

Zeitschrift: Werk, Bauen + Wohnen
Band: 76 (1989)
Heft: 10: Alltagsfunktionen : Arbeiten im Büro = Fonctions ordinaires : travaux au bureau = Routine functions : work in the office

Artikel: Licht am Arbeitsplatz : über Kunst- und Naturlicht = La lumière au poste de travail : sur la lumière artificielle et naturelle
Autor: Bartenhach, Christian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-57624>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

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

Licht am Arbeitsplatz

Über Kunst- und Naturlicht

80–90% unserer Informationen erhalten wir über unser visuelles Wahrnehmungssystem. Die zunehmende Informationsdichte, eine immer leistungsfähigere Computertechnologie und komplexe, intelligente Arbeitsprozesse stellen höchste Anforderungen an das menschliche Wahrnehmungssystem. Das Büro wird immer mehr ein Ort konzentrierter Visualität.

Sur la lumière artificielle et naturelle

Nous recevons 80 à 90% de nos informations par notre système de perception visuelle. La densité croissante de l'information, une technologie des ordinateurs toujours plus performante et des procédés de travail complexes et élaborés exigent beaucoup des systèmes de perception humains. Le bureau devient un lieu où se concentrent de plus en plus de processus visuels. (*Texte en français voir page 69.*)

On Artificial and Natural Light

80 to 90% of our information is taken in through our eyes. The increasing density of information, ever more efficient computer technology and complex, intelligent work processes make very high demands on the human visual capacity. The office is becoming increasingly a locus of concentrated visual activity.

Das Licht wird oft als Helligkeit missverstanden. Richtige Informationsaufnahme ist hingegen die genaue Betrachtungsweise. Schlechte Beleuchtungsverhältnisse sind nicht unmittelbar spürbar. Unangenehme oder zu laute Geräusche bemerken wir sofort. Dementsprechend reagieren wir. Beim Licht funktioniert das allerdings nicht, denn schlechte Sehbedingungen werden nicht bewusst wahrgenommen. Der Computer unseres Auges gleicht die optischen Unzulänglichkeiten automatisch aus. Er fügt selbst bruchstückhafte Bilder zu brauchbaren Informationen zusammen. Trotz störender Lichtreflexe auf dem Bildschirm im Büro können wir angezeigte Texte und Daten lesen, allerdings mit Fehlern, die wir nicht unmittelbar feststellen. Solche Vorgänge sind unbewusst.

Wodurch entstehen diese Sehfehler? Unser Sehcomputer, unser Sehzentrum im Gehirn, verfügt über eine begrenzte Rechnerkapazität. Mangelhafte Sehbedingungen beanspruchen zu ihrem Ausgleich einen erheblichen Teil dieser Rechnerkapazität. Dieser wiederum fehlt uns beim eigentlichen Wahrnehmungsprozess, beim Erkennen, Speichern und Verarbeiten der dargebotenen optischen Information.

Die Folge: Die Qualität unserer Wahrnehmung wird eingeschränkt, eine unbewusste, aber erhebliche Fehlerhäufigkeit ist die Folge. Wir werden mental belastet. Die Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit lassen nach. Solche Zustände wirken auch demotivierend.

Die Komponenten, die die optische Wahrnehmung beeinflussen und damit die Informationsaufnahme optimieren können, wurden an einem Versuch an Bildschirmgeräten ermittelt. Die Ergebnisse einer Forschungsarbeit des Autors im Auftrag der Firma IBM-Deutschland GmbH zeigen, dass die abgestimmten Infield- und Umfeldleuchtdichten geringen mentalen Aufwand und damit die Erhaltung der freien Gehirnkapazität sicherstellen. Störungen der optischen Wahrnehmung, also instabile Zustände, führen zu erheblichen Belastungen dieser Gehirnkapazität oder zu erhöhtem mentalem Aufwand. Diese Arbeit bezog sich auf die aktive Anwendung von Bildschirmen in Zusammenhang mit dem Ablesen von Belegen, unter Einbeziehung der Arbeitsumwelt.

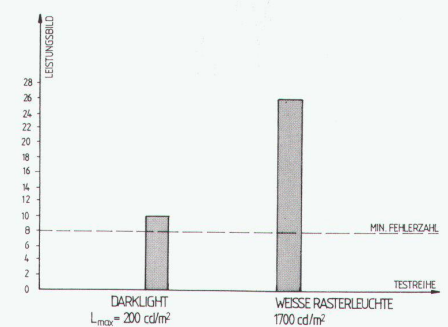
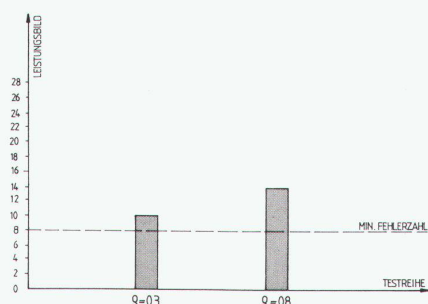
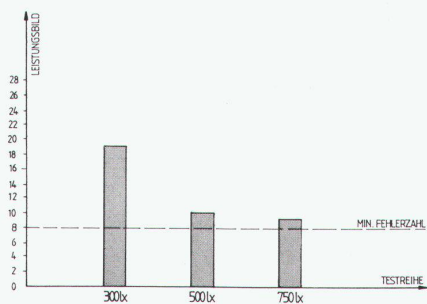
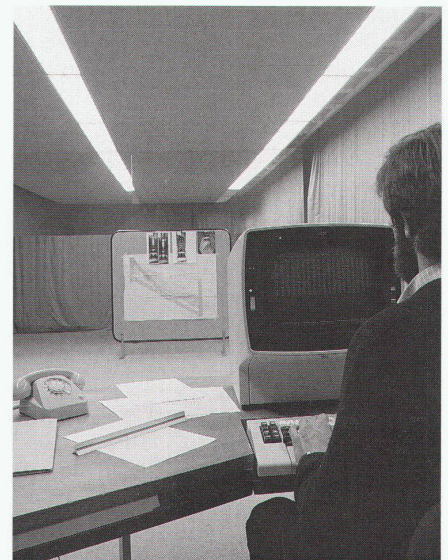
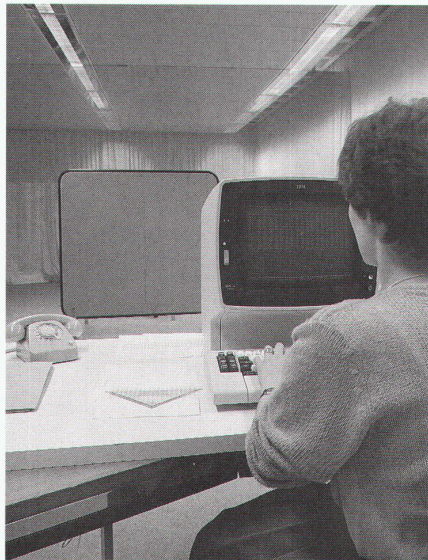
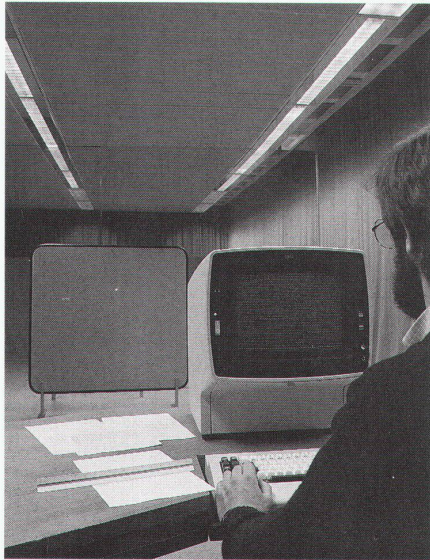
Der Versuch ging so vor sich: Nach einer eingehenden theoretischen Untersuchung wurden die wesentlichen Kriterien mit einer Anzahl von Versuchsperso-

nen getestet. Der Test erfolgte auf Basis eines «QDO»-Versuches, wobei die Versuchspersonen in eine unmittelbare Wechselwirkung zwischen Beleg, Bildschirm und Tastatur gebracht wurden. Gleichzeitig wurden die wesentlichen Varianten und Parameter der Umgebung des Raumes einbezogen. Das sensibelste Kriterium war die Fehlleistung, welche nun im Zusammenhang mit

- Helligkeit (3 Stufen: 300 lx, 500 lx, 750 lx)
- Reflexionsbereichen der unmittelbaren Umgebung, nämlich des Arbeitstisches (Reflexionsgrad 0,3 bis 0,8)
- der Leuchtenleuchtdichte im Gesichtsfeld
- der Fensterleuchtdichte im Gesichtsfeld
- Spiegelung/Kontrastverminderung im Bildschirm

untersucht wurde.

Die Ergebnisse zeigen hohe Anstiege der Fehlleistung (mentale Belastung) bei zu geringer Helligkeit sowie falsche Materialzuordnung im Arbeitsbereich und insbesondere bei Blendung durch Fenster und Leuchte.



Helligkeit

Es wurden drei wesentliche Helligkeitsbereiche untersucht, die mittlere Beleuchtungsstärke von 350 lx am Arbeitsplatz entsprechend einer Infeldleuchtdichte von 80 cd/m² und einer Umgebungsleuchtdichte von 10 bis 30 cd/m².

Nächste Stufe der Helligkeit war: $E_m = 500$ lx, $L_i = 230$ cd/m², die Umgebungsleuchtdichte liegt bei 20 bis 50 cd/m².

Weitere Helligkeitsstufe: Die mittlere Beleuchtungsstärke war 750 lx, $L_i = 190$ cd/m² und die Umgebungsleuchtdichte lag bei 50 cd/m².

Das Ergebnis zeigt, dass unter 100 cd/m² noch starke Fehlerhäufigkeiten auftreten, die sich verringern bei einer Steigerung über 100 cd/m². Die Infeldleuchtdichte von 200 cd/m² ist anzustreben, da hier auch bei differenzierten Umgebungsveränderungen hinsichtlich der Reflexion die grösste Stabilität auftritt. Bei 100 bis 150 cd/m² sind die Ergebnisse bei bestimmten Materialumgebungsbedingungen zwar optimal und dem stabilen Zustand gleichzusetzen, jedoch treten bei Schwankungen des Materials, d.h. zu dunkler oder zu heller Umgebung, wieder erhöhte Fehlleistungssituationen auf.

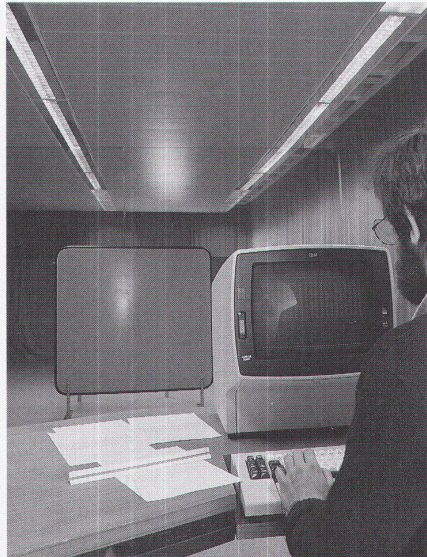
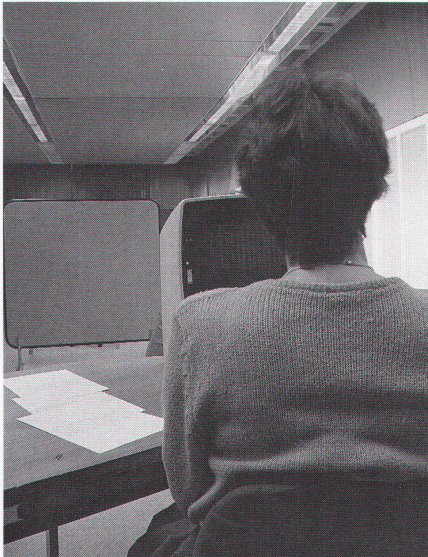
Arbeitstisch (Reflexion)

Bei diesem Versuch wurde bei der Beleuchtungsstärke von 750 lx entsprechend 200 cd/m² Infeldleuchtdichte, die Schreibtischoberfläche mit einem Reflexionsgrad von 0,3 und 0,8 versehen.

Bei der hellen Tischfläche sieht man im Ergebnis, dass ein Fehlleistungsanstieg von fast 100% auftritt, was darauf hinweist, dass sich die mittleren Adaptationsverhältnisse im Blickbereich ungünstig verschieben. Der dunklere Leuchtdichtebereich des Tisches entsprechend der Materialreflexion von 0,3 stellt eine Optimierung dar.

Leuchte (Leuchtenleuchtdichte)

Das Testergebnis zeigt, dass Leuchtenleuchtdichten, die in der Größenordnung unter der Infeldleuchtdichte liegen, die maximal 200 cd/m² beträgt, die minimalste Fehlerquote aufweisen. Ein Anstieg der Leuchtdichte, wie er z.B. bei weissen Rasterleuchten vorkommt, auf z.B. 1700 cd/m², zeigt sofort einen Anstieg der Fehlleistung auf fast 200%. Daraus kann also gefolgert werden – das zeigen auch andere Arbeiten –, dass die Umgebungsleuchtdichten nicht höher sein sollen als die Infeldleuchtdichten, wobei bei Intensitäten der Infeldleuchtdichten von ca. 200 cd/m² die Umgebungsleuchtdichten ungefähr die Hälfte bis ein Drittel der Helligkeitswerte betragen sollen.



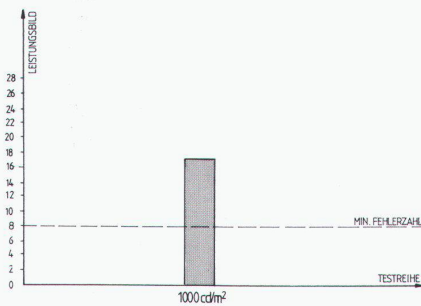
Folgerungen aus dieser Untersuchung

Es zeigt sich, dass Infeldleuchtichten von mindestens 100 cd/m^2 angewandt werden müssen und es wünschenswert und empfehlenswert ist, die Infeldleuchtichten auf über 200 cd/m^2 anzuheben. Das bedeutet am Arbeitsplatz eine Nennbeleuchtungsstärke von mindestens 500 lx bis 800 lx und darüber. Der Begriff Nennbeleuchtungsstärke definiert die Helligkeit am unmittelbaren Arbeitsplatz in Verbindung mit der Tätigkeit. Diese Werte entsprechen auch den Empfehlungen der DIN-Normen und den verschiedensten Untersuchungen, die mit Leistung und Büroarbeit zusammenhängen. Eine neue, wesentliche Erkenntnis ist jedoch, dass das unmittelbare Umfeld, d.h. die Schreibtischfläche, immer unter der Helligkeit des Infeldbereiches liegen soll. Die Leuchtdichtwerte sollen also ein Drittel bis zur Hälfte der Infeldleuchtichte betragen, das bedeutet, dass die Tischoberflächen relativ dunkel (Reflexionsgrade von $0,2$ bis $0,35$) gehalten werden sollen.

Des weiteren gilt, dass eine Abstimmung des übrigen Umfeldbereiches des Raumes erfolgen soll. Das visuelle Umfeld umfasst den Fussboden, die Wände, die Decke sowie alle sonstigen grösseren Raumflächen. Diese Bereiche sollen auch zwischen einem Drittel und der Hälfte der Infeldleuchtichte betragen.

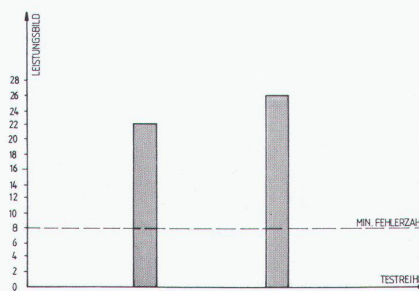
Damit entsteht ein visuelles Raummilieu, das sich auf die Arbeitsfläche ausrichtet und die Umgebung in einem bestimmten Mass zurücktreten lässt. Der Vorteil dieses Milieus liegt in der Ausrichtung zum Arbeitsplatz und damit zur verbesserten Konzentration und Aufmerksamkeit.

Ein wesentlicher Punkt der Umgebungsgestaltung ist die Eigenleuchtdichte der Leuchten. Verschiedenste Forschungsarbeiten und Untersuchungen zeigen, dass die Blendung der Leuchte einen entscheidenden Faktor für die Störung der optischen Wahrnehmung bilden kann. Sie ist eine der häufigsten Stör- und Fehlerquellen von Beleuchtungsanlagen. Es ist wesentlich, die Leuchtdichte



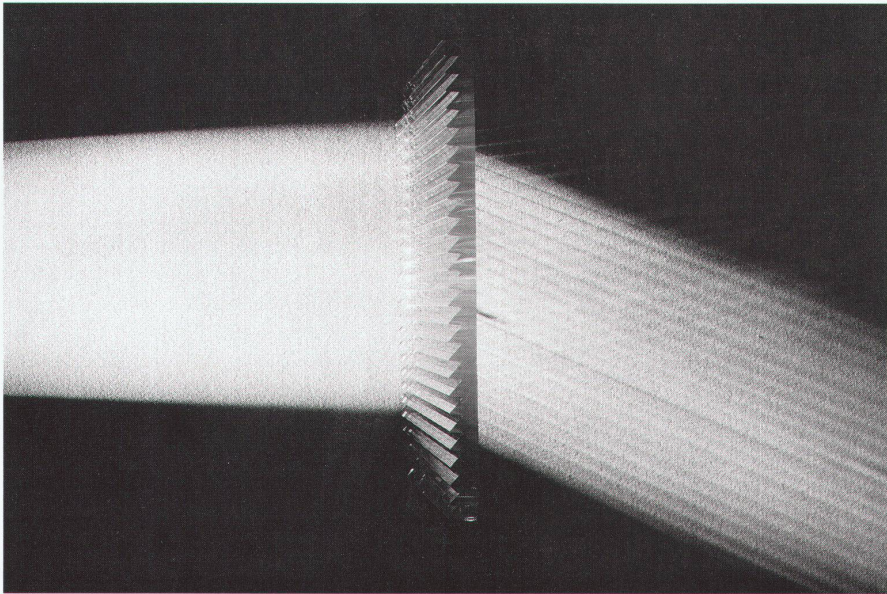
Fenster im Gesichtsfeldbereich

Der Versuch zeigt eine Anordnung eines künstlichen Fensters im Gesichtsfeldbereich, der im Sehbereich beim Blick auf den Bildschirm auftritt. Es ist ersichtlich, dass bereits bei 1000 cd/m^2 Fensterleuchtichte eine Fehlleistung von über 100% gegenüber der normalen Umgebungsleuchtichte auftritt. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass Fensterleuchtichten an schönen Sommertagen weit über 1000 cd/m^2 liegen, z.B. bis zu 4000 bis 5000 cd/m^2 erreichen können und durch diesen wesentlichen Blendfaktor eine visuelle Optimierung verhindern können.

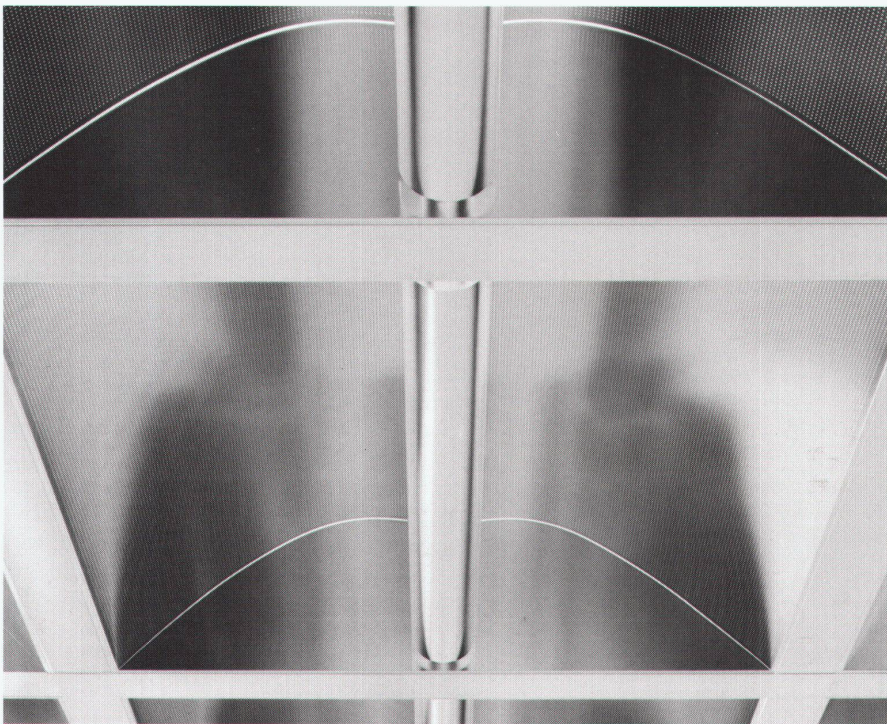


Störung durch Kontrastminderung am Bildschirm

Dieser Versuch zeigt, dass Spiegelungen am Bildschirm, wie sie durch Umgebungsreflexe entstehen können, einen starken Fehlleistungsanstieg bewirken. Dieser Anstieg kann bis zu 200 bis 300% betragen und ist eines der kritischsten Probleme bei der Bildschirmarbeit.



1



2

1 Neue Lampen für eine zukunftsorientierte Beleuchtung / Nouvelles lampes pour un éclairage de l'avenir / New lamps for future-oriented illumination

2 Strahleingang eines Sonnenschutzprismas / Rayon incident sur un prisme de protection solaire / Sun radiation intake of an anti-solar prisma

des Lichtsystems auf den Maximalbereich bis 200 cd/m^2 im normalen Blendungsbereich zu reduzieren, wobei Werte unter dieser Grenze noch besser sind.

Zu geringe Deckenleuchtdichten treten bei Anlagen mit Allgemeinbeleuchtungen nicht auf, während es bei zonierter Beleuchtung zu solchen Erscheinungen kommen kann, da die Beleuchtungsstärke im Mittel des Raumes reduziert wird. Hier empfiehlt sich dann, mit einer zweiten Komponente die Decke aufzuhellen, jedoch nicht über einen Bereich von 60 bis 70 cd/m^2 .

Versuche in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens über das Mass der Deckenaufhellungen haben folgendes ergeben:

Es wurden ca. 30 Versuchspersonen an Büroarbeitsplätzen getestet, an denen sie etwa 20 Minuten arbeiten mussten. Die Verhältnisse des Büroarbeitsplatzes entsprachen der allgemeinen Norm, die mittlere Beleuchtungsstärke betrug 500 lx , und die Personen wurden mit Büroarbeit beschäftigt. Es wurde für alle Personen die Helligkeit der Decke von 20 cd/m^2 in Stufen bis 2000 cd/m^2 verändert. Nach Befragung und Auswertung der Leistungstests hat sich gezeigt, dass die Versuchspersonen Deckenhelligkeiten im Bereich von 20 bis 120 cd/m^2 nicht differenzierten. Bei Leuchtdichten über 200 cd/m^2 wurde die Anlage als weniger angenehm empfunden, während sie ab 400 bis 500 cd/m^2 als unangenehm eingestuft wurde.

Dieser Versuch zeigt sehr gut eine Übereinstimmung mit den vorhergehenden Versuchen und auch mit allgemeinen Wahrnehmungserkenntnissen. Die Deckenleuchtdichten sollen nicht über 100 cd/m^2 betragen.

Zusammenfassend kann für die Deckenaufhellung festgestellt werden, dass eine direkte Beleuchtung mit ausreichender Grundbeleuchtung mit Beleuchtungsstärken von 500 bis 750 lx eine genügende Deckenleuchtdichte bringt, wenn die Beleuchtung nicht zu zoniert ausgeführt ist. Die Deckenleuchtdichten in diesem Bereich betragen ca. 25 bis 50 cd/m^2 , je nach Boden- und Deckenreflexion. Werden die Werte von ca. 20 cd/

m² unterschritten, empfiehlt sich die Anwendung einer zusätzlichen Direkt/Indirektbeleuchtung, die das Deckensystem auf etwa 60 bis 80 cd/m² aufhellt.

Der Nachteil solcher Anlagen liegt in der befremdenden Wirkung der künstlichen Beleuchtung.

Eine zukunftsorientierte Beleuchtung stellt die sogenannte Sekundärtechnik dar, die darin besteht, dass der direkte Blick in die Lampe bei aktiver Wahrnehmung verhindert wird, dass die Eigenleuchtdichte durch den relativ grossen Reflektor reduziert wird, dass auch grössere Neigungswinkel bei Veränderung der Bildschirme am Arbeitsplatz vom Lichtsystem nicht beeinflusst werden und dass die Höhe der Deckenleuchtdichte bei solchen Systemen eingestellt werden kann.

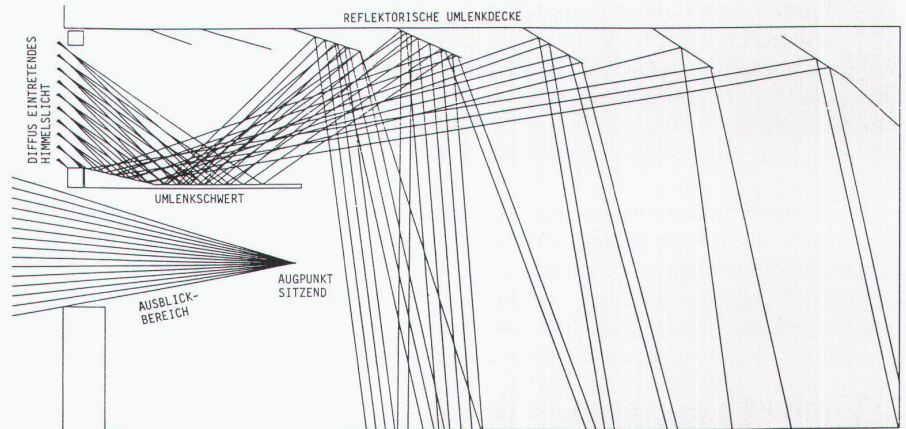
Fensterblendung

Diese Problematik wird in den meisten Fällen bei der Bürobeleuchtung verdrängt. Für die künstliche Beleuchtung gibt es Vorschriften, die Leuchten sollen 200 cd/m² nicht überschreiten, das sind die neuesten Empfehlungen der DIN-Norm.

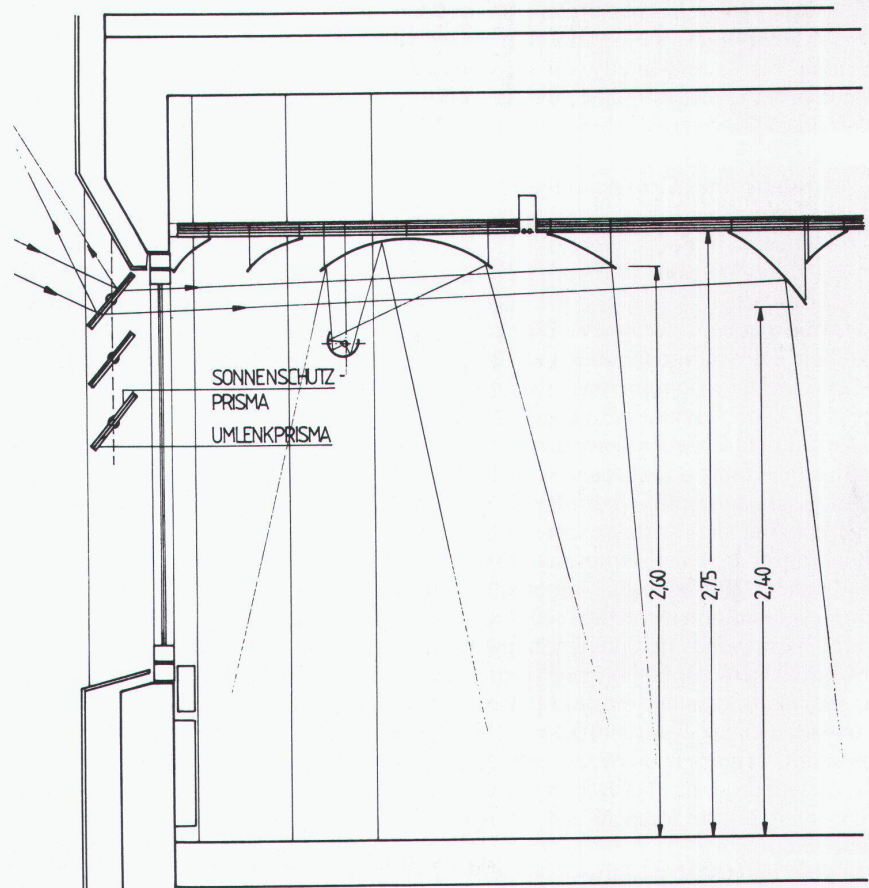
Bedenkt man, dass die Leuchtenflächen im Verhältnis zu den Fenstern meist geringeren Umfang haben und die Fensterflächen bis zu 5000 cd/m² aufweisen, sieht man, dass dieses Problem an sich im Moment verdrängt wird.

Die Realität ist so, dass dann die betroffenen Personen mit nachträglichen Blendschutzmassnahmen wie Rollos oder heruntergezogenem Sonnenschutz die Räume verdunkeln, das Licht aussperrten und damit eigentlich arbeitsunfreundliche Zustände schaffen, die die Leute an schönen, hellen Sonnentagen in eine dunkle Atmosphäre verbannen.

Es entsteht also die Forderung, das Fenster blendungsfrei zu machen und trotzdem Tageslicht in den Raum zu bringen. Diese Möglichkeit kann mit zwei Prinzipien erreicht werden: erstens durch Umlenkung des Tageslichtes mittels Spiegelementen und zweitens mit Prismensystemen, die prinzipiell ebenfalls das Licht umlenken und die Fensterfläche blendungsfrei machen. C.B.



3



4

3 4 Umlenkung des Tageslichtes mittels Spiegelementen / Déviation de la lumière du jour au moyen d'éléments réfléchissants / Diversion of daylight by means of reflecting elements

Fotos: Peter Bartenbach, München

Une atmosphère d'une densité particulière se rencontre dans les halls des bons hôtels. Le sol est douillettement amorti et l'éclairage, réparti dans tout l'espace, réserve des zones chaudement éclairées qui limitent des balustrades, des colonnes et des fleurs. Il en résulte de la profondeur et l'ensemble rayonne de mystère. La variété des matériaux et des motifs, les tentures et tableaux sur les murs, les appliques, les plantes, les lampadaires et les groupes de sièges cossus, tout cela allié aux occupants se déplaçant sans hâte, donne cette atmosphère d'étrangeté bienfaisante, d'imagerie riche, de sécurité et d'animation faisant scintiller l'ensemble d'érotisme.

Chez nous, l'atmosphère du bureau est caractérisée par les sabots de santé. Le bien-être que l'on accorde aux pieds par des semelles en bois à revêtement noppé est transféré au bureau. Et à ceci s'ajoute encore ces choses susceptibles de faire privé et d'alléger la journée de travail: Cactus et autres plantes en pots, photos de famille et sentences moralisantes sur les murs, cartes postales de vacances, vase de porcelaine obligatoire et cruche en étain. A cet ameublement individuel s'adjoint le matériel général du bureau: hydrocultures poussieuses dans de grands bacs en matière plastique, affiches d'agences de voyage et reproductions encadrées sur les murs, tubes fluorescents ronfleurs dans des luminaires suspendus, montagnes de classeurs debout ou couchés sur lesquels s'entassent des piles de papiers, tables sur tréteaux avec bouteilles thermos, garnitures de bureau fortement râpées, chêne clair et surtout cette odeur caractéristique de produits de nettoyage, de poussière et de sueur.

Et les gens qui y travaillent ont aussi cet aspect. Une force de réciprocité cachée fait manifestement en sorte que l'environnement et ses occupants s'influencent réciproquement: Nous définissons d'abord l'environnement, puis c'est l'environnement qui nous forme. En la matière, la ville nous donne une claire leçon.

Une atmosphère ne peut être créée que par un concept qui tente de mettre l'ensemble de l'espace en forme. Un élixir de lumière, d'air, d'acoustique, d'éléments de séparation, de couleurs, d'odeurs, d'équipements techniques, de dispositifs et d'accessoires. La fabrication de diverses atmosphères, comme celle de parfums nuancés, sera un jour le

produit intelligent d'une branche ayant fabriqué jusqu'à présent des objets d'ameublement.

Les possibilités du traitement électronique des données et le réseau de connexions futur d'une télécommunication perfectionnée ont donné lieu à de larges spéculations sur le bureau de l'avenir.

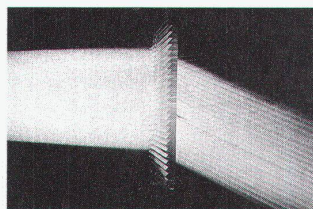
Voilà encore 15 ans, on réfléchissait sérieusement sur la manière d'effectuer une partie importante du travail de bureau à la maison, le bureau lui-même fonctionnant largement sans papier et de nombreux postes de travail étant supprimés grâce aux nouvelles techniques. Dans de nombreuses entreprises, une place sur deux est aujourd'hui équipée d'un moniteur. Des ordinateurs, des télécopieurs et des téléphones sans fil autorisent déjà un échange d'informations permanent et général. Mais le bureau, lieu de l'action, n'a pourtant pas diminué et le papier existe toujours. La technique a eu pour effet d'accroître la qualité des activités et d'intensifier les communications entre les collaborateurs.

Dans tous les domaines, le comportement linéaire fait place à une action multiple et au management. On exige de plus en plus des participants qu'ils interviennent dans le déroulement des affaires. On demande la femme toute entière, l'homme tout entier et pour toujours plus d'individus, s'offre la possibilité d'utiliser la profession non plus seulement comme ressource monétaire, mais surtout comme moyen de se réaliser.

L'équipement technique du bureau n'a donc pas rendu possible le retour dans la vie privée, mais au contraire, il a attiré plus profondément de nombreuses personnes dans la vie professionnelle. Les loisirs avec leurs vélos de course, leurs équipements de jogging, de surf, de tennis et de golf se sont également développés comme une prolongation volontaire du temps de travail: «être en forme et entraîné» peut certes contribuer à la satisfaction personnelle, mais en premier lieu, il s'agit d'une exigence du job. L.O.

La lumière au poste de travail

*Sur la lumière artificielle et naturelle
Voir page 55*



On confond souvent lumière et luminosité. La perception correcte des informations suppose pourtant une observation précise. De mauvaises conditions d'éclairage ne sont pas immédiatement perceptibles. Nous remarquons immédiatement des bruits désagréables ou trop intenses et réagissons en conséquence. Mais dans le domaine de la lumière, il en est autrement, car de mauvaises conditions de vision ne sont pas perçues consciemment. L'ordinateur de notre œil compense automatiquement les insuffisances optiques. Il assemble lui-même des fragments d'image en informations utilisables. Au bureau, malgré les reflets gênants sur l'écran, nous pouvons lire les textes et données indiquées, mais avec des erreurs que nous ne constatons pas immédiatement. Nous n'avons pas conscience de tels phénomènes.

A quoi sont dues ces erreurs visuelles? Notre ordinateur visuel, le centre de vision de notre cerveau, dispose d'une capacité calculatrice limitée. Une part importante de cette capacité calculatrice est absorbée par la compensation des insuffisances visuelles. Celle-ci fait donc défaut pour le processus de perception proprement dit, pour reconnaître, mémoriser et traiter les informations transmises optiquement. Conséquence: la qualité de notre perception se voit diminuée et il en résulte une fréquence d'erreurs inconscientes élevée. Nous subissons un stress mental.

L'attention et la faculté de concentration s'amenuisent; une telle situation a aussi un effet démotivant.

Les composantes qui influent sur la perception optique et qui, par là, sont susceptibles d'optimiser la réception des informations ont été mises en évidence par des tests sur moniteur.

Les résultats d'un travail de

recherche de l'auteur effectué pour le compte de la société IBM Allemagne montrent que la coordination des brillances des champs visuels central et périphérique conduit à moins d'effort mental et libère ainsi une plus grande capacité cérébrale. Des troubles dans la perception optique, donc des situations instables, conduisent à une sollicitation importante de cette capacité cérébrale ou à plus d'effort mental. Ce travail de test a consisté en une utilisation active de moniteurs avec lecture parallèle de documents, en tenant compte du milieu de travail.

L'essai s'est déroulé comme suit: Après une étude théorique approfondie, les critères principaux furent testés sur un certain nombre de sujets d'expérience. Le test fut mené sur la base d'un essai «QDO» dans lequel les sujets de l'expérience devaient alternativement lire des documents, regarder l'écran et travailler au clavier. Simultanément, on modifiait et prenait en compte les paramètres de l'espace environnant. Le critère le plus sensible était la fréquence des erreurs étudiée en fonction des éléments suivants:

- niveau d'éclairage (3 niveaux: 300 lx, 500 lx, 750 lx)
- zones réfléchissantes de l'environnement immédiat, à savoir de la table de travail (facteur de réflexion 0,3 à 0,8)
- brillance des luminaires situés dans le champ visuel
- brillance des fenêtres situées dans le champ visuel
- reflets/réduction des contrastes sur l'écran.

Les résultats font état d'un fort accroissement des erreurs (effort mental), lorsque la luminosité est trop faible, que les matériaux dont est faite la zone de travail sont défavorables et surtout en cas d'éblouissement dû aux fenêtres et aux luminaires.

Luminosité (fig. 1 et 2)

Trois situations principales de luminosité ont été étudiées: Un niveau d'éclairage moyen de 350 lx sur la place de travail correspondant à une brillance du champ visuel central de 80 cd/m² et une brillance du champ visuel périphérique de 10 à 30 cd/m².

Le niveau d'éclairage suivant était: $E_m = 500 \text{ lx}$, $L_j = 230 \text{ cd/m}^2$, la brillance périphérique se situant entre 20 et 50 cd/m².

Autre situation de luminosité: niveau d'éclairage moyen de 750 lx, $L_j = 190 \text{ cd/m}^2$ avec une brillance périphérique de 50 cd/m².

Le résultat montre qu'au-dessous de 100 cd/m², une fréquence d'erreur encore importante subsiste qui diminue lorsque l'on passe au-dessus de 100 cd/m². On s'efforcera d'atteindre une brillance dans le champ visuel central de 200 cd/m² qui assure la plus grande stabilité en ce qui concerne les modifications de l'environnement au plan des réflexions. Entre 100 et 150 cd/m² et un environnement en matériaux convenables, les conditions sont certes optimales et similaires aux précédentes en ce qui concerne la stabilité; pourtant, en cas d'inadéquation des matériaux, c.à.d. un environnement trop sombre ou trop clair, la fréquence d'erreurs remonte.

*Table de travail (réflexion)
(fig. 3 et 4)*

Dans cet essai mené avec un niveau d'éclairage de 750 lx et une brillance correspondante dans le champ visuel central de 200 cd/m², on fit varier entre 0,3 et 0,8 le facteur de réflexion de la surface de la table de travail.

Avec une table de travail claire, le résultat indique un accroissement de la fréquence d'erreurs de presque 100%, ce qui montre que les conditions d'adaptation moyennes dans le champ visuel deviennent défavorables.

Une surface de table plus sombre correspondant à un facteur de réflexion de 0,3 est optimale.

*Luminaires (brillance des luminaires)
(fig. 5 et 6)*

Le résultat des tests montre qu'une brillance des luminaires se situant au-dessous de la brillance du champ visuel central atteignant elle-même un maximum de 200 cd/m², conduit à un quota d'erreurs minimum. Une augmentation de la brillance jusqu'à 1700 cd/m² p.ex., telle qu'elle intervient dans les luminaires blancs avec grille de défilement, provoque sur le champ un accroissement des erreurs de presque 200%. On peut donc en conclure, comme le montrent aussi d'autres travaux, que les brillances périphériques ne doivent pas dépasser celles du champ visuel central et ce faisant, qu'à des brillances du champ visuel central d'env. 200 cd/m² doivent correspondre des brillances périphériques situées entre la moitié et le tiers de cette valeur.

*Fenêtres dans le champ visuel
(fig. 7 et 8)*

L'essai consiste à placer une fenêtre artificielle dans le champ visuel correspondant au regard dirigé

vers l'écran. On constate qu'une fenêtre d'une brillance de 1000 cd/m² donne déjà lieu à une fréquence d'erreurs supérieure de 100% à celle provoquée par une brillance périphérique normale. Dans ce contexte, il faut souligner que par un beau jour d'été, la brillance des fenêtres dépasse largement ces 1000 cd/m² et peut même atteindre p.ex. de 4000 à 5000 cd/m² et que cet effet d'éblouissement important peut empêcher toute optimisation visuelle.

*Troubles dus à la réduction de contraste sur l'écran
(fig. 9 et 10)*

Cet essai montre que les reflets sur l'écran qui peuvent résulter de réflexions de l'environnement, sont à même de provoquer une très forte augmentation des erreurs. Cet accroissement peut atteindre 200 à 300%; il s'agit d'un des problèmes les plus critiques du travail à l'écran.

Conclusions concernant cette étude

Il est établi que l'on doit utiliser des brillances d'au moins 100 cd/m² dans le champ visuel central et qu'il est souhaitable de les élever à plus de 200 cd/m². Cela correspond, pour la place de travail, à un niveau d'éclairage nominal d'au moins 500 à 800 lx. La notion de niveau d'éclairage nominal définit la luminosité à proximité immédiate de la place de travail en liaison avec l'activité.

Ces valeurs correspondent aussi aux recommandations des normes DIN et des recherches les plus diverses en matière de performance et de travail au bureau. La nouvelle découverte importante est par contre le fait que l'environnement immédiat, c.à.d. la surface de la table de travail, doit présenter une brillance inférieure à celle du champ visuel central. Sa valeur doit donc se situer entre le tiers et la moitié de celle du champ visuel central, ce qui signifie que les surfaces des tables de travail doivent être relativement sombres (facteur de réflexion entre 0,2 et 0,35).

Par ailleurs, il convient d'accorder le reste de l'espace environnant. Le champ visuel périphérique englobe le plancher, les parois, le plafond, ainsi que toutes les autres grandes surfaces de la pièce. Ces éléments doivent accuser une brillance située entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$ de celle de la brillance du champ visuel central.

Il en résulte ainsi un milieu spatial visuel orienté vers la surface de travail qui, dans une certaine

mesure, fait passer l'environnement au second plan. L'avantage de ce milieu est qu'il favorise la place de travail et contribue ainsi à accroître la concentration et l'attention.

La brillance propre des luminaires joue un rôle essentiel dans l'organisation de l'environnement. Des travaux de recherche et des études montrent que l'éblouissement dû aux luminaires peut être un facteur important dans les troubles de la perception visuelle. Il est une des sources de troubles et d'erreurs les plus fréquentes dans les installations d'éclairage. Il est essentiel de réduire la brillance du système lumineux au niveau maximum de 200 cd/m², dans la zone d'éblouissement normale et ce faisant, des valeurs encore inférieures sont souhaitables.

Dans le cas d'une installation d'éclairage générale, la brillance du plafond est en principe suffisante, alors qu'elle peut être trop faible dans le cas d'un éclairage par zones, car le niveau d'éclairage au milieu de la pièce peut alors être trop réduit. Dans ce cas, il est recommandé de prévoir un éclairage de plafond supplémentaire ne dépassant pourtant pas 60 à 70 cd/m².

Des essais en collaboration avec la société Siemens concernant le niveau d'éclairage des plafonds ont donné les résultats suivants:

Environ 30 sujets d'expérience ont été testés sur des places de bureau où ils durent travailler 20 minutes durant. Les conditions de ces places de bureau correspondaient aux normes courantes, le niveau d'éclairage moyen était de 500 lx et les personnes testées effectuèrent des travaux de bureau. Pour tous les sujets, on fit varier le niveau de brillance du plafond par paliers entre 20 cd/m² et 2000 cd/m². Après interrogation des sujets et évaluation des tests de performance, on constata que les sujets du test ne différenciaient pas les brillances entre 20 et 120 cd/m². Avec des brillances supérieures à 200 cd/m², l'installation fut ressentie comme moins agréable, tandis qu'elle fut qualifiée de désagréable entre 400 et 500 cd/m².

Cet essai montre clairement une correspondance avec les tests précédents, de même avec les connaissances générales en matière de perception. Les brillances de plafond ne doivent pas dépasser 100 cd/m².

En ce qui concerne l'éclairage du plafond, on peut récapituler en disant qu'un éclairage direct, sous forme d'un éclairage général conve-

nable donné par un niveau d'éclairage de 500 à 750 lx, donne lieu à une brillance de plafond suffisante lorsque la conception de l'éclairage n'est pas trop zonée. Dans ce cas, les brillances de plafond atteignent env. 25 à 50 cd/m² selon les réflexions du sol et du plafond. Si l'on descend au-dessous de 20 cd/m², il est recommandé de prévoir un éclairage direct/indirect supplémentaire qui amène le système du plafond aux environs de 60 à 80 cd/m².

L'inconvénient de telles installations réside dans l'effet désagréable de l'éclairage artificiel.

Un éclairage tourné vers l'avenir se distingue par ce qu'on appelle les techniques secondaires qui évitent tout regard direct dans la lampe au cours de la perception active, où la brillance propre des luminaires est réduite par des réflecteurs relativement grands, où l'on peut faire varier l'angle d'inclinaison des moniteurs des places de travail sans être gêné par le système d'éclairage et qui permettent de faire varier la brillance du plafond.

Eblouissement dû aux fenêtres

Dans la plupart des études d'éclairage de bureau, cette problématique est négligée. Pour l'éclairage artificiel, il existe des prescriptions, la brillance des luminaires ne devant pas dépasser 200 cd/m². Telles sont les dernières recommandations des normes DIN.

Il suffit de songer que par rapport aux fenêtres, la surface des luminaires est le plus souvent faible et que les surfaces de fenêtre peuvent atteindre des brillances de 5000 cd/m², et l'on comprend que le problème est présentement ignoré. La réalité est telle que les intéressés assombrissent les locaux en abaissant des éléments de protection mobiles tels que stores en toile ou à lamelles et créent ainsi de mauvaises conditions de travail condamnant les gens à une atmosphère sombre au cours des jours clairs et ensoleillés.

Le problème est donc de rendre la fenêtre non éblouissante tout en laissant la lumière pénétrer dans la pièce. Deux principes permettent de résoudre ce problème: premièrement, en déviant la lumière du jour à l'aide d'éléments-miroirs; deuxièmement, à l'aide de systèmes prismatiques qui réfractent eux aussi la lumière et suppriment l'effet d'éblouissement dû à la fenêtre.

Christian Bartenbach