



CORNELIA VANDAHL  
FAKULTÄT MASCHINENBAU, FACHGEBIET LICHTTECHNIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

# LICHTSCHUTZEINRICHTUNGEN AN BÜROARBEITSPLÄTZEN

· *Tageslicht* · *Lichtschutz* · *Sonnenschutz* · *Büro* · *Bildschirm* · *Reflexblendung*

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden Lichtschutzeinrichtungen ohne Lichtlenkung untersucht. In realen Büroräumen und an einem künstlichen Fenster wurden durch Versuchspersonen Bewertungen abgegeben. Versuchsparameter waren dabei die Allgemeinbeleuchtung und die Bildschirmqualität und Darstellung.

## PRAKTISCHE RELEVANZ

Blendung durch Tageslicht wird vor allem durch zu hohe Leuchtdichten am Fenster verursacht. Das Zusammenwirken klassischer Lichtschutzeinrichtungen mit verschiedenen Bildschirmqualitäten wurde untersucht und Grenzleuchtdichten daraus abgeleitet. Die Ergebnisse haben direkten Einfluß auf die Gestaltung von Büroarbeitsplätzen.

## EQUIPMENTS DE PROTECTION CONTRE LA LUMIÈRE DANS DES BUREAUX

· *lumière naturelle* · *protection contre la lumière* · *protection contre le rayonnement du soleil* · *bureau* · *ecran* · *éblouissement par réflexion*

## RESUME

Dans cet article sont présentés les résultats d'une étude comparative sur les équipements de protection contre la lumière sans guidage de lumière. A cet effet, des personnes participant aux essais ont établi des évaluations dans des bureaux réels, près d'une fenêtre artificielle. L'éclairage général, la qualité de l'écran ainsi que la présentation (présentation en positif/négatif) ont constitué les paramètres d'essai.

## IMPORTANCE PRATIQUE

L'éblouissement lié à la lumière naturelle est avant tout provoqué par une luminance très élevée près des fenêtres. Le rapport entre les aménagements classiques des protections contre la lumière du jour et la qualité des écrans a été étudié et ainsi les limites de luminance ont pu en être dérivées. Les résultats ont une influence directe sur l'organisation des postes de travail dans les bureaux.

# LIGHT PROTECTION EQUIPMENTS IN OFFICE ROOMS

· daylight · light protection · sun protection · office · visual display terminal · glare by reflection

## SUMMARY

In a workroom it is always desired to have outward eye contact and simultaneously enough daylight. There are several reasons behind it. On the one hand, these conditions are necessary for the workers' well-being; on the other hand, there are energy savings for illumination and heating. Thus, it is always tried to have as much daylight in the room as possible, although some of the results can be negative, such as direct glare by the sun, reflections on visual display terminals (VDTs) caused by window or wall luminance, and overheated rooms. Due to the above mentioned reasons light protection equipment is required. In a BAuA research project comparative investigations on 'classic' light protection equipment (e.g., light protection foil, vertical and horizontal slats, blinds whose primary aim is not directing the daylight) were performed. During series of tests, light protection equipment was evaluated with respect to its effects and applicability. First of all, the required viewing conditions were investigated. Primarily, this concerns luminance values which can have as consequence both direct glare and reflected glare on the VDT. As a result, threshold luminance values for different VDT classes (**ISO 9241-7**) were defined. Measurements were performed and test subjects were asked on horizontal, vertical and cylindrical illuminance both in real office rooms and in a field test. Especially, the interaction between daylight and artificial illumination was analysed. The test subjects were asked by means of questionnaires. If there was a good correlation between the ratings of the test subjects and the measurement data, conclusions on convenient illuminance and luminance data could be drawn by means of regression. **Investigations with natural daylight in office rooms.** Twenty-four test subjects were asked regarding the parameters below in a real laboratory-like room which was illuminated by daylight and in the same time photometric measurements were carried out. The windows were on the southern part of the building. In the test room a workplace with a well-coated VDT was set-up near a window (Figure 2). The position of the VDT was intentionally chosen to allow reflections on the VDT by the window behind the operator. An example of a regression between survey results and measuring data is shown in figure 3. After assessing the illumination situations, the test subjects were asked to use the type of light protection equipment which they found as being adequate. Vertical slats and blinds for both windows were available. Since the window behind the operator could cause reflections on the VDT, in most cases a protection against the sun was chosen regardless of the illumination situation. The window in front of the operator was only shaded when direct sunlight fell on the workplace. With overcast skies this window was mostly not shaded. **Investigations at an artificial window.** In tests with real daylight it is nearly impossible to have constant ambient conditions. For example the amount of clouds varies and the position of the sun changes. Hence, each test subject evaluates the situation under different conditions, thus making the assessment more difficult. Therefore, the following investigations were performed at an artificial window. The max. luminance of the window which could be realised was 17000 cd/m<sup>2</sup>. Table 6 shows an

overview of 8 types of light protection equipment tested. All the illumination situations were evaluated by the 24 test subjects by means of a questionnaire. The mean values and the standard deviations of all assessments are shown in figure 5 and 6. The influence of the VDT polarity is obvious. **Evaluation of light protection equipment at a real window.** The evaluation of light protection equipment at an artificial window was possible only with restriction. Thus, for example, the outward view and glare by direct sunlight could not be evaluated. Therefore, the test subjects were asked at a real window. The test subject assessments are basically influenced by the presence/absence of the sun in the field of view. According to our expectations the evaluation of glare was influenced in this way and also the room brightness and the outward view assessment. The differences in the evaluation are shown in figure 7 and 8. **Conclusions.** It is nearly impossible to meet all requirements in order to fulfil all expectations. Less glare is only possible by less illuminance and less outward view. The advantages and drawbacks of the different systems are summarised below. *Light protection foils:* Light protection foils provide an excellent outward view. However, because they do not stray the light, there are problems with direct sunlight. The sun luminance causes glare although the transmission level of the foils is low. The low transmission provides low illuminance levels. The foils can be recommended for rooms without direct sunlight. *Horizontal slats:* If the position of the sun is high, the slats provide a good outward view. If the position, however, is low, they have to be closed in order to avoid glare. Slats with light direction offer a high level of illumination and avoid glare as well. *Vertical slats:* Workplaces with direct sunlight can be shaded by adjusting the angle of the slats, whereas there is still sufficient outward view from the other places. Due to the diffuse light transmission a high illuminance level in the room can be achieved even with closed slats. There is a certain risk of glare if the transmission level of the slat material is too high. Based on the results mentioned above there is no system that can be considered as 'the best one'. There can be great differences even within the systems themselves. The guidelines that can be derived from the test results are as follows:

- ♦ Total illuminance: min. 500 lx
- ♦ Cylindrical daylight illuminance: 300 to 1400 lx
- ♦ Vertical illuminance towards the window: 800 to 1300 lx
- ♦ Vertical illuminance on VDT: max. 850 lx
- ♦ Permissible glare luminance for VDTs: negative polarity: class II: below 200 cd/m<sup>2</sup>, class I: 400 cd/m<sup>2</sup> positive polarity: class II: 1000 cd/m<sup>2</sup>, class I: 2000 cd/m<sup>2</sup>

## PRACTICAL RELEVANCE

Glare by daylight is caused by high luminance values at the window. The interaction between "classic" light protection equipment and VDT classes was investigated. As a result, limits for the luminance values were defined. The results can influence the design of VDT-workplaces.

## 1 EINLEITUNG UND THEMENSTELLUNG

Der Wunsch, im Arbeitsraum eine Sichtverbindung nach außen zu schaffen und diesen gleichzeitig mit Tageslicht ausreichend zu beleuchten, hat vielerlei Ursachen. Zum einen sind dies wichtige Voraussetzungen für das Wohlbefinden, zum anderen ergeben sich daraus Einsparungen in der Energie für Beleuchtung und Heizung. Ziel ist es deshalb immer, so viel wie möglich Tageslicht in den Innenraum zu bringen. Das kann jedoch negative Effekte, wie direkte Blendung durch die Sonne, Reflexe von Fenster- oder Wandleuchtdichten auf Bildschirmen und Aufheizung des Raumes zur Folge haben. Aus den genannten Gründen ergibt sich die Notwendigkeit von Lichtschutzeinrichtungen. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens der BAUA wurden vergleichende Untersuchungen an „klassischen“ Lichtschutzeinrichtungen durchgeführt (Gall et al. 2000). Dazu gehören Lichtschutzfolien, senkrechte und waagerechte Lamellen und Rollos, deren primäres Ziel nicht in der Lenkung von Tageslicht liegt.

## 2 ALLGEMEINES ZUR DURCHFÜHRUNG

In mehreren Versuchsreihen wurden Lichtschutzeinrichtungen hinsichtlich ihrer Wirkung und Anwendbarkeit charakterisiert. Hierzu wurden zunächst Untersuchungen zu den Sehbedingungen gemacht, die zu gewährleisten sind. Das betrifft vor allem die Leuchtdichten, die zu Direktblendung und Reflexblendung am Bildschirm führen können. Für verschiedene Bildschirmklassen wurden daher Grenzleuchtdichten ermittelt. In realen Büroräumen und in einem Feldversuch wurden Messungen und Befragungen zu horizontalen, vertikalen und zylindrischen Beleuchtungsstärken durchgeführt. Betrachtet wurde dabei das Zusammenwirken von Tageslicht und künstlicher Beleuchtung. Die Befragungen von Versuchspersonen erfolgten mit Fragebögen (Beispielskala in Bild 1). Bestand eine ausreichend gute Korrelation zwischen den Wertungen und den lichttechnischen Messwerten, dann konnten anhand von Regressionen Rückschlüsse auf günstige Werte für Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten gezogen werden. Dabei wurde die Wertung 3,5 als Mittelpunkt der Gegensatzskala (das heißt als Beginn der positiven Bewertung) in die lichttechnische Größe umgerechnet. Bei

**Bipolar-Skala:**  
dunkel | 000|000|000|000|000|000|000 | hell  
0 1 2 3 4 5 6 7

**SÖLLNER-Skala:**  
1 o keine Blendung  
2 o  
3 o Blendung merkbar  
4 o  
5 o Blendung störend  
6 o  
7 o Blendung unerträglich

**Bild 1:** Beispielfrage und Zuordnung von Zahlenwerten

**Figure 1:** Example of question and rating scale

**Illustration 1:** Exemple de question et de codification numérique

den ermittelten Werten handelt es sich demzufolge um Minimal- bzw. Maximalwerte. Für Blendwerte nach der Söllner-Skala wurde ein Wert von 1,5 (Güteklasse 1) als Grenzwert verwendet.

## 3 UNTERSUCHUNGEN MIT NATÜRLICHEM TAGESLICHT IM BÜRORAUM

In einem realen, tageslichtbeleuchteten Raum mit Laborcharakter sollten Befragungen mit Versuchspersonen zu folgenden Parametern durchgeführt werden:

1. Beleuchtungsstärkeverteilung im Raum
2. Einfluss der horizontalen, vertikalen und zylindrischen Beleuchtungsstärken auf die Raumwirkung und Blendung
3. Einfluss des Himmelszustandes

In einem Seminarraum der TU Ilmenau wurden Befragungen an 24 Versuchspersonen und lichttechnische Messungen durchgeführt. Die Fenster des Raumes

befanden sich an der Südfassade. Die Untersuchung fand in der Zeit vom 26. August bis 21. September zwischen 9.00 Uhr und 12.00 Uhr statt (Sonnenstand 30°... 50°).

Im Versuchsraum wurde in Fensternähe ein Arbeitsplatz mit sehr gut entspiegeltem Bildschirm eingerichtet (Bild 2). Die Anordnung des Monitors durfte von der Versuchsperson nicht verändert werden. Sie wurde bewusst so gewählt, dass Spiegelungen des hinteren Fensters im Monitor auftreten konnten.

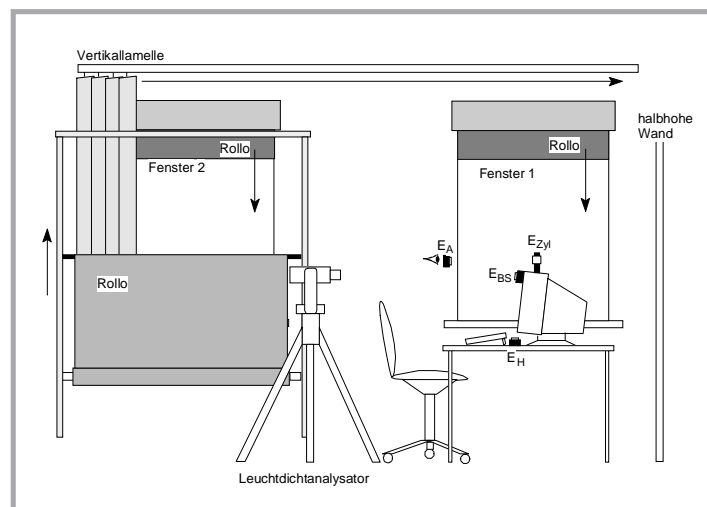
Versuch 1: sonnig, klarer Himmel

Versuch 2: bedeckt

Versuch 3: bedeckt, mit zusätzlicher künstlicher Beleuchtung, so dass die Gesamtbeleuchtungsstärke zu Versuchsbeginn ca. 750 lx betrug

Eine Beispiel-Regression zwischen Befragungsergebnis und Messwert zeigt Bild 3. Die ermittelten günstigen Beleuchtungsstärken sind in Tabelle 2 (2. Spalte) zusammengefasst. Nach Bewertung der vorgegebenen Lichtsituationen hatten die Versuchspersonen den Auftrag, sich den Lichtschutz nach ihren Wünschen einzurichten. Dabei standen vertikale Lamellen und Rollos für beide Fenster zur Verfügung. Da sich das hintere Fenster im Bildschirm spiegeln konnte, wurde für dieses unabhängig von der Lichtsituation fast immer ein Sonnenschutz gewählt (Tabelle 1). Das vordere Fenster wurde nur dann verschattet, wenn direktes Sonnenlicht auf den Arbeitsplatz fiel. Bei bedecktem Himmel wurde das Fenster überwiegend offen gelassen.

Durch die Wahl einer Lichtschutzeinrichtung änderten sich die Beleuchtungs-



**Bild 2:**

Versuchsraum

**Figure 2:**

Test facilities

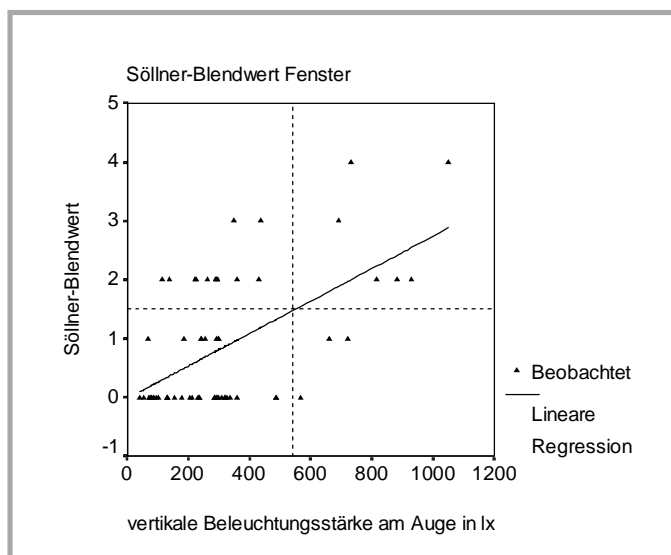
**Illustration 2:**

Installation de test

**Bild 3:**  
Regression zwischen vertikaler  
Beleuchtungsstärke und  
Blendungsbewertung (alle  
Versuche)

**Figure 3:**  
Regression between vertical  
illuminance and glare evaluation  
(all tests)

**Illustration 3:**  
Régression entre l'illumination  
verticale et l'évaluation des  
réflexions (tous les test)



**Tabelle 1:** Häufigkeiten der Verschattung der Fenster  
**Table 1:** Shading frequency of the window  
**Tableau 1:** Fréquence de l'assombrissement des fenêtres

Situation	hinteres Fenster (Fenster 2)	vorderes Fenster (Fenster 1)
sonnig	100 %	47%
bedeckt	96 %	12 %

stärken im Raum. Die Mittelwerte über alle Probanden und alle Versuche werden in Bild 4 gezeigt. Eine deutliche Veränderung der Beleuchtungsstärken ist vor allem im Versuch 1 (sonnig) zu verzeichnen.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse aus der Regression und die Ergebnisse aus Bild 4 gegenübergestellt. Die Beleuchtungsstärken, die sich aus der selbst gewählten Lichtschutz-Einstellung ergeben, stimmen sehr gut mit den Ergebnissen der Regression überein. Für die vertikale Beleuchtungsstärke am Auge ergeben sich in diesem Versuch wesentlich geringere Werte.

#### 4 UNTERSUCHUNGEN AM KÜNSTLICHEN FENSTER

Werden Untersuchungen mit realem Tageslicht durchgeführt, so ist es nahezu

unmöglich, die Umgebungsbedingungen konstant zu halten. Wechselnde Bewölkung und der sich ändernde Sonnenstand führen dazu, dass jede Versuchsperson ihre Bewertung unter anderen Bedingungen abgibt und die Auswertung erschwert wird. Diese Erfahrungen brachten uns dazu, die folgenden Untersuchungen an einem künstlichen Fenster durchzuführen. Die realisierbare maximale Fensterleuchtdichte betrug  $17\,000\text{ cd/m}^2$ . Die Folien und Lamellen wurden nacheinander vor dem künstlichen Fenster platziert. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die untersuchten 8 Lichtschutz-einrichtungen. Bei drei Lichtschutz-einrichtungen fand die Befragung zusätzlich mit einer Allgemeinbeleuchtung von  $500\text{ lx}$  (KL) statt. Weiterhin wurden Leuchtdichten von  $200\text{ cd/m}^2$  und  $1000\text{ cd/m}^2$  in die Untersuchung einbezogen.

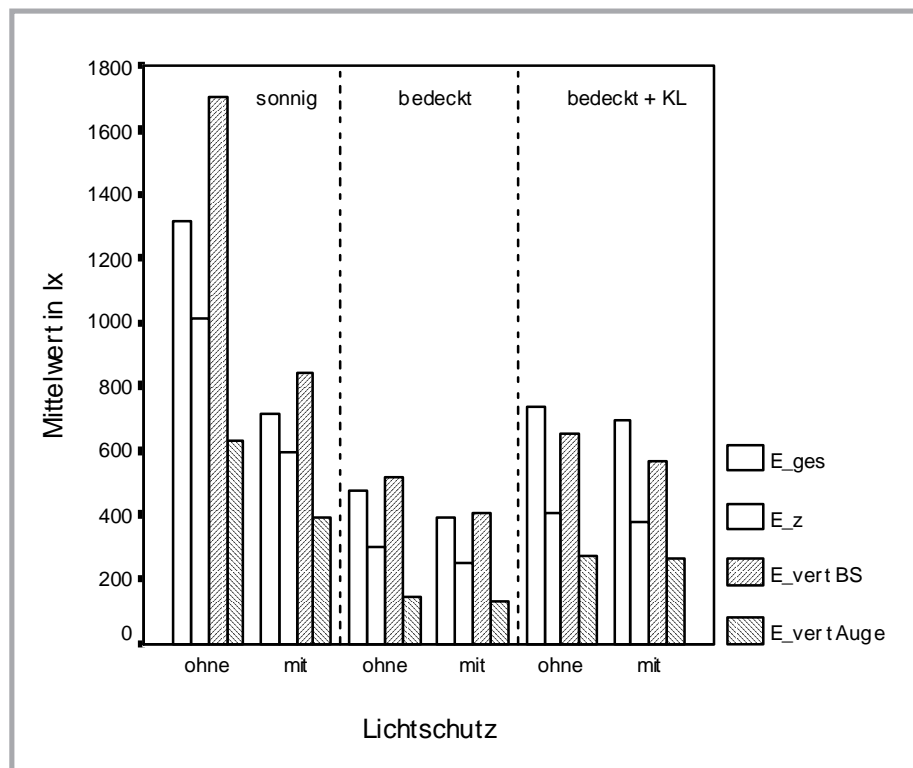
Alle 24 Versuchspersonen bewerteten jede Lichtsituation in Tabelle 3 mit einem Fragebogen. Bewertet wurden dabei die Bildschirme aus Tabelle 4 jeweils in Positiv- und Negativdarstellung.

In den Bildern 5 und 6 ist Mittelwert und Standardabweichung aller Urteile dargestellt. Der Einfluss des Bildschirmhintergrundes ist deutlich sichtbar. Der Einfluss der Allgemeinbeleuchtung ( $0$  bzw.  $500\text{ lx}$ ) ist nur an einer Stelle signifikant (Vertikal 1, Bildschirm 2, schwarzer HG).

Nimmt man die Wertung  $3,5$  als neutral an und betrachtet alle darüber liegenden als „positiv“, so ergibt sich die Zusammenstellung in Tabelle 5. Den untersuchten Bildschirmen sind die nach dieser Wertung zulässigen Lichtschutz-einrichtungen zugeordnet. Für die einzelnen Bildschirmklassen ergeben sich daraus maximal zulässigen Fenster-Leuchtdichten (Tabelle 6). Die Ergebnisse des Flachbildschirmes 3 unterscheiden sich dabei wesentlich von denen des Bildschirmes 1 und sind deshalb separat angeben.

#### 5 BEWERTUNG VON LICHTSCHUTZEINRICHTUNGEN AM REALEN FENSTER

Am künstlichen Fenster war die Bewertung der Lichtschutz-einrichtungen nur mit Einschränkungen möglich. So konnte beispielsweise die Sicht nach außen und die Blendung durch die direkte Sonne nicht untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde eine Befragung an einem realen Fenster durchgeführt.



**Bild 4:** Änderung der Beleuchtungsstärke durch den gewählten Lichtschutz

**Figure 4:** Changes in illuminance by the mean of choosing light protection

**Illustration 4:** Changement d'illumination lié aux protections contre la lumière sélectionnées



**Tabelle 2:** Festlegung der Beleuchtungsstärke nach Wahl des Lichtschutzes  
**Table 2:** Selection of illuminance following the choose of light protection  
**Tableau 2:** Spécification de l'illumination selon la protection choisie

Beleuchtungsstärke	Festlegungen aus Regression	Schlussfolgerungen aus Bild 4
Zylindrische Beleuchtungsstärke $E_z$	ab 600 lx Blendung	Im Versuch V1 wird $E_z$ auf etwa 600 lx abgesenkt. In V2 und V3 liegt $E_z$ bereits unter 600 lx und wird durch den Lichtschutz nur gering geändert
Vertikale Beleuchtungsstärke am Bildschirm $E_{v, BS}$	max. 850 lx	Im Versuch V1 wird $E_{v, BS}$ auf etwa 850 lx abgesenkt. In V2 und V3 liegt $E_{v, BS}$ bereits unter 850lx und wird durch den Lichtschutz um 100 lx verringert.
Vertikale Beleuchtungsstärke am Auge $E_{v, Auge}$	bei Sonne ab 1200 lx Blendung	Im Versuch V1 wird $E_{v, Auge}$ auf etwa 400 lx abgesenkt.
	ab 350 lx Blendung	In V2 und V3 liegt $E_{v, Auge}$ unter 350 lx und wird durch den Lichtschutz nur minimal verringert.

**Tabelle 3:** Untersuchte Lichtschutzeinrichtungen (KL ... Allgemeinbeleuchtung = 500 lx)  
**Table 3:** Tested light protection equipment (KL ... general illumination = 500 lx)  
**Tableau 3:** Equipement de protection contre la lumière, testé (KL...illumination générale = 500lx)

Bezeichnung	Lichtschutzeinrichtung	$L_{max}$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_{min}$ (cd/m <sup>2</sup> )
keine	Fenster	17000	17000
Folie 1	Metallfolie	300	300
Folie 1 + KL	Metallfolie + 500 lx		
Folie 2	Metallfolie	400	400
Folie 3	Metallfolie	1400	1400
Horizontal 1	Lamelle, 50mm weiß	250	100
Horizontal 2	Lamelle, 50mm weiß, perforiert	1500	250
Horizontal 2 + KL	- " +500 lx		
Horizontal 3	50mm, verspiegelt, teilperforiert	400	100
Vertikal 1	Vertikallamelle	400	200
Vertikal 1 + KL	Vertikallamelle + 500 lx		
Vertikal 2	Vertikallamelle	2500	1300
200cd/m <sup>2</sup>	Fensterleuchtdichte 200cd/m <sup>2</sup>	200	200
1000cd/m <sup>2</sup>	Fensterleuchtdichte 1000cd/m <sup>2</sup>	1000	1000

Die Befragung sollte bei klarem Himmel und Sonnenschein stattfinden. Leider waren im Untersuchungszeitraum die Wetterbedingungen sehr instabil. Deshalb musste aus Zeitgründen die Untersuchung nach 6 Versuchspersonen abgebrochen werden. Zusätzlich zur Befragung fanden lichttechnische Messungen und eine Einschätzung durch die Versuchsleiter (Tabelle 7) statt. Die Lichtschutzeinrichtung Horizontal 3 ist eine verspiegelte Horizontal-Lamelle, die diesmal unter zwei Bedingungen getestet wurde: im geschlossenen Zustand und im offenen (lichtlenkenden) Zustand.

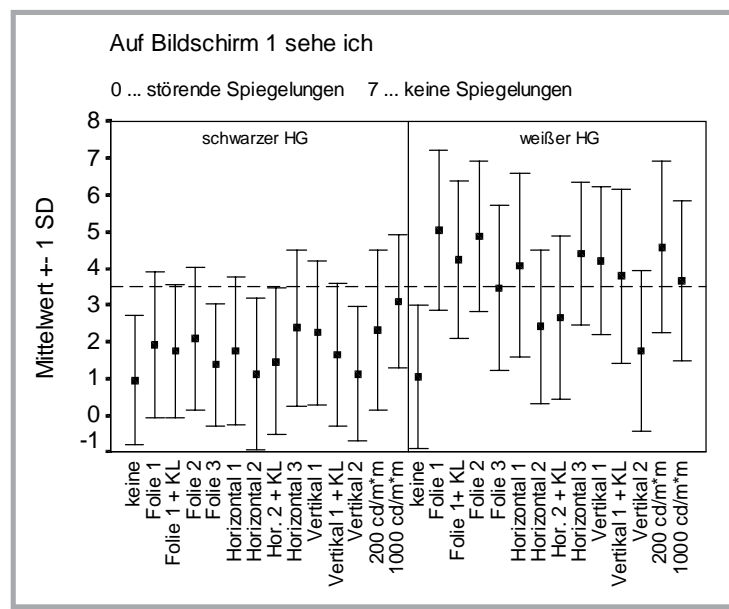
Die Wertungen der Versuchspersonen hängen im wesentlichen davon ab, ob sich die Sonne im Blickfeld befindet oder nicht. Dies hat erwartungsgemäß Einfluss auf die Blendungsbewertung, aber auch auf die Bewertung der Raumhelligkeit und der Sicht nach außen. Sicher spielen Adaptationsvorgänge dabei eine Rolle. Die Bilder 7 und 8 zeigen diese deutlichen Unterschiede in der Bewertung.

Dieser Untersuchungsteil zeigt die Problematik der Lichtschutzeinrichtungen nochmals deutlich in allen Dimensionen. Es ist kaum möglich, alle Forderungen zur vollen Zufriedenheit zu erfüllen. Blendfreiheit wird mit geringerer Beleuchtungsstärke und weniger Sicht nach außen erkauft. Im folgenden werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme zusammengefasst.

**Lichtschutzfolien:** Lichtschutzfolien gewährleisten eine sehr gute Sicht nach außen. Da sie das Licht nicht streuen, ergeben sich jedoch Probleme bei direkter Sonneneinstrahlung. Trotz niedrigem

**Tabelle 4:** Untersuchte Bildschirme und Bildschirmklassen nach ISO 9241-7  
**Table 4:** VDTs and VDT classes tested according to ISO 9241-7  
**Tableau 4:** Ecrans testés et classe d'écrans selon la norme ISO 9241-7

Bildschirm	1	2	3
Typ	Kathodenstrahlröhre	Kathodenstrahlröhre	Flachbildschirm, Aktivdisplay
Entspiegelung	schlecht	sehr gut	sehr gut
Klasse Positivd.	II	I	I
Klasse Negativd.	II	I	I



**Bild 5:** Mittelwert und Standardabweichung der Urteile für Bildschirm 1  
**Figure 5:** Mean value and standard deviation of the ratings concerning VDT 1  
**Illustration 5:** Moyenne et déviation standard de l'évaluation pour l'écran 1

**Tabelle 5:** Nach der Beurteilung der Versuchspersonen zulässige

**Table 5:** Permissible light protection equipment for VDTs and VDT – polarities (according to the subjective evaluation made by the test participants)

**Tableau 5:** Evaluatin des sujets sur les protections acceptables

		zulässige Lichtschutz-einrichtungen	maximale Leuchtdichte in $\text{cd}/\text{m}^2$	Klasse nach ISO 9241-7
Bildschirm 1	schwarzer HG	keine		II
Bildschirm 1	weißer HG	Folie 1 Folie 2 Horizontal 1 Horizontal 3 Vertikal 1 200 $\text{cd}/\text{m}^2$ 1000 $\text{cd}/\text{m}^2$	300 400 250 400 400 200 1000	II
Bildschirm 2	schwarzer HG	Folie 1 Folie 2 Horizontal 1 Horizontal 3 Vertikal 1 200 $\text{cd}/\text{m}^2$	300 400 250 400 400 200	I
Bildschirm 2	weißer HG	alle	bis 2500	I
Bildschirm 3	schwarzer HG	alle	bis 2500	I
Bildschirm 3	weißer HG	alle Fenster ohne Lichtschutz	bis 2500 17000	I

Transmissionsgrad der Folien führt die Leuchtdichte der Sonne zu Blendung. Die geringe Transmission führt zu niedrigen Beleuchtungsstärkeniveaus. Für Räume ohne direkte Sonne sind sie zu empfehlen.

**Horizontal-Lamellen:** Sie bieten bei hohem Sonnenstand eine gute Sicht nach außen, müssen bei tief stehender Sonne jedoch geschlossen werden um Blendung zu verhindern. Lamellen mit Lichtlenkung sorgen für ein hohes Beleuchtungs-niveau und gleichzeitige Vermeidung von Blendung.

**Vertikal-Lamellen:** Durch die Einstellung des Lamellenwinkels können die Arbeitsplätze mit direkter Sonne verschattet werden, während aus den anderen Blickrichtungen immer noch eine gute Sicht nach außen gewährleistet werden kann. Durch die diffuse Lichttransmission kann auch bei geschlossenen Lamellen ein hohes Beleuchtungsstärkeniveau im Raum erreicht werden. Blendgefahr besteht bei zu hohem Transmissionsgrad des Lamellenmaterials.

**Tabelle 6:** Bildschirmklassen und zulässige Leuchtdichten

**Table 6:** VDT classes and permissible luminance

**Tableau 6:** Classe d'écrans et luminance acceptable

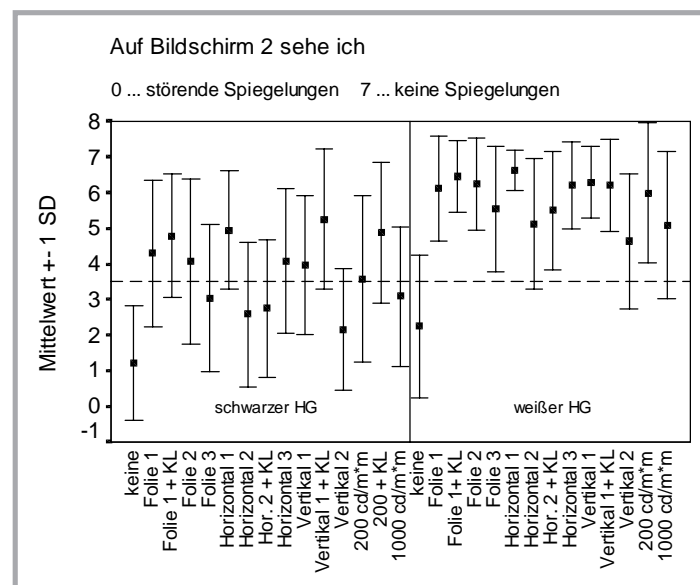
Klasse	Bildschirm-hintergrund	zulässige Leuchtdichte
II	schwarz	unter 200 $\text{cd}/\text{m}^2$
	weiß	1000 $\text{cd}/\text{m}^2$
I	schwarz	400 $\text{cd}/\text{m}^2$
	weiß	2500 $\text{cd}/\text{m}^2$
Flachbildschirm	schwarz	2500 $\text{cd}/\text{m}^2$
	weiß	17000 $\text{cd}/\text{m}^2$

**Tabelle 7:** Bewertungen durch die Versuchsleiter

**Table 7:** Evaluations made by experimenter

**Tableau 7:** Evaluation du responsable des tests

Lichtschutz	direkte Blendung		Reflexblendung an sehr gut entspiegeltem Bildschirm	
	direkte Sonne	Himmels-leuchtdichte (25000 $\text{cd}/\text{m}^2$ )	direkte Sonne	Himmels-leuchtdichte (25000 $\text{cd}/\text{m}^2$ )
Folie 1	6	0	4	3
Folie 2	6	0	4	1
Folie 3	6	0	4	6
Horizontal 1	0	0	4	4
Horizontal 2	6	0	4	6
Horizontal 3 auf	6	5	4	3
Horizontal 3 zu	2	1	3	0
Vertikal 1	0	0	0	0
Vertikal 2	6	6	6	6



**Bild 6:**

Mittelwert und Standardabweichung der Urteile für Bildschirm 2

**Figure 6:**

Mean value and standard deviation of the ratings for VDT 2

**Illustration 6:**

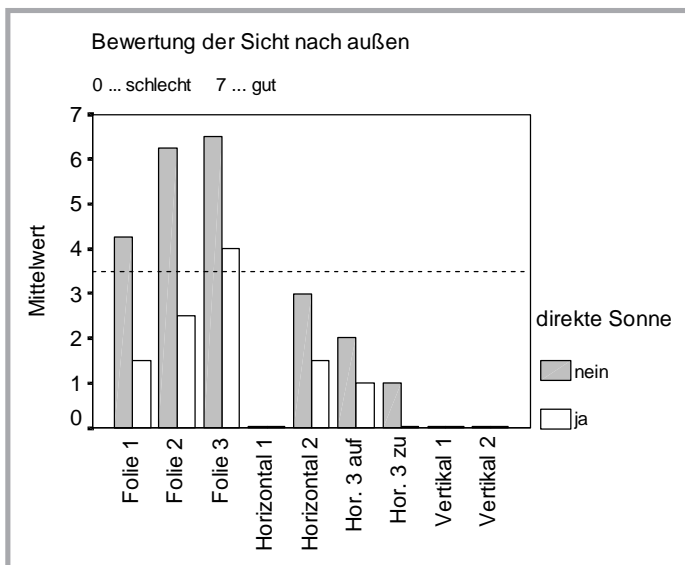
Moyenne et déviation standard de l'évaluation pour l'écran 2

Aus den genannten Ergebnissen lässt sich kein System als „das Beste“ ermitteln. Auch innerhalb der Systeme kann es große Unterschiede geben.

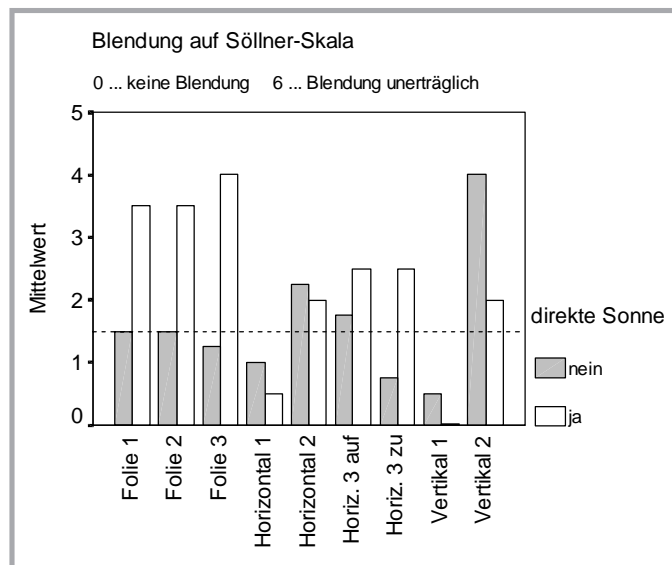
## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Aus der Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse können folgende Richtwerte geschlussfolgert werden:

- ♦ Gesamtbeleuchtungsstärke: minimal 500 lx
- ♦ Zylindrische Beleuchtungsstärke des Tageslichtes: 300 bis 1400 lx



**Bild 7:** Bewertung der Sicht nach außen  
**Figure 7:** Evaluation of outward view  
**Illustration 7:** Evaluation de la vue vers l'extérieur



**Bild 8:** Bewertung der Blendung auf der Söllner-Skala  
**Figure 8:** Evaluation of glare using the Söllner scale  
**Illustration 8:** Evaluation des réflexions selon l'échelle de Söllner

- Vertikale Beleuchtungsstärke in Richtung Fenster: 800 bis 1300 lx
- Vertikale Beleuchtungsstärke am Bildschirm: maximal 850 lx
- Zulässige Blendleuchtdichten für Bildschirme:
- schwarzer Hintergrund: Klasse II: unter 200 cd/m<sup>2</sup>, Klasse I: 400 cd/m<sup>2</sup>

- weißer Hintergrund: Klasse II: 1000 cd/m<sup>2</sup>, Klasse I: 2000 cd/m<sup>2</sup>

### LITERATUR

**Gall, D.; Vandahl, C.; Jordanow, W.; Jordanowa, S.:** Tageslicht und künstliche Beleuchtung – Bewertung von Lichtschutzeinrichtungen. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 882) Wirtschaftsverlag NW Bremerhaven 2000

**ISO 9241-7:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen

### ANSCHRIFT DER VERFASSERIN

**Dr.-Ing. Cornelia Vandahl**  
TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau, Fachgebiet Lichttechnik  
Postfach 100565  
D-98684 Ilmenau  
E-Mail: Cornelia.Vandahl@TU-Ilmenau.de