Wie viel Tageslicht Welcher Qualität Brauchen wir in Gebäuden?

Dr. A.E. Çakir
ERGONOMIC Institut, Berlin
ahmet.cakir@ergonomic.de

Übersicht

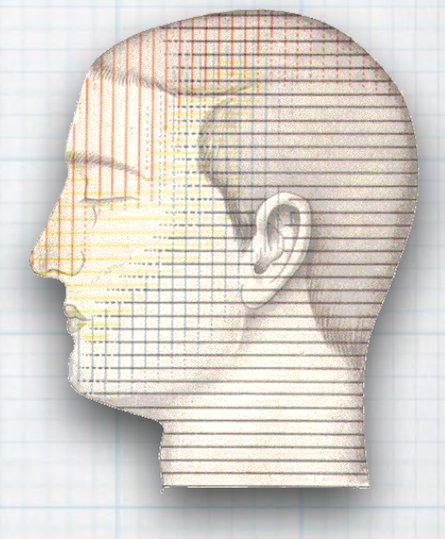
- Zum Qualitätsbegriff
- Qualitätsbegriff in der Lichttechnischen Normung
- Qualität von Tageslicht
- Qualitätsziele bestimmen - Anforderungen ableiten
- Qualitätsziele für Tageslicht (Bewusstes Sehen, Wohlfühlen mit Licht, Circadiane Wirkungen, Sichtverbindung ...)
- Gesundes Tageslicht in Gebäuden?

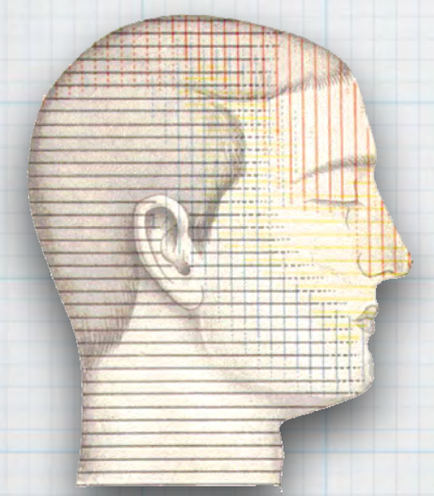
Wie viel? Welche Qualität?

- Was sagt der Titel dieses Vortrags aus?
- Gehört nicht die „Menge“ des Lichts zur „Qualität“ - und das seit 1935?
- Was ist die „Qualität“ des Tageslichts?
- Gibt es Tageslicht in Gebäuden?

Qualität - Ein Wort, Zwei Gesichter

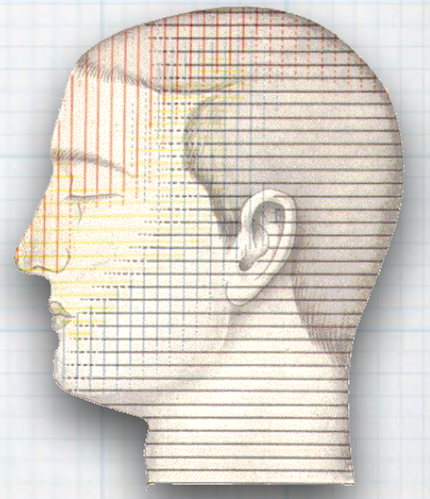
- Qualität als Attribut für (hochwertige) **Beschaffenheit**





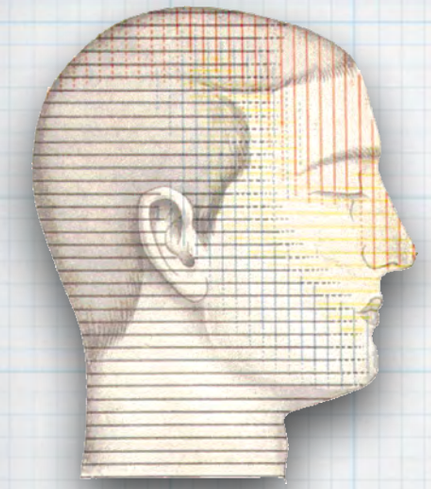
- Qualität als Maß für **Erfüllung gestellter Anforderungen**

Qualität - Ein Wort, Zwei Gesichter



- Qualität als Attribut für (hochwertige) **Beschaffenheit**
  - Qualität als essentielle Eigenschaft (Nature),
  - Qualität als Ausdruck einer Rangordnung (High Society Rank),
  - Qualität als differenzierendes, charakteristisches Attribut (Timbre),
  - Qualität als Maß für Exzellenz (Grade of Excellence)
  - Qualität als inhärente Eigenschaft (z.B. Härte bezogen auf Stahl)

Qualität - Ein Wort, Zwei Gesichter

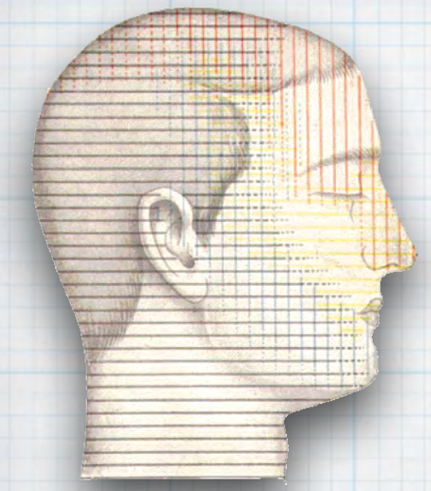


- Qualität als Maß für
  Erfüllung gestellter Anforderungen

die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen. (entspricht: “sekundäre” Qualität)

(nach DIN 55350, ISO 8402, Normen der 'European Organisation for Quality Control (EOQC)' und der 'American Society for Quality Control (ASQC))

Qualität - Ein Wort, Zwei Gesichter



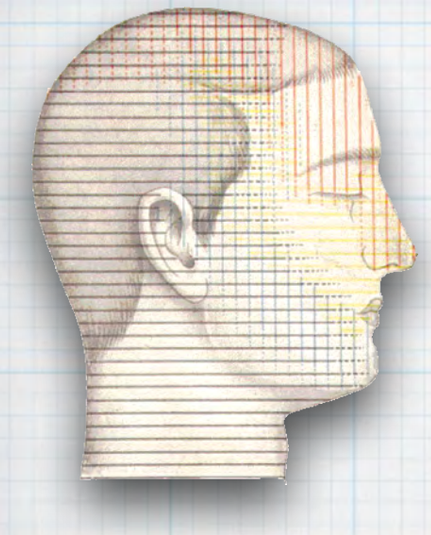
- Qualität als Maß für
  Erfüllung gestellter Anforderungen

Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt

(ISO 9000:2005)

Fit for purpose!

Qualitätsbegriff in der Lichttechnik

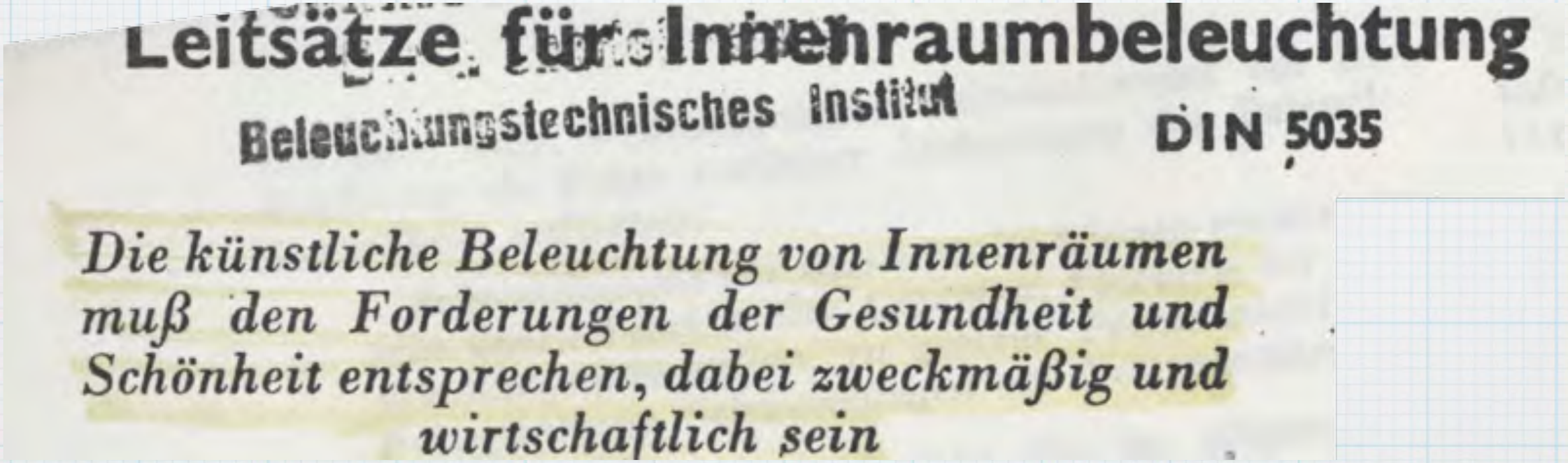


- Älter als die Lichttechnische Normung (vor 1935)
- Bezeichnung: Gütemerkmale
- Definiert nur für die künstliche **Beleuchtung**

Fit for purpose?

Gütemerkmale à la 1935

und purpose?



Leitsätze für Innenraumbeleuchtung

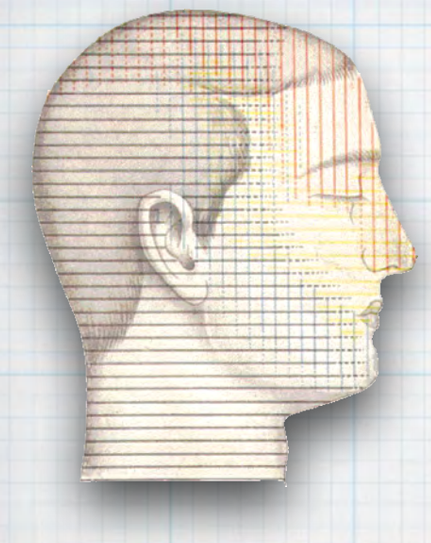
Beleuchtungstechnisches Institut

DIN 5035

Die künstliche Beleuchtung von Innenräumen muß den Forderungen der Gesundheit und Schönheit entsprechen, dabei zweckmäßig und wirtschaftlich sein

Gütemerkmale à la 1935

Qualität für Tageslicht



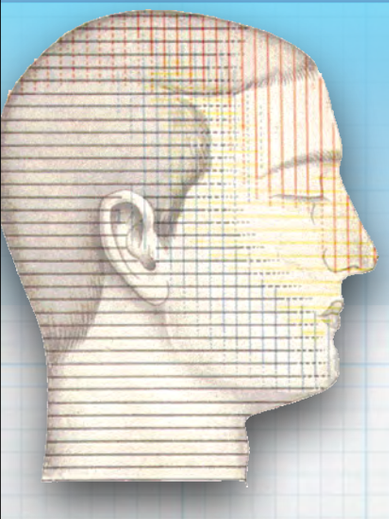
- Ansatzweise angeführt in ASR A3.4 „Beleuchtung“
- Bezeichnung: Gütemerkmale
- Definiert unterschiedlich zu den Gütemerkmalen für die künstliche Beleuchtung:
  - Dynamik
  - Farbe
  - Richtung
  - Menge (etc.)
- Nicht allzu glücklich formuliert in BGR 131-2
  - Beleuchtungsniveau,
  - Sichtverbindung nach außen,
  - Sonnenschutz zur Begrenzung der Blendung und der Wärmeeinstrahlung,
  - Lichtfarbe und Farbwirkungen.

Qualitätsbegriff und Folgerungen

- Qualität als Attribut für (hochwertige) Beschaffenheit…
  = **objektiv feststellbare Produkteigenschaften**

- Qualität als Maß für Erfüllung gestellter Anforderungen
  = **Antwort auf** gestellte bzw. implizierte **Anforderungen**

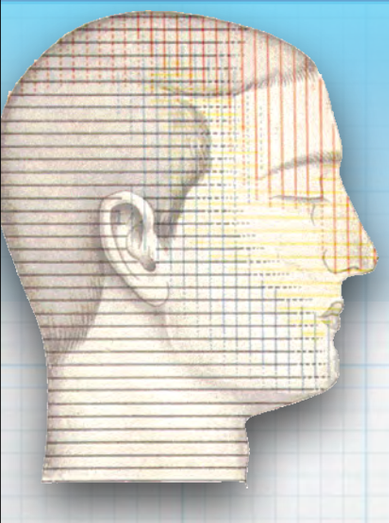
Erst „purpose“ festlegen,
dann Eigenschaften bestimmen!



Qualitätsziel in Lichtnormen

Erst „purpose“ festlegen, dann Eigenschaften bestimmen!

- Eine geeignete und angemessene Beleuchtung ermöglicht es Menschen, Sehaufgaben effektiv und genau durchzuführen. Die bei einem Großteil der Arbeitsstätten geforderte Güte der Sehverhältnisse und des Sehkomforts wird bestimmt durch die Art und die Dauer der Tätigkeit. (DIN EN 12464-1:2011-8)
- Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen im Hinblick auf Sehleistung und Komfort fest. (DIN EN 12464-1:2003-3)

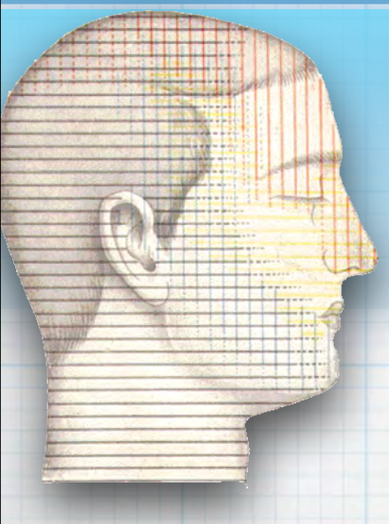


Qualitätsbegriff in Lichtnormen

Erst „purpose“ festlegen, dann Eigenschaften bestimmen!

- Gute Beleuchtung bedingt, dass zusätzlich zu den geforderten **Beleuchtungsstärken** quantitative und qualitative Anforderungen erfüllt werden. (DIN EN 12464-1:2011-8)

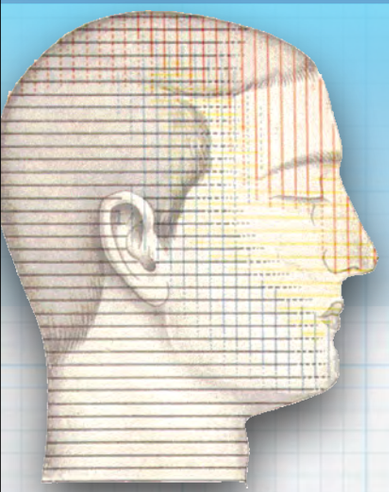
- Für die Umsetzung einer guten Beleuchtung sind zusätzlich zur erforderlichen **Beleuchtungsstärke** weitere quantitative und qualitative Gütemerkmale der Beleuchtung zu berücksichtigen. (DIN EN 12464-1:2003-3)



Qualitätsbegriff in Lichtnormen

Erst „purpose“ festlegen, dann Eigenschaften bestimmen!

- Die Werte gelten für **übliche** Sehbedingungen und berücksichtigen folgende Faktoren:
  - Psychologische und physiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden,
  - Anforderungen der Sehaufgabe,
  - visuelle Ergonomie,
  - praktische Erfahrung,
  - Sicherheit,
  - Wirtschaftlichkeit.



Qualitätsbegriff und Folgerungen

Wie rechnet man 500 lux aus folgenden Faktoren zusammen:

- Psychologische und physiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden,
- Anforderungen der Sehaufgabe,
- visuelle Ergonomie,
- praktische Erfahrung,
- Sicherheit,
- Wirtschaftlichkeit.

Festlegung von Beleuchtungsstärken

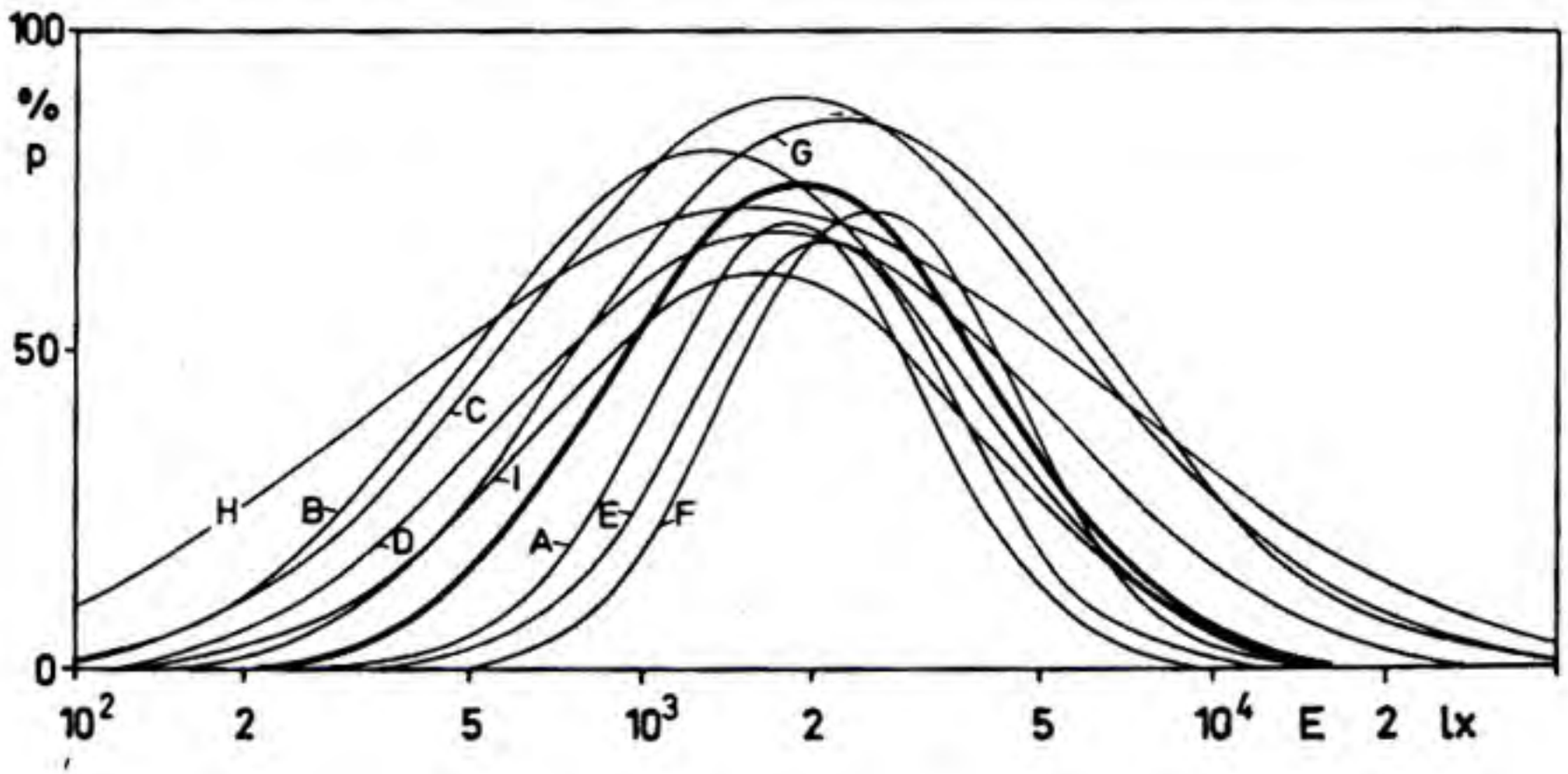
- Wie rechnet man 500 lux aus folgenden Faktoren zusammen:
  - Psychologische und physiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden,
  - …

Fischer, D.: Festlegung und Begründung adäquater Beleuchtungsniveaus in Arbeitsräumen, Licht 1971

Aber selbst wenn dort eine repräsentative Sehaufgabe gefunden und mit einem „Visual Task Evaluator“ [15] analysiert werden könnte, bleibt die Festlegung des Beleuchtungsniveaus willkürlich, weil zusätzlich entschieden werden muß, welche Prozentzahl der maximal möglichen Leistung gewährleistet sein soll.

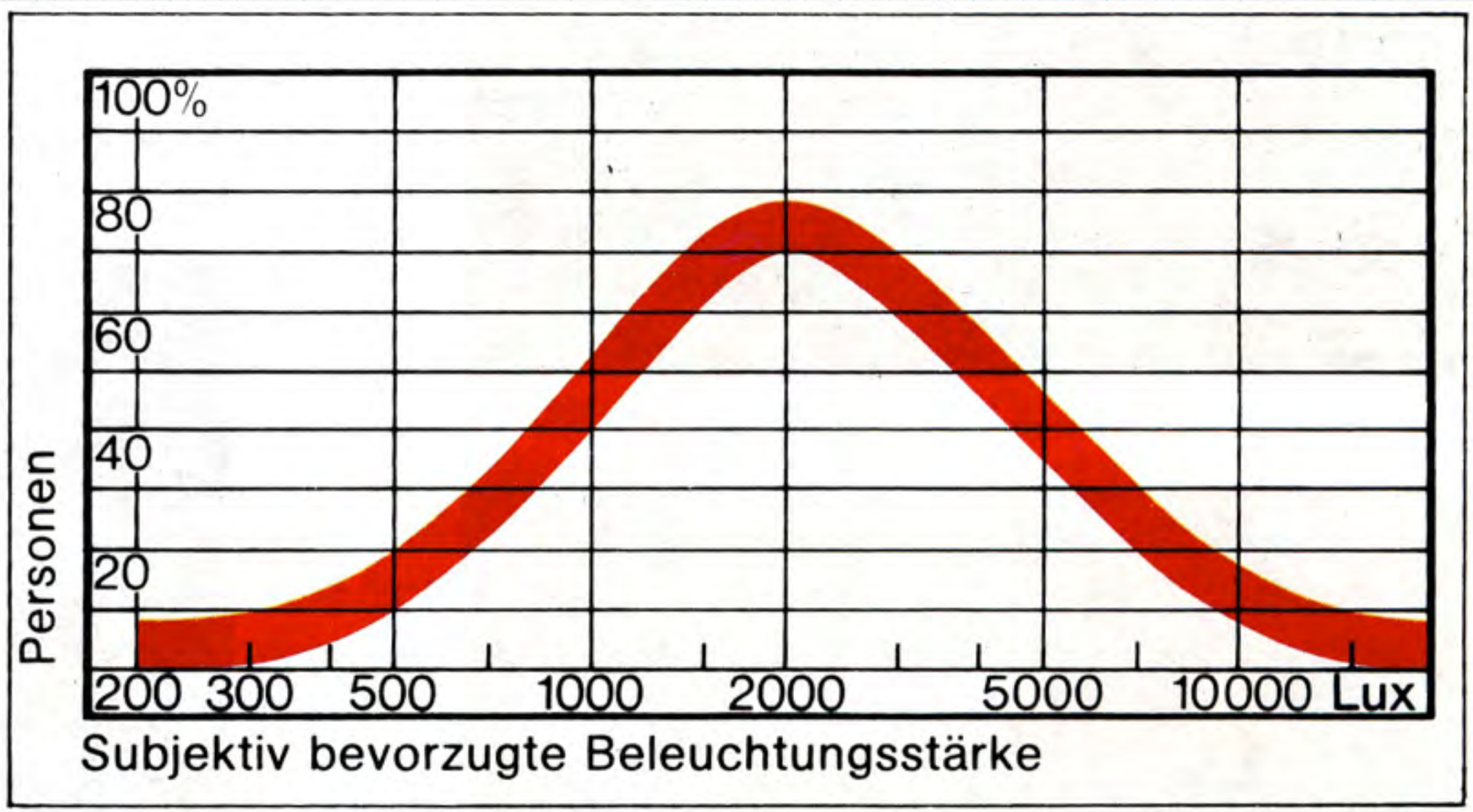
Es soll deshalb hier der Weg beschritten werden, aus den an verschiedenen Stellen durchgeführten subjektiven Bewertungen des Beleuchtungsniveaus Rückschlüsse auf die optimalen Beleuchtungsstärken bei der Arbeit zu ziehen und diese Ergebnisse mit denjenigen aus der physiologisch-optischen und der arbeitsphysiologischen Betrachtungsweise in Einklang zu bringen.

Festlegung von Beleuchtungsstärken



6. Mittelwertskurve (dick ausgezogen) aus den Normalverteilungskurven nach Bild 4 unter Verwendung der Gewichtsfunktion nach Gleichung (1), zusammen mit den Normalverteilungen der Einzelergebnisse gemäß Bild 4A—H (dünn ausgezogen). Die mit I bezeichnete Kurve ist durch Mittelung der Kurven 5a—e gewonnen

Festlegung von Beleuchtungsstärken



FGL, Lichtanwendung , Richard Pflaum Verlag, München, 1976
u.a. Hentschel, H.-J. , Licht und Beleuchtung, Siemens, Erlangen, 1972

Wie viel? Welche Qualität?

- Die Basis der Festlegungen in Beleuchtungsnormen ist methodisch mehr als fragwürdig. (mehr unter: http://www.cyberlux.de/deutsch/articles/planner/gesetze/cakir4/Beleuchtungsstaerke.pdf
- Die Basis der Festlegung der (vorgeblich) wichtigsten Größe ist nicht die Sehleistung, sondern das Erscheinungsbild von Umgebungen (in Modellversuchsräumen).
- Das Resultat - die Horizontalbeleuchtungsstärke - ist für die Beschreibung des Aussehens von Umgebungen weder geeignet noch angemessen.
- Als Basis für die Festlegung Tageslichtversorgung sind die Horizontalbeleuchtungsstärkewerte für die künstliche Beleuchtung ungeeignet.

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht

- Bewusstes Sehen von Arbeitsobjekten
- Wohlfühlen mit Licht (anregende Umgebung)
- „Circadiane“ Wirkungen (Aktivieren mit Licht)
- Sichtverbindung nach außen

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht
Bewusstes Sehen von Arbeitsobjekten

Quantität

- unterschiedlich nach Sehaufgabe und Alter
- bei Büroarbeiten: keine Leistungssteigerung bei mehr als 100 lx auf dem Sehobjekt

  Bodmann, H.-W.: Beleuchtungsniveaus und Sehtätigkeit, Int. Licht Rundschau, 1962 , S. 41
- Gerichtetheit viel wirksamer als Beleuchtungsstärke

  Schmidt-Clausen, H.-J.; Hartge, J.E., Einflüsse gerichteter und diffuser Arbeitsplatzbeleuchtung auf die Erkennbarkeit, Bundesanst. f.Arbeitsschutz, Dortmund, 1986
- Einfluss auf „visibility“ etwa doppelt so hoch wie bei künstlicher Beleuchtung

  Petry K. (1983): Zur Bewertung der Mindestbeleuchtungsstärke und der Nutzungszeit von tageslichtorientierten Arbeitsplätzen mit Hilfe des Kontrastwiedergabefaktors und der äquivalenten Kugelbeleuchtungsstärke, TH Darmstadt, Darmstadt, 1983

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht
Bewusstes Sehen von Arbeitsobjekten

Farbe, Spektrum

- unverfälschtes Spektrum im sichtbaren Bereich

  DIN EN ISO 9241-6 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung
- unverfälschte Farben der Umwelt
- *grundsätzlich ungeeignet bei Sehaufgaben, die eine hohe Konstanz der Umgebung benötigen (z.B. Farbabmusterung)*

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht

Wohlfühlen mit Licht (anregende Umgebung)

Quantität

- massgeblich ist nicht die Quantität, sondern die räumliche Verteilung der Farben und Helligkeiten
- Betonung vertikaler Flächen durch eine höhere Vertikalbeleuchtungsstärke
- zeitliche Veränderlichkeit der Quantität („Dynamik“) im Rhythmus des Tages
- zeitliche Veränderlichkeit von Lichtintensität, Lichtfarbe und Schattenrichtung im Laufe des Tages und des Jahres statt konstanter Bedingungen

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht

Wohlfühlen mit Licht (anregende Umgebung)

Blendung, thermische Störungen

- kein direkter Sonnenlichteinfall im Bereich des Arbeitsplatzes
- Vermeidung der IR-Einstrahlung nur bei Bedarf und nicht dauerhaft
- viel höhere Leuchtdichten von Himmel und sonstiger Außenwelt tolerierbar als bei künstlicher Beleuchtung
- viel höhere Beleuchtungsstärken auf dem Bildschirm und Leuchtdichten von reflektierten Objekten tolerierbar als in den Regelwerken angegeben (robuste Monitore)

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht

Wohlfühlen mit Licht (anregende Umgebung)

Farbe, Spektrum

- Farbverfälschung durch Verglasung oder Sonnenschutzeinrichtungen vermeiden, um sattere Farben als unter Kunstlicht zu ermöglichen
- Farbgestaltung unter Berücksichtigung der Tag- und der Nachtsituation

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht
Circadiane Wirkungen (Aktivieren)

Quantität

- Verlauf der Lichtintensität möglichst dem des Tageslichts anpassen
  - Morgens hohe Beleuchtungsstärken am Auge
  - Nachmittags möglichst geringe Beleuchtungsstärken
- Regelung des Lichteinfalls möglichst ohne Beeinträchtigung der Sichtverbindung und Änderung der spektralen Verteilung des einfallenden Lichts
- Räumliche Verteilung der der Außenwelt anpassen (oben heller, unten dunkler, möglichst helle vertikale Flächen)

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht
Circadiane Wirkungen (Aktivieren)

Farbe, Spektrum

- Verglasung darf den Bereich bei 480 nm nicht abschneiden
- Die Spektralverteilung im Innenraum soll der im Außenraum folgen können

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht
Sichtverbindung nach außen

- Die novellierte Arbeitsstättenverordnung wird wieder eine Sichtverbindung nach außen vorschreiben:
  „(1) Arbeitsräume, Kantinen, Pausen-, Bereitschafts- und Erste-Hilfe-Räume sowie Unterkünfte müssen ausreichend Tageslicht erhalten und eine Sichtverbindung nach außen haben.“
- Die Rechtsprechung hat eine lange Tradition in der Auslegung dieser Vorschrift.
- Die Literatur zeigt, dass selbst der Heilungsprozess nach Operationen und der anfallende Medikamentenkonsum durch die „Qualität“ der Sichtverbindung erheblich beeinflusst werden.
- Quantitative Angaben sind leider rar, weil eine Quantifizierung der wirksamen Faktoren kaum möglich ist.

Mögliche Qualitätsziele für Tageslicht
Gesundes Tageslicht?

- … wird es im Innenraum nicht geben, weil die Verglasung zumindest UV wegfiltert, je energieefizienter die Gläser, desto stärker die Filterwirkung
- ein erheblicher Teil der Bevölkerung hat bereits im Sommer ein Vitamin D-Defizit

Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit