

Zeitliche und örtliche Veränderungen der Helligkeitsverteilung in Büroräumen

Tagungsbericht der Licht 2000, Goslar, September
2000

Report

Author(s):

Fleischer, Susanne; Krueger, Helmut; Schierz, Christoph

Publication date:

2000

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004362354>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Zeitliche und örtliche Veränderungen der Helligkeitsverteilung in Büroräumen

Bericht aus dem Projekt „Harmonisches Licht“

Susanne Fleischer, Helmut Krueger, Christoph Schierz

Inhalt des Projekts „Harmonisches Licht“ ist es, Einflüsse von Lichtsituationen auf das Befinden und den emotionalen Zustand des Menschen zu ermitteln. Dazu wurden statische, sich in der Beleuchtungsstärke, der Lichtfarbe und der Gewichtung des Direkt- und des Indirektanteils (Lichtschwerpunkt) unterscheidende Beleuchtungssituationen im Labor untersucht. Lichtsituationen, die sich bezüglich des Lichtschwerpunktes verändern, wurden in einem einjährigen Feldversuch getestet. Der Versuchsaufbau und erste Teilergebnisse des Feldversuchs und der Laborversuche werden im folgenden vorgestellt.

1. Einleitung

Im Projekt „Harmonisches Licht“ soll ermittelt werden, wie moderne Beleuchtungstechnik Arbeitstätigkeiten unterstützen kann und wie der Tageslichteinfluss und individuelle Bedürfnisse zu berücksichtigen sind. Es wurde geprüft, ob veränderliche, sich an die momentanen Bedürfnisse in geeigneter Weise anpassende Lichtsituationen zu einer Steigerung des Wohlbefindens und der Motivation führen.

Der Ansatz basiert auf der Erkenntnis, dass für eine hohe Produktivität und eine qualitativ gute Arbeit Licht nicht nur zum Erkennen der Arbeit notwendig ist, sondern auch zum Erhalten der Aufmerksamkeit über den gesamten Arbeitstag. Licht wird als dynamische Gestaltungskomponente des visuellen Raumklimas eingesetzt. Die gestaltete Lichtumgebung ist im Zusammenhang mit der Interaktion der Raumbenutzer mit ihrer erlebten Umgebung zu sehen.

In dem hier vorgestellten Forschungsprojekt wurden verschiedene Algorithmen für die Kombination von Tageslicht und Kunstlicht getestet, die die Tageszeit und die Veränderungen des Tageslichts in die Kunstlichtsituation einbeziehen, ohne das Tageslicht zu imitieren. Da die Art der Tätigkeit und der Wechsel zwischen Tätigkeitsarten wichtige Einflussfaktoren auf den Menschen sein können, wurde das ebenfalls berücksichtigt.

2. Methodik

Um die zur Steigerung des Wohlbefindens und der Motivation geeigneten Lichtsituationen zu ermitteln, wurden für den Feldversuch Tageslicht und Kunstlicht zu

Dipl.- Ing. Susanne Fleischer
Prof. Dr. Helmut Krueger
Dr. sc. nat. Christoph Schierz
Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie
Eidgenössische Technische Hochschule, NW
CH-8092 Zürich

sogenannten Lichtszenarien kombiniert. Dabei wurden folgende Einflüsse berücksichtigt: Tageszeit und Tageslicht (Himmelszustand). Die Jahreszeit wurde als Confounder Variable mit aufgenommen.

Für die Laborversuche wurden statische, sich in der Beleuchtungsstärke, der Lichtfarbe und der Gewichtung des Direkt- und des Indirektanteils (Lichtschwerpunkt) unterscheidende Beleuchtungssituationen im Einzelversuch tätigkeitsbezogen bewertet. Dadurch konnte der Einfluss der Tätigkeitsart und der Wechsel zwischen verschiedenen Tätigkeiten untersucht werden.

So lassen sich die Vorteile beider Untersuchungsmethoden (Feld und Labor) nutzen und ihre Nachteile relativieren: Feldstudien haben bekanntlich den Vorteil einer grossen Praxisrelevanz, aber den Nachteil beschränkter wissenschaftlicher Zuverlässigkeit (Reliabilität). Aussagen aus Laborversuchen sind verlässlicher, ihre Allgemeingültigkeit ist jedoch eingeschränkt (externe Validität).

2.1 Feldversuch

Die vier im Feld benutzten Lichtszenarien unterteilen sich in zwei tageszeitabhängige Szenarien und zwei, die in Abhängigkeit des Himmelszustandes verändert wurden (s. Tab.1):

Lichtszenario	Gestaltung
A	Indirektlicht am Morgen, Direktlicht am Nachmittag
B	Direktlicht am Morgen, Indirektlicht am Nachmittag
C	Indirektlicht bei bedecktem Himmel, Direktlicht bei klarem Himmel
D	Direktlicht bei bedecktem Himmel, Indirektlicht bei klarem Himmel

Tabelle 1

Die in der zweiten Spalte dargestellten Zustände stehen für die Extremwerte der einzelnen Szenarien. Über den Tag fand ein allmählicher Übergang zwischen diesen beiden Polen statt.

Die Szenarien A und B wurden abhängig von der Uhrzeit gesteuert; für die Szenarien C und D diente die Schattigkeit nach Haeger /2/ als Mass für den Bedecktheitsgrad des Himmels. Der Feldversuch wurde in zwei Grossraumbüros durchgeführt. Jedes Szenario dauerte drei Wochen und wurde mehrmals über das Jahr getestet, um die Jahreszeit als Confounder Variable in die Berechnungen einbeziehen zu können. Die Jahreszeit wie geplant /1/ als Untersuchungsvariable zu setzen, war aus versuchstechnischen Gründen nicht möglich. Jeweils zum Abschluss der drei Wochen wurde ein Fragebogen zum Raumeindruck, zur Tätigkeit und zur Art und Häufigkeit des Benutzereingriffs von den in diesen Büros Arbeitenden ausgefüllt. Um eine hohe Konsistenz der Antworten zu erhalten, wurde direkt nach dem Licht bzw. der Helligkeit als zu bewertender Grösse gefragt, nicht z. B. allgemein nur nach dem Raumeindruck.

Über mehrere Monate hinweg wurden ausserdem von einigen Mitarbeitern Minitagebücher geführt, in denen u. a. das Befinden und die Motivation aufgezeichnet sind.

2.2 Laborversuch

Für den Laborversuch wurde ein Mock-up-Raum an der ETH Zürich mit heutzutage üblicher Büroeinrichtung (Schreibtisch, PC-Arbeitsplatz) eingerichtet. Als künstliche Beleuchtung dienten Direkt-/Indirektpendelleuchten.

Ziel war es, eine geeignete Zuordnung zwischen Tätigkeit und Lichtsituation zu ermitteln und den Einfluss des Lichts auf den emotionalen Zustand der Person im Raum zu messen. Die Versuchsteilnehmer bewerteten 10 bzw. 12 Lichtsituationen bzgl. Raumeindruck, Ausleuchtung des Arbeitsplatzes und Eignung für verschiedene Tätigkeiten. Zusätzlich fand eine emotionale Bewertung mittels 18 bipolarer Adjektivskalen statt. Vor dem Ausfüllen des Fragebogens wurden die Versuchsteilnehmer darauf hingewiesen, dass das Licht die zu bewertende Grösse ist und nicht z. B. die Farbgebung im Raum. So liess sich vermeiden, dass die Teilnehmer unterschiedliche Stimuli beurteilten /5/.

Folgende Lichtsituationen wurden beurteilt (s. Tab. 2):

Versuchsreihe	Lichtsituation Nr.	Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene [lx]	Indirektanteil [%]	Lichtfarbe, Indirektanteil	Lichtfarbe, Direktanteil
1	1/ 6	500/ 300	100	nw	nw
1	2/ 7	500/ 300	75	nw	nw
1	3/ 8	500/ 300	50	nw	nw
1	4/ 9	500/ 300	25	nw	nw
1	5/ 10	500/ 300	0	nw	nw
2	11/ 16	500	100	tw/ ww	ww/ tw
2	12/ 17	500	75	tw/ ww	ww/ tw
2	13/ 18	500	50	tw/ ww	ww/ tw
2	14/ 19	500	25	tw/ ww	ww/ tw
2	15/ 20	500	0	tw/ ww	ww/ tw
2	21/ 22	500	50	ww/ tw	ww/ tw

Tabelle 2: Die Angabe des Indirektanteils bezieht sich darauf, wie gross der Anteil an der mittleren Beleuchtungsstärke auf dem Tisch durch die obere Lampe in der Leuchte ist

3. Auswertung

3.1 Laborversuch

Hier soll nur auf die Auswertung des emotionalen Zustandes eingegangen werden. Nach Mehrabian /3/, /4/ lassen sich durch eine Kombination der drei Größen Pleasure (Gefallen), Arousal (Aktivierung), Dominance (Dominanz) die wesentlichen Emotionen des Menschen charakterisieren (Abb. 1). Die Faktoranalyse der bipolaren Adjektivskalen ergab genau diese drei Faktoren.

Eine Varianzanalyse mit den Variablen ID (Indirektanteil), E (Beleuchtungsstärke), IDxE, IDxID, IDxIDxE für Versuchsreihe 1 bzw. mit ID, FID (Farbe des Indirektanteils), IDxFID, IDxID, IDxIDxFID für diese Faktoren ergab folgende Einflüsse:

Aufgrund des Projektziels war vor allem der Einfluss auf den Faktor Arousal von Interesse, da daran die Wirkung des Lichts auf die Aktivierung des Menschen erkennbar wird. Für die Lichtsituationen der ersten Versuchsreihe sind das Beleuchtungsstärkeniveau, der Lichtschwerpunkt und die Interaktionen als beeinflussende Variable auf dem 5% Niveau signifikant. Eine Erhöhung der Aktivierung findet sowohl durch eine höhere Beleuchtungsstärke statt, als auch durch

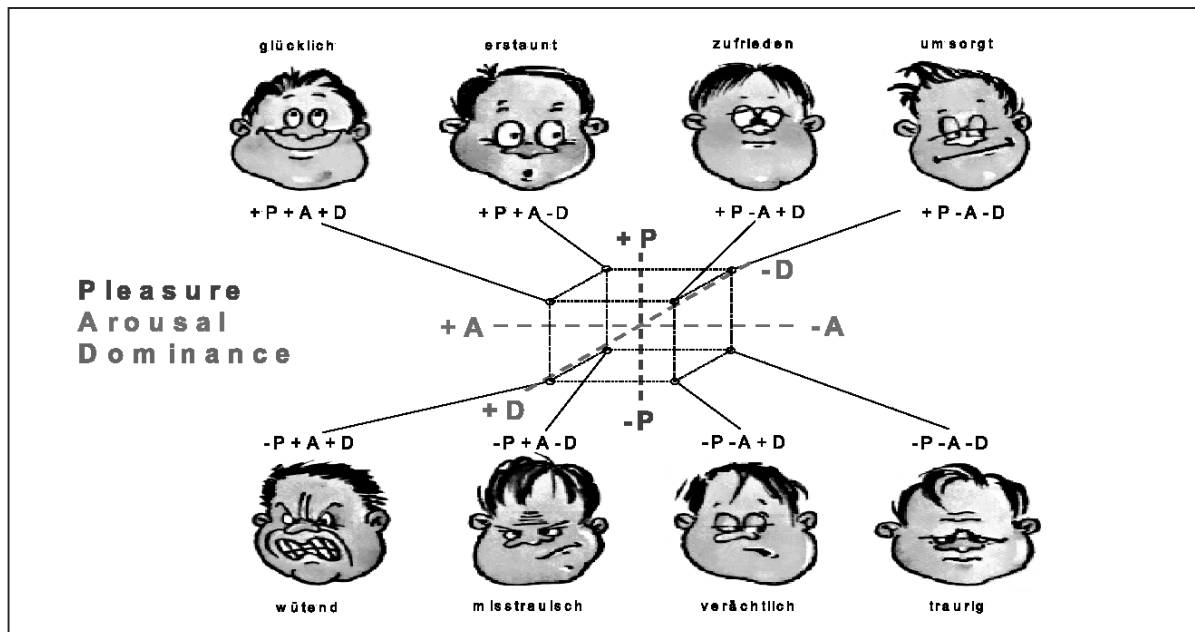


Abbildung 1

eine Verschiebung des Lichtschwerpunktes in Richtung Direktanteil bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene. Die Auswirkung dieser Verschiebung ist bei niedrigeren Beleuchtungsniveaus stärker als bei hohen (Abb. 2).

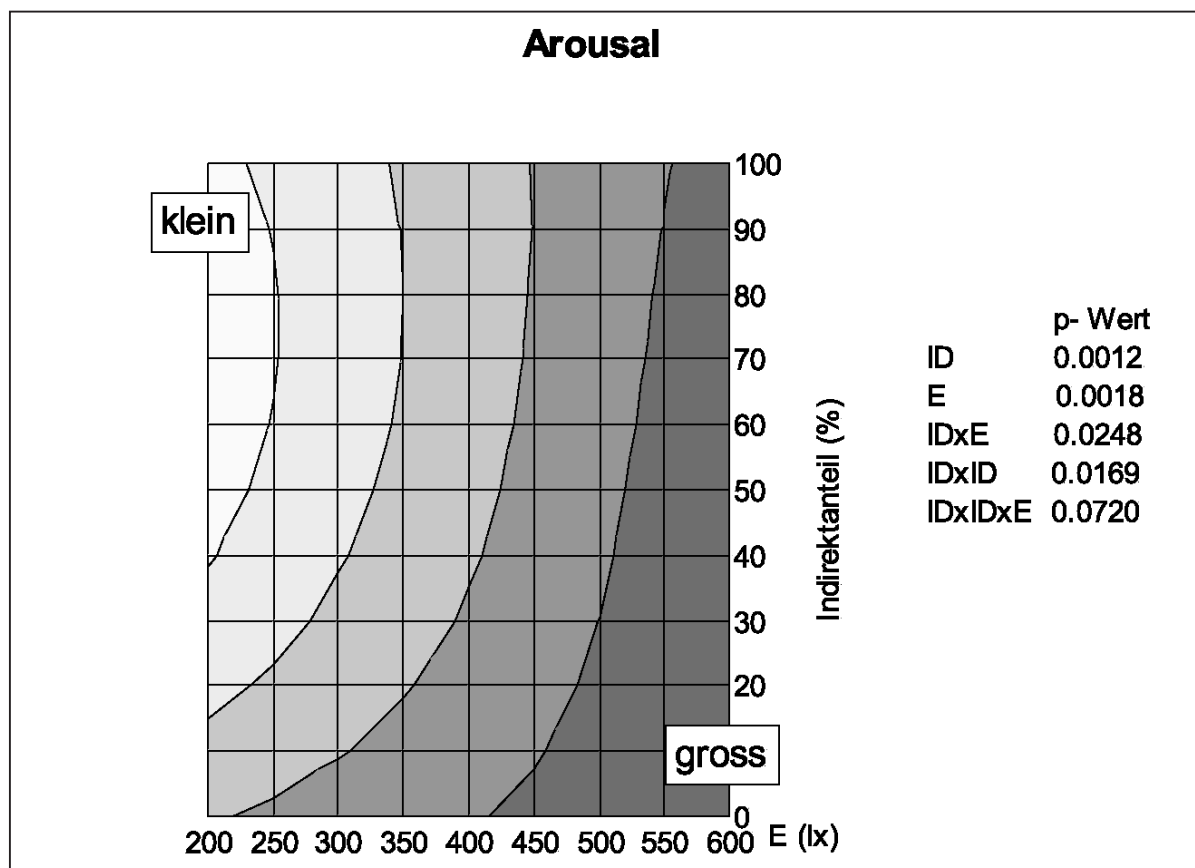


Abbildung 2

Für die zweifarbigen Lichtsituationen ist die Lichtfarbe und die Interaktion zwischen Lichtfarbe und Indirektanteil signifikant. Die grösste Angeregtheit wird durch die rein tageslichtweissen Lichtsituationen (nur indirektes oder nur direktes Licht) erreicht. Da bei diesen Kombinationen Indirekt/ Direkt= tw/ww oder ww/tw eine Veränderung des Lichtschwerpunktes immer auch eine Veränderung der im Raum vorherrschenden Lichtfarbe bewirkt, hat das zur Folge, dass die Angeregtheit für die Lichtsituationen mit der Kombination tw/ww mit höherem Indirektanteil steigt und für die mit ww/tw mit höherem Direktanteil grössere Werte annimmt (Abb. 3).

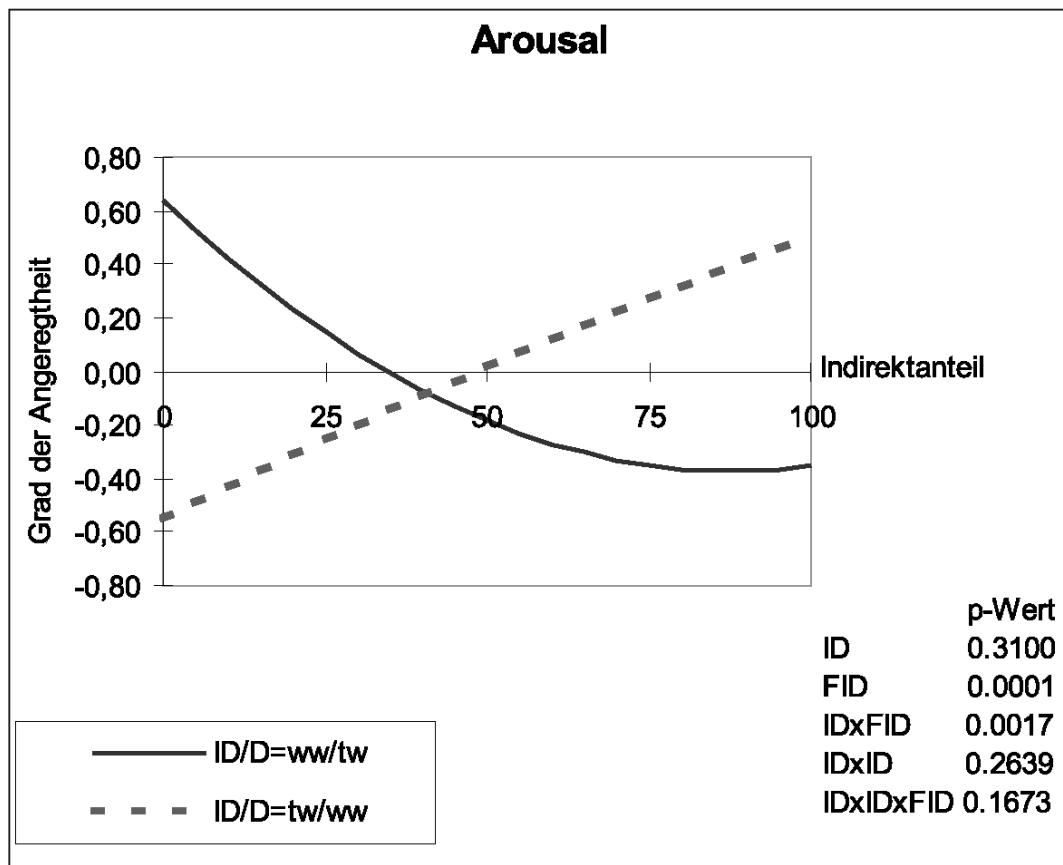


Abbildung 3

Betrachtet man abschliessend noch die beiden anderen Faktoren, so ergibt sich folgendes:

Für die Lichtsituationen der ersten Versuchsreihe wird Faktor Pleasure nur vom Beleuchtungsstärkeniveau signifikant beeinflusst, Faktor Dominance der Lichtschwerpunkt und der Interaktion aus Lichtschwerpunkt und Beleuchtungsstärke. Je höher der Indirektanteil ist, desto dominanter fühlt sich die Person im Raum. Für die zweifarbigen Lichtsituationen der zweiten Versuchsreihe beeinflussen der Lichtschwerpunkt und die Lichtfarbe sowie ihre zweifach Interaktion den Faktor Pleasure signifikant. Am besten gefällt die Kombination mit ID-Anteil ww und Direktanteil tw bei hohem Indirektanteil. Für die umgekehrte Farbkombination wird ein Lichtschwerpunkt von 50% Direkt- mit 50%- Indirektanteil bevorzugt. Für Faktor Dominance ergab keine der Grössen einen signifikanten Einfluss.

3.2 Feldversuch

Zwei Fragen aus dem Minitagebuch sind stellvertretend für die Faktoren Pleasure und Arousal: „Wie zufrieden waren Sie heute mit der Beleuchtung?“ (gar nicht ... sehr)

„Welche Wirkung hatte die Lichtsituation am Arbeitsplatz auf Sie?“ (Ich fühlte mich dadurch schläfrig ... wach). Am besten gefiel das Lichtszenario D: Das Kunstlicht reagiert mit seinem diffusen Indirektanteil gegenläufig auf den Bedecktheitsgrad des Himmels. Je geringer die Schattigkeit wird, desto mehr wird der Lichtschwerpunkt in Richtung gerichtetes Licht verschoben. Als zweitbestes Szenario wurde A beurteilt, Indirektlicht am Morgen. Die Jahreszeit und das Wetter wurden bei der Auswertung berücksichtigt. Für den Faktor Arousal gibt es dieselbe Reihenfolge wie für Pleasure, d. h. die stärkste Aktivierung erfolgt durch D, gefolgt von A. Da die Auswertungen noch nicht abgeschlossen ist, konnte zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung der Einfluss des Wetters noch nicht in die Berechnung mit einbezogen werden.

4. Schlussbemerkung

Aus den Teilergebnissen des Feld- und des Laborversuchs geht hervor, dass der emotionale Zustand des Menschen durch Veränderungen der Lichtsituationen beeinflusst werden kann. Dies wird bereits möglich, wenn die Parameter Beleuchtungsstärke, Lichtschwerpunkt und Lichtfarbe innerhalb der Bandbreite der für Büroräume üblichen Werte variiert.

Eine differenzierte Betrachtung ist dazu aber notwendig, da eine Steigerung des Faktors Arousal nicht immer von Vorteil ist. Es gilt ein U-förmiger Zusammenhang mit Distanzregelung (meiden ... annähern). Je nachdem, auf welchem Ast der U-Form man sich befindet, kann eine Steigerung oder Verminderung von Arousal zu einer besseren Arbeitsleistung führen. Beispielsweise kann bei starker Arbeitsbelastung eine beruhigende Wirkung des Lichts zu positiven Ergebnissen führen.

Mittels der Erkenntnisse aus diesen Versuchsreihen lassen sich Lichtszenarien entwerfen, die die Befindlichkeit und die Motivation steigern bzw. zu einer Zunahme der Vigilanz führen. Dies stellt einen neuen Planungsansatz für ergonomisch sinnvolle Arbeitsplätze dar.

Literatur

- /1/ FLEISCHER, S., SCHIERZ, CH., KRUEGER, H. (1998): Forschungsvorhaben „Harmonisches Licht“, Neue Ansätze zur Kombination von Tageslicht und Kunstlicht, Tagungsband Licht '98 P. 300-307
- /2/ HAEGER, F. (1975) Schattigkeit- Eine Analyse lichttechnischer Definitionen und subjektiver Bewertungen von Schlagschattensituationen, Dissertation TU Berlin
- /3/ MEHRABIAN A., RUSSEL J. A. (1974): An Approach to Environmental Psychology. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London.
- /4/ MEHRABIAN A. (1978): Räume des Alltags oder wie die Umwelt unser Verhalten bestimmt. Campus Verlag; Frankfurt, New York.
- /5/ TILLER DALE K. (1990): Toward a Deeper Understanding of Psychological Aspects of Lighting, Journal of the Illuminating Engineering Society V19 No2 p. 59-65.