Zeitschrift: Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten

Band: 87 (1980)

Heft: 11

Rubrik: Beleuchtung

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

weggeflossen. An keiner einzigen Stelle wurden die Störungsverhältnisse für Luft, d.h. 20 kV/cm, je erreicht.

Die Erklärung für dieses Phänomen ist der Bürstenentladungseffekt: wenn die rostfreien Bekinox®-Metallfasern einem elektrostatischen Feld ausgesetzt sind, erhält man einen Hochspannungsgradienten an der Oberfläche der feinen Fasern; wenn das elektrostatische Feld an der Faseroberfläche ein bestimmtes Niveau überschreitet, wird die Luft in der Nähe ionisiert, und die aufgeladenen Luftmoleküle beginnen die elektrostatische Aufladung zu neutralisieren. Für das Muster mit 1,79% Bekinox® haben wir den Koronastrom aufgezeichnet, der fliesst, sobald Schalter S geöffnet wird und die Kapazität bis 30 kV aufgeladen ist (Fig. 6).

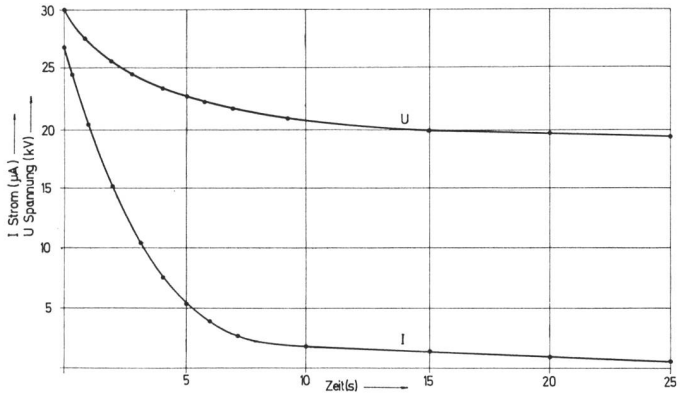

Fig. 6: Spannungs- und Stromkurve bei der Korana-Entladung durch die Metallfasern
Filtertuch: Polyester + 1,79% Metallfasern

Der Koronastrom fängt bei 28 µA an und endet bei 0,3 µA nach 25 sek. Aus dem Strompfad können wir die Energiezerstreuung in den Stromkreis berechnen und demzufolge in jedem Punkt die entsprechende Spannung auf der Kugel bestimmen.

Kurve U von Fig. 6 zeigt den Pfad des Potentials auf der Kugel in Funktion zur Zeit. Für die gegebene Öffnung von 4 cm wird die Spannung von 30 kV auf 19 kV herabgesetzt; das elektrostatische Feld wird von 7,5 kV/cm auf 4,7/cm herabgesetzt.

Der Energieverbrauch im Stromkreis war 2600 mJ. Im Vermögen sind noch 1900 mJ übrig.

Wird aber die Kugel bis auf 3 cm vom Filtertuch gebracht, so wird das elektrostatische Feld bis 6,3 kV/cm erhöht. Der Koronastrom beginnt wieder zu fliessen und reduziert das elektrostatische Feld bis 4,7 kV/m. Die Endspannung bei 3 cm ist 14,1 kV.

Abstand Kugel – Filtertuchmuster mit 1,79% Bekinox® (mm)	Übrige Spannung auf Kugel (kV)
40	19
30	14
20	9,5
10	4,7
5	2,3
2	0,9
1	0,4

Tabelle 7: Korona-Effekt Bekinox®-Fasern – Spannungsverlust

Tabelle 7 zeigt die übrigen Spannungen in verschiedenen Entfernungen, wenn sich die Kugel dem Filtertuchmuster nähert. Wir können sehen, wie die Spannung durch den Bürstenentladungseffekt der Bekinox®-Fasern bis fast auf 0 herabgesetzt wird. Wir glauben, dass dieser Bürstenentladungseffekt der Bekinox®-Fasern, der das elektrostatische Feld um die Filtertuchsäcke unterhalb der gefährlichen Luftstörungsverhältnisse hält, ein bedeutender Beitrag zur Verminderung des Risikos statischer Elektrizität ist.

Schlussfolgerungen

Aus verschiedenen offiziellen Berichten kann man folgern, dass wenigstens 10% aller Staubexplosionen durch elektrostatische Entladung verursacht werden. Niemand weiss aber, wieviel von den übrigen, unbekannten 20% ebenfalls mit statischer Elektrizität zu tun hatten.

Rostfreie Bekinox®-Metallfasern können leicht in Filtertüchern nach bestehenden Textilverfahren eingearbeitet werden und stellen eine elegante und wirksame Methode dar, um das elektrostatische Risiko in Staubfiltrierungsanlagen zu reduzieren.

Die hohe Leitfähigkeit der Tücher mit Bekinox® vermindert die Aufladung der abgelagerten Staubschicht bis auf ein sehr niedriges und harmloses Niveau.

Der Bürstenentladungseffekt der Bekinox®-Fasern, der sanft die elektrostatischen Aufladungen entkräftet, die von der Filtertuchoberfläche weggenommen werden, bietet eine hinzukommende und wichtige Hilfe zur Verminderung des elektrostatischen Risikos bei der Staubfiltrierung.

Ph. Vansteenkiste, Metallfaserabteilung,
N.V. Bekaert, Zwevegem, Belgien

Beleuchtung

Die Beleuchtung von Büroräumen mit Datensichtgeräten

Die rasante Entwicklung der Elektronik führt u.a. dazu, dass immer mehr Arbeitsplätze im Bürobereich mit Datensichtgeräten ausgerüstet werden. Der hierdurch erzielbare Rationalisierungseffekt und die Entlastung des Personals von monotoner Routinearbeit wird aber leider häufig überschattet durch eine erschreckende Zunahme der Klagen über Augenbrennen, Kopfschmerzen, Rückenbeschwerden und allgemeine Ermüdungs- und Erschöpfungszustände. Da solche asthenopischen Beschwerden vor allem an Arbeitsplätzen auftreten, die wenig oder gar kein natürliches Tageslicht erhalten, liegt die Vermutung nahe, dass die künstliche Beleuchtung nicht unschuldig an diesen Unzuträglichkeiten ist. Im folgenden soll dieser Aspekt näher untersucht und ein Beleuchtungskonzept diskutiert werden, das den Anforderungen an die visuelle Gestaltung solcher Arbeitsplätze besser gerecht wird.

Bild 1 zeigt die Hauptursachen für übermässige Augenbeanspruchung am Bildschirmarbeitsplatz und die dadurch ausgelösten astheopischen Beschwerden:

- zu grosse Helligkeitsunterschiede im Gesichtsfeld, d.h. zwischen Beleg, Tastatur und Bildschirm und zwischen dem engeren Arbeitsplatz und der Umgebung

- Spiegelung der Raumbeleuchtung auf dem Bildschirm, auf der Tastatur und auf dem Schriftgut (z.B., wenn dieses in einer Klarsichtmappe steckt)

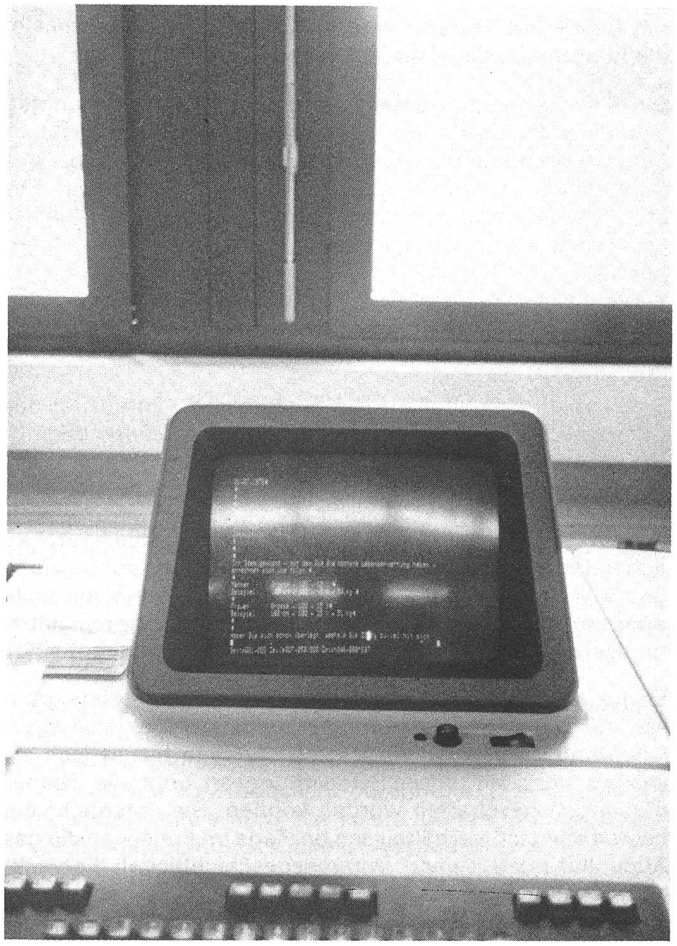

Bild 1: Bildschirmarbeitsplatz mit mangelhafter visueller Gestaltung. Die Helligkeitsunterschiede zwischen Arbeitsplatz, Tastatur, Bildschirm und Umgebung sind zu gross und lösen bei jedem Blickwechsel Adaptationsänderungen aus. Die Deckenbeleuchtung spiegelt sich im Bildschirm und erschwert die Lesbarkeit.

Zu grosse Helligkeitsunterschiede im Gesichtsfeld führen beim Blickwechsel (z.B. vom Beleg auf den Bildschirm) zu einer Anpassung der Augenempfindlichkeit. Dabei ändert sich vor allem der Durchmesser der Pupille, und da dies viele 1000 Male am Tag geschieht, bedeutet es eine merkliche Mehrbelastung. Ausserdem wird dadurch die Aufmerksamkeit abgelenkt, und die Konzentration lässt nach.

Viel gravierender sind aber die Störungen durch Spiegelungen und Glanz auf dem Sehobjekt. Dabei wird üblicherweise die Ansicht vertreten, Ursache sei die Kontrastminderung, d.h. der Umstand, dass die Schrift im Bereich der Spiegelungs- bzw. Glanzzonen nur noch schwer oder gar nicht mehr erkennbar ist. Dies ist aber nur ein Teilaspekt. Die eigentliche Ursache der Beschwerden ist die Tatsache, dass bei beidäugigem Sehen das eine Auge die Spiegelung an einem anderen Ort und meist auch anders geformt sieht als das andere (Bild 2). Deshalb kann im Sehzentrum des Gehirns kein einheitliches Bild entstehen. Dies löst unbewusste Akkommodationsreize aus, d.h. die Linsenkrümmung ändert sich, und die Stellung der Augenachsen zueinander wird variiert. Da dies die Sehverhältnisse nicht verbessert, bleibt die Augenmuskulatur in einem dauernden, unnatürlichen Spannungszustand und löst früher oder später die oben erwähnten asthenopischen Beschwerden aus.

Ob solche störenden Erscheinungen auftreten oder nicht, ist in erster Linie abhängig von der Oberfläche der Sehobjekte: mattes Material spiegelt nicht. Bei glatten Oberflächen sind Glanz und Spiegelungen von folgenden Faktoren abhängig:

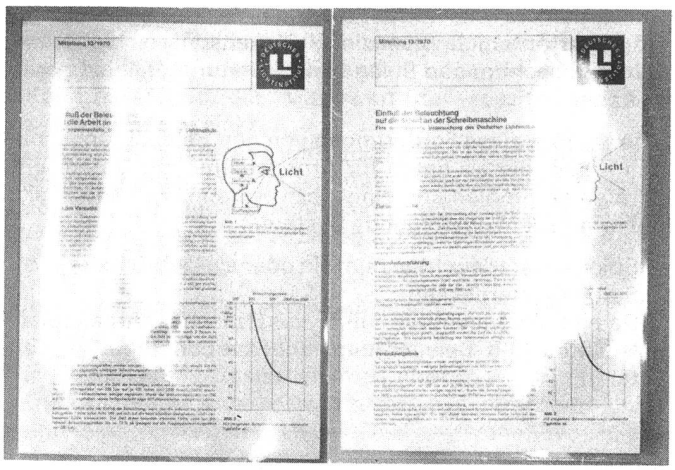

Bild 2: Glänzende Oberfläche, mit linkem und rechtem Auge betrachtet. Glanz und Spiegelungen auf dem Arbeitsgut erschweren nicht nur die Lesbarkeit der darunter liegenden Schrift. Sie reizen auch permanent den Akkommodationsmechanismus, weil das linke Auge die Reflexe in anderer Form und an anderem Ort sieht als das rechte. Bei beidäugigem Sehen entstehen dadurch sehr störende Doppelbilder.

- Lichteinfallsrichtung
- Beobachtungsrichtung
- Lage und Neigung des Sehobjektes
- Grösse der Lichtquelle
- Leuchtdichte der Lichtquelle
- Beleuchtungsstärke auf dem Sehobjekt

Die ersten drei Punkte betreffen die Geometrie der Anlage, denn Glanz und Spiegelung gehorchen den optischen Gesetzen der Reflexion, wie man sie an jedem Spiegel beobachten kann. Sie lassen sich also dadurch beeinflussen, dass man die Leuchten versetzt, den Arbeitsplatz verschiebt, die Kopf- oder Körperhaltung ändert und das Sehobjekt verstellt. In der Praxis sind diesen Massnahmen allerdings meist enge Grenzen gesetzt.

Ist die Lichtquelle sehr grossflächig, überdecken sich die Glanzbilder beider Augen, es entsteht der Eindruck einer einzigen grossen Fläche, die dann keine Akkommodationsreize auslöst. Ist die Lichtquelle dagegen schmal und langgestreckt, wie bei Einzelleuchten und Lichtbändern mit Leuchtstofflampen, so entstehen auch schmale, streifige Glanzzonen und Spiegelungen, die den Akkommodationsmechanismus besonders intensiv reizen.

Die Leuchtdichte (d.h. der Helligkeitseindruck) der Glanz- und Spiegelungszonen ist proportional zu der Leuchtdichte der Lichtquellen in Einstrahlrichtung, während die Leuchtdichte der nichtglänzenden Teile des Sehobjektes proportional zur Beleuchtungsstärke ist. Um also die Intensität des Glanzes zu vermindern und die Erkennbarkeit der Schrift innerhalb der Glanzzonen zu verbessern, muss die Leuchten-Leuchtdichte niedrig und die Beleuchtungsstärke hoch sein.

Da in der Praxis davon ausgegangen werden muss, dass ein grosser Teil der Sehobjekte mehr oder weniger glänzende Oberflächen aufweist und die Anlagengeometrie nur beschränkt variabel ist, müssen an die Beleuchtungsanlage folgende Forderungen gestellt werden:

- niedrige Leuchtdichten in allen Ausstrahlungsrichtungen
- grosse homogene Leuchtflächen ohne scharfe Randbegrenzung
- ausreichende Horizontalbeleuchtungsstärke

Ausserdem ist ein hoher Anteil an Vertikalbeleuchtungsstärke erforderlich, um die Helligkeitsunterschiede zwischen Bildschirm und Beleg bzw. Tastatur möglichst gering zu halten.

Wie werden diese Forderungen von den Beleuchtungsanlagen erfüllt, die bis heute für Arbeitsräume mit Datensichtgeräten empfohlen und eingesetzt werden? Es handelt sich dabei vor allem um folgende Systeme:

- Spiegelrasterleuchten (einzeln oder als Lichtbänder)
- Spiegelrasterdecken
- Spiegelrasterleuchten mit zusätzlichen Arbeitsplatzleuchten (2-K-Beleuchtung = 2-Komponenten-Beleuchtung)

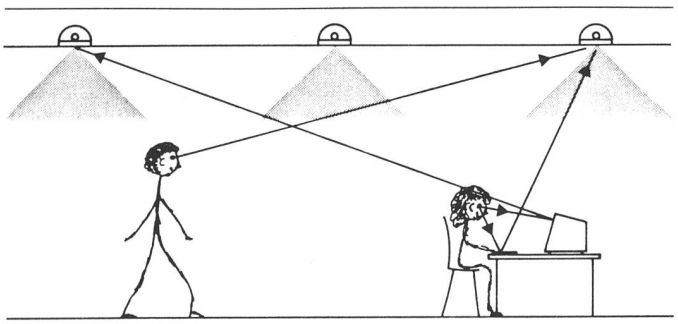

Bild 3: Ausstrahlungsbereich von Spiegelrasterleuchten und Hauptblickrichtungen. Beim Blick geradeaus oder auf einen vertikalen bzw. leicht geneigten Bildschirm erscheint die Leuchte dunkel und stört nicht. Beim Blick auf horizontales Arbeitsgut mit glatter Oberfläche ist das Spiegelbild der Leuchte jedoch sehr hell und beeinträchtigt das Sehen erheblich.

Bei diesen Systemen tritt im Ausstrahlungsbereich oberhalb von 60° gegen die Senkrechte praktisch kein Licht mehr aus. Die Leuchten erscheinen in normaler Blickrichtung auch im eingeschalteten Zustand dunkel, man erkennt nicht, woher das Licht kommt. Dementsprechend sind auch die meist vertikalen Bildschirme spiegelungsfrei (Bild 3). Im Ausstrahlungsbereich zwischen 0° und 40° ist die Leuchtdichte dagegen ausserordentlich hoch und erzeugt deshalb auf horizontalen oder leicht geneigten Sehobjekten intensive Glanz- und Spiegelstörungen (Bild 4). Zudem sind die

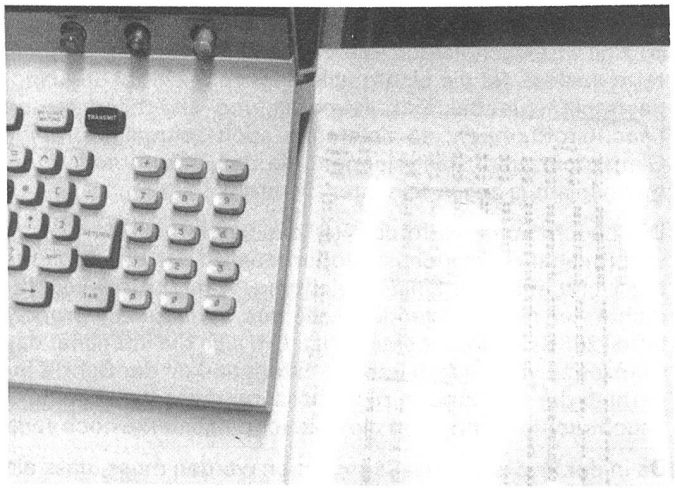

Bild 4: Beleg in Klarsichtmappe und Tastatur bei Beleuchtung mit Spiegelrasterleuchten. Intensiver, streifiger Glanz mit deutlicher Begrenzung. Starke Störung.

Leuchtflächen (auch bei Spiegelrasterdecken) schmal, langgestreckt und gegen die Umgebung scharf abgegrenzt, so dass der besonders unangenehme streifige Glanz entsteht.

Wegen der vorwiegend tiefstrahlenden Lichtverteilung ist der Anteil an Vertikalbeleuchtungsstärke sehr gering. Dadurch wirkt nicht nur der Raum drückend und düster, auch der Helligkeitsunterschied zwischen dem ohnehin meist dunklen Bildschirm und den sehr hellen Horizontalflächen mit Beleg und Tastatur wird unzulässig hoch und belastet die Adaptationsfähigkeit des Auges zu stark.

Die 2-Komponenten-Beleuchtung verstärkt die genannten negativen Eigenschaften noch. Da ein Teil der Beleuchtungsstärke durch die Arbeitsplatzleuchte erzeugt wird, verwendet man für die Allgemeinbeleuchtung meist nur einflammige Leuchten, die leuchtende Fläche wird bei gleicher Leuchtdichte also schmaler und damit der Glanz noch streifiger. Da Arbeitsplatzleuchten praktisch keinen Beitrag zur Vertikalbeleuchtung leisten, wird dieser Anteil noch kleiner, die Helligkeitsunterschiede beim Blickwechsel also noch grösser.

Schliesslich ist bei allen drei Systemen die Intensität des Glanzes so gross, dass eine befriedigende Zeichenerkennbarkeit nur bei Beleuchtungsstärken möglich wäre, die nicht mehr wirtschaftlich realisierbar sind.

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass die heute üblichen Beleuchtungslösungen die Forderungen für befriedigende Sehverhältnisse an Bildschirm-Arbeitsplätzen nicht oder nur mangelhaft erfüllen, so dass die erwähnten asthenopischen Beschwerden nur die logische Konsequenz sind.

Es gibt jedoch eine Möglichkeit, diese Probleme ohne grossen Aufwand zu meistern: die grossflächige Indirektbeleuchtung. In zahlreichen Untersuchungen hat es sich erwiesen, dass mit dieser Beleuchtungsart optimale Sehbedingungen geschaffen werden können. Sie entspricht am besten den Lichtverhältnissen bei Tage im Freien, an die das Auge aufgrund seiner stammesgeschichtlichen Entwicklung optimal angepasst ist. Dass sie sich trotz dieser Vorteile noch nicht hat durchsetzen können, beruht vor allem auf folgenden Argumenten:

- Indirektleuchten müsse man unterhalb der Decke anordnen, die niedrige Raumhöhe lasse dies aber meistens nicht zu. Ausserdem beeinträchtigen die vielen Leuchten den Raumeindruck.
- Der Lichtaustritt sei sehr verstaubungsanfällig.
- Wegen des schlechten Wirkungsgrades sei der Energieverbrauch hoch.
- Die Beleuchtungsenergie werde voll als Kühllast wirksam.
- Die Beleuchtung wirke monoton und sei zu schattenarm.

Diese Nachteile lassen sich jedoch vermeiden, wenn man eine arbeitsplatzorientierte Indirektbeleuchtung durch hochstrahlende Tisch- oder Ständerleuchten mit Halogen-Metalldampflampen wählt, die bei den Arbeitsplätzen aufgestellt oder mit diesen intergriert werden (Bild 6). Die Vorteile dieses Beleuchtungssystems sind:

- Der Deckenabstand ist auch in niedrigen Räumen ausreichend, weil der Lichtaustritt nur knapp über Augenhöhe liegen muss.
- Wegen der hohen Lichtstromkonzentration der Halogen-Metalldampflampen sind die Leuchten kompakt und die Stückzahl klein.
- Wegen der starken Konvektionsströmung um die heisse Lampe verschmutzen die Leuchten nur wenig.
- Der Unterhalt ist einfach und wenig zeitraubend, da keine Leiter benötigt wird und die Leuchtenzahl nur etwa 25% gegenüber einer konventionellen Anlage mit Leuchtstofflampen beträgt.
- Die Leuchtenabstände sind gross genug, um deutliche Helligkeitsunterschiede an der Decke zu erreichen. Die

Bild 6: Grossraumbüro mit arbeitsplatzorientierter Indirektbeleuchtung durch hochstrahlende Tischleuchten mit Halogen-Metalldampflampen. Man erkennt deutlich die lebendige Helligkeitsverteilung an der Decke und die Reduktion der Beleuchtung in der Hauptverkehrszone (rechts). Die Leuchten selbst (z.B. links vor der Pflanzengruppe und über der rechten hinteren Ecke des rechten Schreibtisches) fallen fast nicht auf.

Beleuchtung wirkt also nicht monoton, und die Schattigkeit ist ausreichend.

- Durch die aufgehellte Decke erscheint der Raum freundlich und wie von Tageslicht durchflutet. Dies fördert die Aktivation und erhöht die Leistungsfähigkeit. Auch die Vertikalbeleuchtungsstärke ist wesentlich erhöht.
- Für Arbeitsplätze mit Datensichtgeräten ergeben sich besonders günstige Sichtverhältnisse. Durch die hohe Vertikalbeleuchtungsstärke bleiben die Helligkeitsunterschiede im Blickbereich erträglich. Allfällige Reflexe auf Bildschirm, Tastatur und Beleg sind grossflächig und von geringer Intensität (Bild 5). Deshalb werden Adaptations- und Akkommodationsfähigkeit des Auges kaum beansprucht und damit die Seharbeit wesentlich erleichtert.

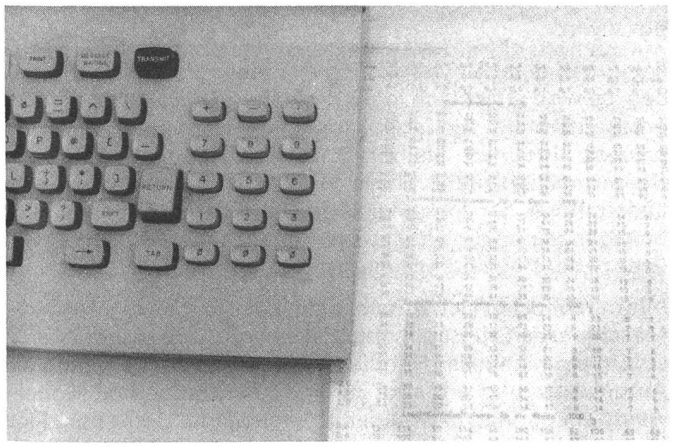

Bild 5: Gleicher Arbeitsplatz wie bei Bild 4, jedoch bei Indirektbeleuchtung. Grossflächiger Glanz geringer Intensität. Schrift auch im Glanzbereich deutlich lesbar. Störungsfreies Sehen.

Der Energiebedarf ist sehr niedrig. In Grossraumbüros kann er sogar gegenüber den wirtschaftlichsten konventionellen Systemen deutlich gesenkt werden. Die Gründe sind:

- Der Leuchtenwirkungsgrad ist wegen der kompakten Lichtquelle sehr hoch, zumal der Lichtaustritt nicht durch Raster und Blenden behindert wird.
- Weil die Leuchten den Arbeitsplätzen zugeordnet sind, passt sich das Beleuchtungsniveau zwangsläufig dem unterschiedlichen Helligkeitsbedarf der verschiedenen Raumzonen an: der Mittelwert der spezifischen Anschlussleistung sinkt.
- Die Anschlussleistung wird auch ohne Tageslicht-abhängige Steuerung im Jahresmittel zu weniger als 70% beansprucht, weil jede Leuchte individuell schaltbar ist und nur brennt, wenn der Arbeitsplatz besetzt ist und künstliches Licht benötigt.

Klimatechnisch stellen sich keine besonderen Probleme:

- Die Kühllast durch die Beleuchtung im Sommer ist auch in Grossraumbüros sehr niedrig (unter 14 W/m²).
- Die Leuchtenwärme besteht zu 80% aus Infrarotstrahlung und wird deshalb erst an der Decke wirksam, wo sie mit der Abluft weggeführt werden kann.

Auch die Investitionskosten sind kleiner als bei konventionellen Systemen:

- Es werden weniger Leuchten benötigt.
- Die Elektroinstallation in der Decke entfällt.
- Die Montagekosten reduzieren sich auf ein Minimum.
- Bei Doppeldecken kann der Hohlraum auf das Mass reduziert werden, das für die lufttechnischen Anlagen nötig ist.

Zwar besitzen Halogen-Metalldampflampen gewisse Eigenheiten, die bei den bisher üblichen Lichtquellen nicht in Erscheinung treten. Sie lassen sich aber durch entsprechende Massnahmen bei der Planung und Ausführung berücksichtigen und bieten deshalb keine grundsätzlichen Probleme.

Zusammenfassung

Arbeitsplätze mit Datensichtgeräten stellen in visueller Hinsicht hohe Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsplatz und Umgebung, weil sich die Sehaufgaben (Beleg, Tastatur, Bildschirm) in verschiedenen Ebenen befinden und häufig glänzende oder spiegelnde Oberflächen vorkommen. Bei den bisher üblichen konventionellen Systemen für die künstliche Beleuchtung führt dies immer wieder zu starken Helligkeitsunterschieden im Gesichtsfeld und zu störenden Glanz- und Spiegelungserscheinungen, die die Adaptations- und Akkommodationsmechanismen des Auges über Gebühr beanspruchen. Die Folge sind massive asthenopische Beschwerden wie Augenbrennen, Kopfschmerzen, Rückenbeschwerden und allgemeine Ermüdung.

Wirksame Abhilfe ist auf wirtschaftliche Art nur möglich durch eine indirekte Raumbeleuchtung mit hochstrahlenden Tisch- oder Ständerleuchten für Halogen-Metalldampflampen, die bei den Arbeitsplätzen aufgestellt oder mit diesen intergriert werden. Eine solche Beleuchtung schafft nicht nur optimale Sehbedingungen an Arbeitsplätzen mit und ohne Datensichtgerät. Sie lässt auch den gesamten Raum freundlicher und natürlicher erscheinen, was sich positiv auf Leistungsfähigkeit und Arbeitsmoral auswirkt.

Gerade bei Bildschirm-Arbeitsplätzen darf man aber nicht vergessen, dass Beschwerden auch durch andere Einflussfaktoren ausgelöst werden können, wie z.B. falsche oder fehlende Augenkorrektur, schlechte Gestaltung und ungünstige Plazierung des Bildschirmterminals usw. Bei der Analyse bestehender unbefriedigender Anlagen und bei der Neuplanung müssen diese Gesichtspunkte ebenfalls sorgfältig geprüft und berücksichtigt werden.

Dipl.-Ing. Carl-Heinz Herbst, c/o Brauchli + Amstein AG, 8008 Zürich