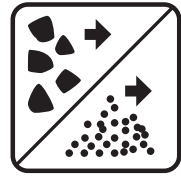




ULRICH BRENNECKE, DIETER FLOSS UND ANDREAS WENZEL

Blendungsbegrenzung bei der Visitation von Verbund-Sicherheitsglas



L 01, 05

1 AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG

In der Euroglas GmbH - einem modernen Unternehmen der Flachglasproduktion - wurde im Rahmen der Umsetzung von DIN EN ISO 9000:2000 ff. "Qualitätsmanagementsysteme" eine Vorstudie zur Ermittlung von Arbeitsplätzen mit ergonomischen Gestaltungsdefiziten in Auftrag gegeben. Darin kommt die Anerkennung der ergonomischen Gestaltung als Qualitätsmerkmal des technologischen Prozesses und wichtige Voraussetzung für die mit menschlichem Handeln verbundene Qualitätssicherung zum Ausdruck.

In Auswertung der Vorstudie erfolgte später die Auswahl einer Reihe von Arbeitsplätzen für detaillierte ergonomische Untersuchungen.

Die Vorstudie erfasste u. a. einen Arbeitsplatz für die Visitation (prüfende Besichtigung) von Verbund-Sicherheitsglas, an dem die Aufgabe besteht, Kratzer, Einschlüsse und andere Fehler zu erkennen und zu markieren. Der Arbeitsplatz ist in einem von der umgebenden Halle abgetrennten Raum untergebracht, durch den die Scheiben mittels Rollengang transportiert werden. Der Raum ist mit einer speziellen Beleuchtungsanlage ausgestattet, und es dominieren matt-schwarze (matt = diffus reflektierende) Oberflächen.

Die Beleuchtungsgestaltung und die schwarzen Oberflächen im Prüfraum sowie das darauf basierende Verfahren der Visitation führen dazu, dass die Augen des Prüfers während der Prüfung großen Leuchtdichteunterschieden ausgesetzt sind, was als unangenehm empfunden wird. Es kann deshalb vermutet werden, dass psychologische Blendung vorliegt. Unabhängig davon ist die Prüfung jedoch offensichtlich erfolgreich, denn das Unternehmen produziert auf hohem Qualitätsniveau und die Visitation betreffende Kundenreklamationen sind eher selten.

Bei der detaillierten Untersuchung bestand die Aufgabe, die Leuchtdichteverhältnisse genauer zu analysieren, die Blendungserscheinungen zu bewerten und die Leuchtdichteunterschiede zur Verringerung der Blendungserscheinungen gezielt abzubauen. Risiken, die Leuchtdichteverhältnisse zu Lasten der Prüfergebnisse zu verbessern, waren zu vermeiden.

Die Bearbeitung erfolgte im 4. Quartal 2001.

2 ANALYSE DER VISITATION

Die zu prüfenden Scheiben mit einer Länge von max. 6 m und einer Breite von max. 3,21 m gelangen auf einem Rollgang in horizontaler Lage in den Prüfraum und werden dort zur Prüfung mit Hilfe eines Kippmechanismus in annähernd senkrechte Position gebracht. So entsteht die in Bild 1 schematisch dargestellte Situation.

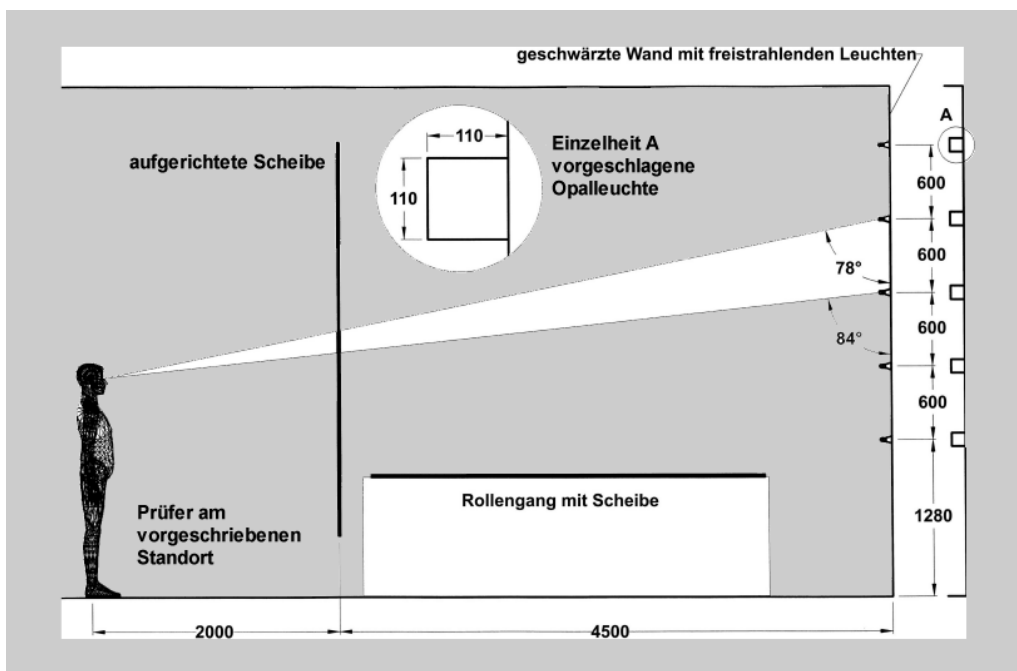


Bild 1:
Schematische Darstellung der räumlichen Verhältnisse und der Leuchtenanordnung bei der Visitation (Ist-Zustand und Zustand nach dem Austausch der Leuchten)

Der Prüfer hat die Aufgabe, aus 2 m Entfernung Glasfehler zu suchen. Dabei blickt er durch die Scheibe auf eine matt-schwarze Wand, auf der horizontal übereinander fünf geschlossene Bänder freistrahrender Leuchten angeordnet sind. Ein Leuchtenband besteht aus vier Leuchten mit je einer 58 W-Leuchtstofflampe. Die dunkel erscheinende Wand bildet zusammen mit den Leuchten hoher Leuchtdichte den Untergrund für die Abbildung der Glasfehler.



Neben der Funktion als Untergrund haben die Leuchten für die Beleuchtung der Glasscheiben und damit der Glasfehler zu sorgen.

Jede Schicht ist mit zwei Mitarbeitern besetzt, die im Wechsel von zwei Stunden prüfen bzw. andere Arbeiten außerhalb des Prüfraums ausführen. Der Wechsel erfolgt zur Entlastung der Augen.

Entscheidend für das zuverlässige Erkennen der Fehler ist, dass sich die Leuchtdichte der Fehlerobjekte möglichst deutlich von der des Untergrundes unterscheidet, so dass ausreichender Kontrast gegeben ist. Eine Besonderheit besteht darin, dass diese Objekte sehr unterschiedliche Leuchtdichten aufweisen können und somit auch unterschiedliche Untergrundleuchtdichten gefordert sind. Extremfälle sind der helle Kratzer, der nur vor einem dunklen Untergrund gut sichtbar ist, und das schwarze Schmutzteilchen, das nur vor einem hellen Untergrund gut sichtbar ist. Die Situation ist im Prinzip vergleichbar mit weißen Schriftzeichen auf schwarzem Papier (Negativdarstellung) bzw. schwarzen Schriftzeichen auf weißem Papier (Positivdarstellung). Der Unterschied besteht darin, dass Schriftzeichen als Sehobjekte und Papier eine Ebene bilden, während bei der Glasprüfung die "Objektenebene" und die "Untergrundebene" mit großem Abstand hintereinander liegen.

Die dargestellte Kontrastproblematik könnte eine Erklärung für die zuverlässige Prüfung sein, bietet doch die Rückwand mit den Leuchten hohe Leuchtdichten für dunkle Fehlerobjekte und mit den zwischen den Leuchtenbändern liegenden schwarzen Flächen niedrige Leuchtdichten für helle Fehlerobjekte. Durch die Anordnung mehrerer Leuchtenreihen wird es möglich, bei jeder Lage der Fehlerobjekte auf den Scheiben durch geringfügige Änderung der Kopf- bzw. Körperstellung die jeweils gewünschte Leuchtdichte als Untergrund hinter die gerade zu prüfende Zone der Scheibe zu bringen. Dieses durch die Prüfer routinemäßig praktizierte Verhaltensmuster bestätigte sich auch bei Laborversuchen mit kleinen Probescheiben.

3 BEWERTUNG DER BLENDUNG

Zur Bewertung der Blendung wird die Leuchtenanordnung auf der schwarzen Wand wie eine Beleuchtungsanlage behandelt, DIN 5035 Teil 1 Abschnitt 4.4 "Begrenzung der Blendung" angewendet und somit die von der Beleuchtungsanlage ausgehende psychologische (Direkt-) Blendung mit Hilfe von Grenzkurven bewertet.

Zur Anwendung dieses Bewertungsverfahrens sind einige Festlegungen erforderlich:

- Da es sich bei den Leuchten auf der Wand um "freistrahkende Leuchten bei Anordnung quer zu Blickrichtung" handelt, gilt das Bewertungsdiagramm

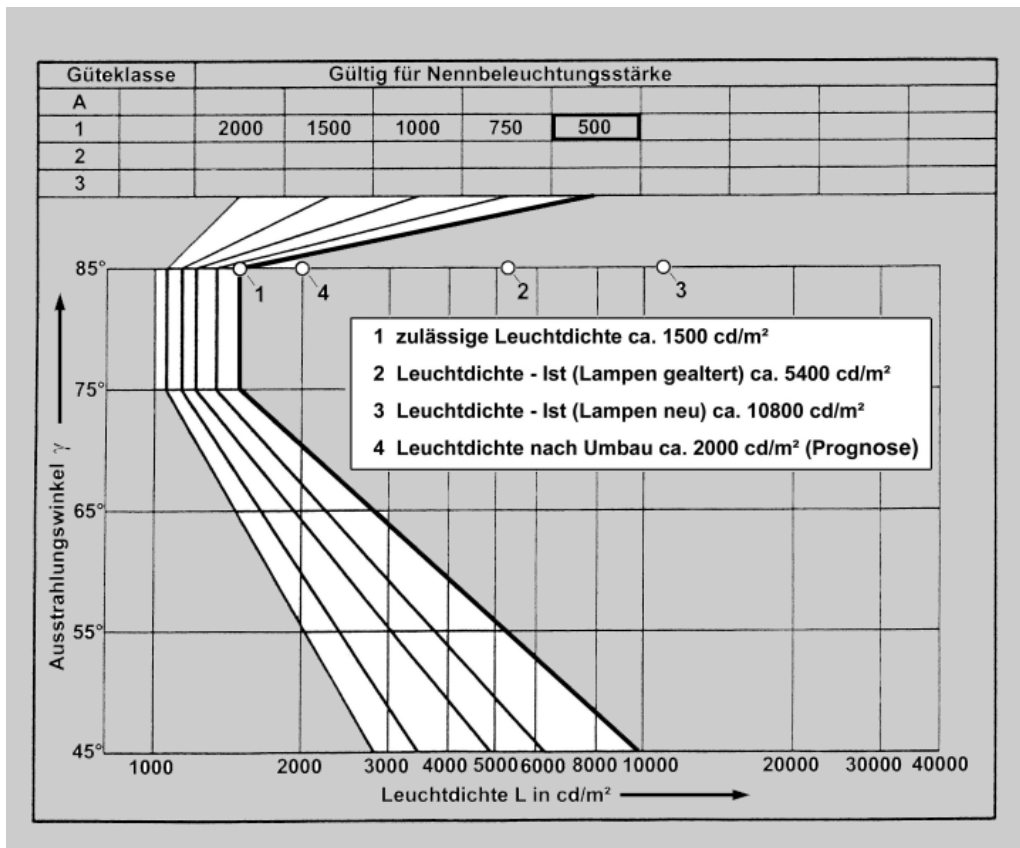


Bild 2:
 Blendungsbewertung
 mit Hilfe des
 Grenzkurven-
 verfahrens - Bild nach
 DIN 5035 Teil 1 auf
 den vorliegenden Fall
 zugeschnitten

nach Bild 3 der genannten DIN. Aus diesem Diagramm wurde durch Beschränkung und Zuschnitt auf den vorliegenden Fall Bild 2 dieses Beitrags abgeleitet.

- Zur Ermittlung der gültigen Grenzkurve ist die Güteklasse des Blendschutzes festzulegen. Entsprechende Empfehlungen sind in DIN 5035 Teil 2 enthalten, ohne dass Glasprüfung erwähnt wird. Es kann jedoch ohne Bedenken von Güteklasse 1 ausgegangen werden, da diese für vergleichbare Arbeitsplätze des Prüfens und Kontrollierens anderer Industriebereiche empfohlen wird. Die Einhaltung dieser Güteklasse sichert hohen Blendschutz. Bild 2 beschränkt sich im Interesse der Übersichtlichkeit allein auf die Darstellung der Grenzkurven dieser Güteklasse.
- Nach DIN 5035 Teil 1 Abschn. 4.4.2.1 e) - dritter Anstrich - liegt wegen der dominierenden schwarzen Flächen mit ihrem Reflexionsgrad unter 0,3 ein besonders zu berücksichtigender Sonderfall vor.

- Bei der Ermittlung der gültigen Grenzkurve ist mit der Nennbeleuchtungsstärke E_n auch das Beleuchtungsstärkeniveau im Raum zu berücksichtigen. Da der Rollengang nicht begehbar ist, war eine genaue Messung der Beleuchtungsstärke im Prüfraum nicht möglich. Auf der Grundlage von Orientierungsmessungen kann von einer Nennbeleuchtungsstärke < 300 Lux ausgegangen werden. Wegen des erwähnten niedrigen Reflexionsgrades ist jedoch die Grenzkurve für die in Bild 3 der DIN angebotene nächsthöhere Nennbeleuchtungsstärke von 500 Lux zu verwenden.

Güteklasse 1 und Nennbeleuchtungsstärke 500 Lux führen zur gültigen, dick ausgeführten Grenzkurve.

- Die ungünstigsten Ausstrahlungswinkel liegen nach Bild 2 bei 75° bis 85° . Für sie gelten die niedrigsten Werte der zulässigen Leuchtdichte. Die Abstrahlwinkel der unmittelbar oberhalb der Augenhöhe angeordneten Leuchtenbänder liegen in diesem Bereich (siehe Bild 1). Für unterhalb der Augenhöhe angeordnete Leuchtenbänder lässt Bild 2 keine Aussage zu. Als repräsentativ wurde der Winkel von 85° gewählt.

Der Schnittpunkt (1) zwischen der 85° -Linie und der markierten Grenzkurve ergibt die für den repräsentativen Fall zulässige Leuchtdichte von ca. 1500 cd/m^2 .

Die Messung der Leuchtdichten erfolgte mit einem LUMINANCE METER LS-100 von Minolta.

Wegen unterschiedlicher Nutzungsdauer sowie möglicherweise auch unterschiedlichen Alterungsverhaltens und unterschiedlicher Verschmutzung hatten die einzelnen Lampen unterschiedliche Leuchtdichten. Als Mittelwert ergab sich für den Istzustand zum Zeitpunkt der Untersuchungen beim Blick durch die Scheibe eine mittlere Leuchtdichte der Lampen von ca. 5400 cd/m^2 .

Der gemessene Wert liegt deutlich über der zulässigen Leuchtdichte und bestätigt damit psychologische Blendung.

Geht man vom Neuzustand der Lampen aus (nach einem Lampenwechsel), sind beim Blick durch die Scheibe ca. 10800 cd/m^2 erwarten. Dieser Wert resultiert aus Messungen an neuen Lampen und macht die dann zu erwartende Verschärfung der Blendsituation deutlich.

Die ermittelten Leuchtdichtewerte sind in Bild 2 eingetragen.

Ergänzend zur Blendungsbewertung nach dem Grenzkurvenverfahren und für spätere Betrachtungen wurde die Leuchtdichte zwischen den Leuchtenbändern - also auf den schwarzen Flächen - gemessen. Sie erreicht direkt neben den

Leuchten im Istzustand ca. 25 bis 30 cd/m² und fällt in der Mitte zwischen den Bändern auf ca. 10 bis 15 cd/m² ab.

Dieser für eine schwarze Fläche relativ hohe Wert ist dadurch begründet, dass die Leuchtdichte L einer Fläche neben dem Reflexionsgrad ρ auch von der Beleuchtungsstärke E abhängig ist ($L=E\rho/\pi$) - und die ist im vorliegenden Fall wegen der unmittelbar auf der Fläche installierten Leuchten hoch.

1000 Lux ergeben z. B. bei einem Reflexionsgrad der matt-schwarzen Fläche von 0,05 eine Leuchtdichte von ca. 16 cd/m².

4 SPEZIELLE PRÜFVORSCHRIFTEN

Im Zusammenhang mit der Ableitung von Gestaltungsmaßnahmen aus dem Ergebnis der Bewertung anhand allgemeingültiger Anforderungen an die Beleuchtung stellt sich die Frage nach speziellen Vorschriften zur Prüfung von Verbund-Sicherheitsglas, die bei der Gestaltung zu berücksichtigen sind. Eine solche Vorschrift stellt die DIN EN ISO 12543-6 "Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas - Aussehen" dar. Hier heißt es im Abschnitt 9 "Prüfverfahren":

"Das zu betrachtende Verbundglas wird senkrecht vor und parallel zu einem mattgrauen Schirm aufgestellt und diffusem Tageslicht oder gleichartigem Licht ausgesetzt.

Der Betrachter befindet sich in einem Abstand von 2 m von der Scheibe und betrachtet sie senkrecht (wobei sich der matte Schirm auf der anderen Seite der Glasscheibe befindet)."

Im Vergleich zum Istzustand fällt vor allem auf, dass ein "mattgrauer Schirm" empfohlen wird. Diese Empfehlung ist jedoch schon allein deshalb wenig hilfreich, weil die Kennzeichnung "Grau" nicht eindeutig ist. "Grau" bezeichnet bei der Farbgestaltung lediglich ein "Unbunt zwischen Schwarz und Weiß". Eine grobe umgangssprachliche Einordnung in diese weite Spanne erfolgt z. B. durch die Beschreibung "Hellgrau", "Mittelgrau" oder "Dunkelgrau". Die exakte Definition des Grautones erfordert die Angabe des Reflexionsgrades. Die Reflexionsgradtafel von AEG-Telefunken enthält z. B. 12 Abstufungen zwischen Schwarz und Weiß mit Reflexionsgraden zwischen 0,07 und 0,88. Die beiden Extremwerte würde man dabei - für sich allein betrachtet - bedenkenlos als "Schwarz" bzw. "Weiß" beschreiben.

Wenig hilfreich ist die Empfehlung eines mattgrauen Schirms auch deshalb, weil für den Kontrast letztlich die Leuchtdichte des Schirmes entscheidend ist - und die ist - wie oben erläutert - neben dem Reflexionsgrad auch von der Be-



leuchtungsstärke auf dem Schirm abhängig. Dazu enthält die DIN jedoch keine Angaben.

5 GESTALTUNGSMASSNAHMEN

Das Ergebnis der Blendungsbewertung macht deutlich, dass die bei der Prüfung mit den Augen zwangsläufig erfassten Leuchten Ursache für Direktblendung sind. Erste Überlegungen waren deshalb darauf gerichtet, diese von der Untergrundfläche zu entfernen und die Fläche gleichmäßig so zu beleuchten, dass die Leuchten beim Prüfen keine Direktblendung verursachen können. Die Leuchten würden damit jedoch auch als "Lieferanten" hoher Leuchtdichten auf der Untergrundfläche entfallen. Die Fläche wäre vielmehr mit einer gleichmäßigen Leuchtdichte zu wählenden Niveaus ausgestattet. Dieses Konzept hätte eine völlige Neugestaltung des Prüfraumes notwendig gemacht, aber mit Sicherheit die Blendung beseitigt.

Im Labor mit fehlerbehafteten Glasproben, verschieden gestalteten Untergründen und unterschiedlicher Beleuchtung durchgeführte Versuche ließen jedoch massiv Zweifel entstehen, dass mit dem veränderten Konzept die Fehlererkennung mindestens auf gleichem Niveau gehalten werden kann. Es wurde deshalb festgelegt, das derzeitige Prinzip der Prüfung mit auf der schwarzen Fläche installierten Leuchten beizubehalten, vor allem um - wie oben geschildert - für unterschiedliche Fehler unterschiedliche Leuchtdichten auf dem Untergrund anzubieten.

Beibehaltung des Prüfkonzeptes bedeutet aber nicht zwangsläufig Hinnahme der die Blendung bestimmenden hohen Leuchtdichten der eingesetzten Leuchten.

Die einfachste Möglichkeit, die Leuchtdichte zu reduzieren, besteht im Ersatz der freistrahrenden Leuchten durch Leuchten mit Opalglas. Mit einer entsprechenden Leuchte im Labor und vor Ort unter Mitwirkung der Glasprüfer durchgeführte Tests brachten positive Ergebnisse, sowohl was die Verringerung der Blendung als auch die Fehlererkennung betrifft.

Zusammenfassend wurde deshalb folgender Komplex von Maßnahmen vorgeschlagen:

- ◆ Umgestaltung der Leuchtenbänder durch Installation einlampiger Anbauleuchten mit Opalabdeckung - bestückt mit Dreibanden-Leuchtstofflampen neutralweiß. Es wird davon ausgegangen, dass die bisher bereits genutzte Lichtfarbe neutralweiß der oben zitierten DIN Forderung nach dem Tageslicht gleichartigem Licht hinreichend entspricht. - Siehe Bild 1 (Einzelheit A und mit Opalleuchten bestückte Wand, angedeutet am rechten Bildrand).

Nach Abschätzung anhand verfügbarer Herstellerangaben ist bei dieser Leuchte im Neuzustand mit einer Leuchtdichte von ca. 2000 cd/m² zu rechnen. Dieser Wert liegt deutlich unter dem des Neuzustandes der vorhandenen Anlage (vergleiche in Bild 2), was die Verminderung der Blendung deutlich macht. Ursachen für die niedrigere Leuchtdichte sind die Transmissionsverluste durch die Opalabdeckung und die größere Abstrahlfläche der Leuchte. Dennoch verbleibt eine Überschreitung des Grenzwertes.

Da die Opalabdeckung diffuse Transmission aufweist, wird das Licht durch die Leuchten stark gestreut, was der oben zitierten DIN-Forderung nach diffuser Beleuchtung der zu prüfenden Scheiben besser entspricht als die bisherige Beleuchtung mit freistrahrenden Leuchten.

- Um eine weitere Reduzierung der Blendung bis auf die Einhaltung des Grenzwertes zu ermöglichen, wird die gesamte Anlage dimmbar gestaltet. Die Dimmung liegt nach entsprechender Einweisung im Ermessen des Prüfpersonals.
- Die Anlage wird mit elektronischer Vorschalttechnik ausgestattet. Sie erhöht die Betriebsfrequenz der Lampen und sorgt so für völlig flimmerfreies Licht. Das führt zu einer zusätzlichen Entlastung der Augen.
- Die Schwärzung der Wand wird wegen der beschriebenen Kontrastproblematik aus Zweckmäßigkeitsgründen beibehalten. Die Umstellung auf einen helleren Grauton könnte bei Bedarf jederzeit erfolgen.

Bestandteil des Lösungsvorschlages waren die zur Entscheidungsfindung notwendigen Angaben (genaue Daten der gezielt ausgewählten Leuchte, Leuchtenhersteller und komplettes Angebot des Herstellers).

6 ABSCHLIESSENDE BLENDUNGSBEWERTUNG NACH REALISIERUNG DER VORGESCHLAGENEN MASSNAHMEN

Die Abschlussbewertung erfolgte ca. ein Jahr nach der Abschlusspräsentation und ca. drei Monate nach Umbau der Anlage. Das Ergebnis lässt sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bereits beim Betreten des Prüfraums ist eine im Vergleich zum alten Zustand deutliche Harmonisierung der Leuchtdichteverhältnisse wahrnehmbar. Es stellt sich die Frage, ob überhaupt noch von Blendung gesprochen werden kann.
2. Alle Prüfer bewerten die Maßnahmen als deutliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Besonders positiv wird die Möglichkeit herausgestellt, die Leuchtdichte der Leuchten problemlos individuell einzustellen. Die positive Einschät-



zung betrifft auch die Prüftätigkeit selbst. Statistische Aussagen zur Veränderung der Fehlerquote (zu den "übersehenen" Fehlern) liegen nicht vor.

3. Kontrollmessungen ergaben folgende Werte:

Leuchtdichte der Leuchten bei Dimmung durch Prüfer X ca. 550 cd/m²

Prüfer X meint, dass er von allen Kollegen die niedrigste Leuchtdichte einstellt.

Maximale Leuchtdichte der Leuchten ca. 1900 cd/m²

Prüfer X meint, dass einige Kollegen mit dieser Maximalleuchtdichte arbeiten.

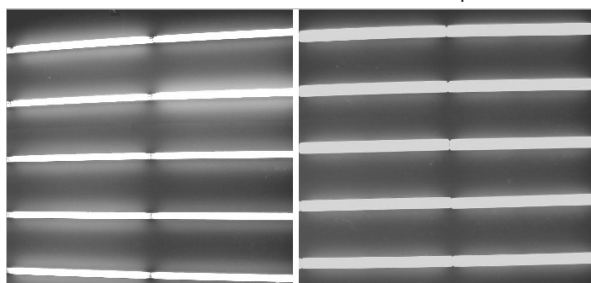
4. Als Maximalwert der Leuchtdichte waren 2000 cd/m² vorausgesagt worden. Die Messungen bestätigen die Prognose hinreichend, zumal die neuen Lampen nach ca. drei Monaten - im durchgehenden Drei-Schichtsystem genutzt - bereits erste Alterungserscheinungen zeigen dürften.

5. Der niedrige Leuchtdichtewert von 550 cd/m² lässt anhand von Bild 2 erkennen, dass offensichtlich auch vollkommen ohne Blendung gearbeitet werden kann, wobei sich keine Aussagen zu den Prüfergebnissen treffen lassen. Das gilt aber für alle Dimmeinstellungen.

Mit Bild 3 wird versucht, einen optischen Eindruck für die Wahrnehmung der mit Leuchten bestückten Wand vor und nach der Umgestaltung zu vermitteln.

Bild 3: Leuchtdichteverhältnisse beim Blick auf die mit Leuchten bestückte schwarze Wand (links mit freistrahlenden Leuchten, rechts nach der Umgestaltung mit Opalleuchten)

Nach erfolgreichem Abschluss des Vorhabens wurde dem Unternehmen empfohlen, im Interesse der vollen und dauerhaften Nutzung der erreichten Verbesserungen die regelmäßige Reinigung der Leuchten und den geschlossenen Wechsel aller Lampen nach Ablauf der vom Hersteller angegebenen normativen Lebensdauer zu sichern. Einzelauswechslung der Lampen je nach Lampenausfall hätte sehr bald zur Folge, dass die Leuchten unterschiedliche Leuchtdichten aufweisen, was das einheitliche Erscheinungsbild stört und zu Abstrichen an den Vorzügen des Dimmens führt.



LITERATURVERZEICHNIS

AEG-Telefunken: Lichttechnik/Beleuchtungsplanung - Reflexionsgradtafel, Geschäftsbereich Lichttechnik, Springe, ohne Ausgabejahr.



DIN 5035 Teil 1: Beleuchtung mit künstlichem Licht - Begriffe und allgemeine Anforderungen, Juni 1990.

DIN 5035 Teil 2: Beleuchtung mit künstlichem Licht - Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien, September 1990.

DIN EN ISO 12543: Glas im Bauwesen - Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas - Teil 6: Aussehen, August 1998

RESTRICTION OF GLARE INTENSITY DURING VISITATION OF COMPOUND SAFETY GLASS

At a company manufacturing sheet glass, staff at the "visitation" working place has the task to identify and mark defects in compound safety glass. A special room with special lighting was set up for this purpose. During visitation, the inspector looks through the pane in front of him at a matt black wall where five continuous rows of bare tubular fluorescent lamps are arranged one above the other. He is directly dazzled by the light.

Our task was to evaluate this glare and propose measures aimed at restricting the glare intensity. Glare evaluation was effected by luminance measurements performed in accordance with DIN 5035 Part 1. The amount by which the valid luminance limiting curve was exceeded indicated the degree of glare in the actual state.

Based on tests carried out in the laboratory we came to the conclusion that because of the different luminance of glass defects it is possible to offer different luminance as a background too, in order to ensure the necessary contrast for defects with both bright and dark appearance. However, the extremely great luminance of general-diffuse luminaires is not required for this purpose. Therefore we proposed to replace them with dimmable luminaires with opal coverings, whose substantially lower luminance is individually variable. Furthermore electronic ballasts guarantee flicker-free light. The desired glare restriction was confirmed by measurements taken after the implementation of the proposals and by employee surveys. Individual dimming, by means of which the glare can be completely prevented, has proven particularly successful.

LIMITATION DE L'ÉBLOUISSEMENT PENDANT LE CONTRÔLE DU VERRE DE SÉCURITÉ FEUILLETÉ

Dans une entreprise de fabrication de verres plats, un poste de contrôle a été prévu pour assurer le dépistage et le marquage des défauts susceptibles d'être présents dans le verre de sécurité feuilleté. Une chambre dotée d'un éclairage spécial a été aménagée à cet effet. Ayant traversé la vitre placée devant la personne effectuant les contrôles, le regard de celle-ci tombe sur une paroi de couleur noir pâle sur laquelle sont installées cinq bandes de lampes à rayonnement libre disposées les unes au-dessus des autres. L'effet subi par le contrôleur est celui d'un éblouissement direct.

La mission consistait à évaluer cet éblouissement et à proposer des mesures pour le limiter. L'évaluation de l'éblouissement a été effectuée sur la base de mesures de la luminance



réalisées selon DIN 5035, 1ère partie. Le degré d'éblouissement existant dans l'état actuel est illustré par le dépassement de la courbe limite en vigueur pour la luminance.

Les études effectuées en laboratoire ont permis de montrer qu'étant donné que les luminances des défauts varient d'un verre à l'autre, il faut également proposer des fonds ayant des luminances différentes afin d'assurer le contraste nécessaire, et ceci aussi bien dans le cas des défauts d'apparence claire que dans celui des défauts d'apparence sombre. Toutefois, pour ce faire, il n'est pas indispensable d'avoir la luminance extrêmement élevée des lampes à rayonnement libre. Aussi a-t-il été proposé d'utiliser à la place de celles-ci des lampes opalines à gradateur de lumière dont la luminance sensiblement plus faible est réglable individuellement. Le matériel électronique installé en amont permet par ailleurs d'assurer une lumière sans scintillements.

Les mesures effectuées après la mise en œuvre des préconisations ainsi que les réponses données par le personnel ont confirmé que l'objectif recherché a bien été atteint avec la limitation de l'éblouissement. Le fait de pouvoir faire varier l'intensité lumineuse à titre individuel pour supprimer totalement l'éblouissement a donné des résultats particulièrement positifs.

ANSCHRIFT DER VERFASSER



Dipl.-Ing. Ulrich Brennecke, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb, Postfach 4120, D-39016 Magdeburg, E-Mail: ulrich.brennecke@mb.uni-magdeburg.de. Wissenschaftlicher Mitarbeiter, tätig auf den Gebieten Ergonomie, rechnergestützte Arbeitsgestaltung, Geräteeinsatz



Dr.-Ing. Dieter Floß, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb, Postfach 4120, D-39016 Magdeburg, E-Mail: dieter.floss@mb.uni-magdeburg.de. Hochschuldozent, tätig auf den Gebieten arbeitswissenschaftliche Grundlagenausbildung, Arbeitsplatz- und Arbeitsumweltgestaltung, Arbeitsschutz/Arbeitssicherheit



Dipl.-Ing. Andreas Wenzel, Euroglas GmbH Haldensleben Dammühlenweg 60, D-39340 Haldensleben, E-Mail: a.wenzel@euroglas.com. Qualitätssicherheitsbeauftragter, verantwortlich für die qualitätsorientierte Organisation der Unternehmensprozesse