Blinde  
(Beschreibung siehe Abbildungs- und Tabellenverzeichnis mit Alternativtexten)

## Empfehlungen für den Arbeitsplatz

Durch die diagnostische Abklärung unter diesen spezifischen Lichtbedingungen lassen sich individuelle Empfehlungen für die Beleuchtungsstärke, die Lichtfarbe oder auch andere das Sehverhalten beeinflussende Faktoren ermitteln, mit dem Ziel, die Umfeldbedingungen am jeweiligen Spiel- oder Arbeitsplatz optimieren zu können. Es sollte überlegt werden, ob an der Ausleuchtung der jeweiligen Räume Veränderungen vorgenommen werden können oder ob eine zusätzliche Ausleuchtung mittels Arbeitsplatz- oder Standleuchten umgesetzt werden kann. Unter Berücksichtigung möglicherweise bestehender Blendung sollte auch das Tageslicht bei der Raumausleuchtung eingebunden werden. Optimalerweise sollte die Beleuchtung dimmbar und in ihrer Lichtfarbe variabel einstellbar sein. Die Ausrichtung des Arbeitsplatzes zu den Fensterflächen muss dabei besonders berücksichtigt werden, um eine störende Direkt- oder Reflexblendung zu vermeiden. Neben der Beleuchtung des Arbeitsplatzes sind auch erforderliche Hilfsmittel unter dem Aspekt Beleuchtung, Kontrast und Blendung zu beurteilen. So kann ein entblendetes Display, eine invertierte Einstellung oder auch eine farbspezifische Einstellung erforderlich sein.

## Literatur

- Auras, Marleen Isabell/Barkmann, Claus/Niemeyer, Marie/Schulte-Markwort, Michael/Wessolowski, Nino (2016). Wirksamkeit von variablem Licht in der Kinder- und Jugendpsychiatrie. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 44 (2), 148–157.
- Fleischer, Susanne Elisabeth (2001). Die psychologische Wirkung veränderlicher Kunstlichtsituationen auf den Menschen (Dissertation). Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Friedrich, Manuela (2019). Interdisziplinäre Optometrie. Visuelle Störungen im Zusammenhang mit Störungen in anderen Teilsystemen und im Gesamtsystem Mensch. Heidelberg, DOZ Verlag.
- Plischke, Herbert (2016). Präventive Umgebungsgestaltung mit Licht – Human Centric Lighting. In: Stefan Pohlmann (Hg.). *Alter und Prävention*. Heidelberg, Springer, 201–219.
- Szczotkowski, Sophie Charlott (2021). Masterarbeit: Die Auswirkung von künstlichem Licht auf die visuelle Aufmerksamkeit unter Berücksichtigung des Nachschlafs und depressiven Empfindens der Probanden.
- Van Bommel, Wout/van den Beld, Gerrit/Fassian, Matthias (2004). *Beleuchtung am Arbeitsplatz: Visuelle und biologische Effekte*. Philips Lighting.
- Werth, Lioba/Steidle, Anna/Hubschneider, Carolin/de Boer, Jan/Sedlbauer, Klaus (2013). Psychologische Befunde zu Licht und seiner Wirkung auf den Menschen – ein Überblick. *Bauphysik* 35 (3), 193–204.
- Wessolowski, Nino (2014). Wirksamkeit von Dynamischem Licht im Schulunterricht Dissertation. Universität Hamburg.
- Wichmann, Sandrina (2016). Bedeutung von Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten. Bachelorarbeit. Hamburg.

Claas Proske  
Landesbildungszentrum für Blinde  
E-Mail: [c-h.proske@lbzb.de](mailto:c-h.proske@lbzb.de)

