

Alle Menschen sind nicht gleich

Zur Bedeutung von Mittelwert und Streuung bei psychologischen Untersuchungen in der Lichttechnik

Prof. Dr. Bernd Jödicke
Fachhochschule Konstanz
Brauneggerstr. 55
78462 Konstanz
joedicke@fh-konstanz.de

Martin Merkler
Ökolux GmbH
Brauneggerstr. 55
78462 Konstanz
merkler@oekolux.de

1. Überblick

Die richtige, **gute** Beleuchtung zu bestimmen ist eines der wichtigsten Aufgaben in der Beleuchtungstechnik. Dabei zeigt sich, dass man die Frage nach dem was **gut** und richtig ist nicht so leicht beantworten kann wie in anderen technischen Disziplinen.

Deshalb wurden und werden von unterschiedlichen Institutionen Untersuchungen durchgeführt, die helfen sollen diese Frage fundiert zu beantworten. Gerade die Frage nach der **guten** Beleuchtung erfordert Methoden der Psychologie. Dabei wird zunächst eine Hypothese aufgestellt, und entsprechende Versuche durchgeführt. In den Versuchen werden viele Testpersonen nach Ihren Empfindungen befragt oder daraufhin getestet. Am Ende der Messreihe steht schließlich die Aussage, ob die Hypothese zutrifft oder ob sie zu verwerfen ist.

Die Aussagekraft mancher dieser statistischen Untersuchungen wird leider teilweise falsch eingeschätzt. Auf solche Fehlerquellen soll in diesem Bericht hingewiesen werden. Dazu wird zunächst im folgenden zweiten Teil eine psychologische Testreihe vorgestellt. Im dritten Teil erfolgt eine allgemeine Bewertung von Mittelwert und Streuung.

2. Einschaltverhalten

Das Einschaltverhalten der Nutzer beim Betreten von Räumen ist von großer Bedeutung für den Energieverbrauch der Beleuchtungsanlagen. Da Nutzer sich kaum vom Arbeitsplatz erheben, nur weil das Tageslicht nach einiger Zeit ausreicht für die Arbeit, bleibt die Beleuchtung in vielen Fällen angeschaltet.

Hypothese

Für das Einschaltverhalten ist aber nicht die Beleuchtungsstärke auf dem Arbeitsplatz verantwortlich. Vielmehr entscheidet ein Nutzer aufgrund des Raumeindrucks, ob der Raum hell ist oder dunkel. Dabei hat die Lichtverteilung auf den Wänden einen entscheidenden Einfluss.

Alle Menschen sind nicht gleich

Untersuchungsmethode

Zur Prüfung der Hypothese wurde ein Raum so ausgerüstet, dass drei unterschiedliche Beleuchtungssituationen eingestellt werden konnten:

- Ohne Tageslicht, unbeleuchtet Wände (BAP-Leuchten)
- Ohne Tageslicht, Wände beleuchtet (indirekt Stehleuchte)
- Mit Tageslicht, Wände tageslicht-erhell

Zusätzlich konnte mit einer arbeitsplatzorientierten Leuchte über einen Dimmer zwischen null und 1200 lux zugeschaltet werden.

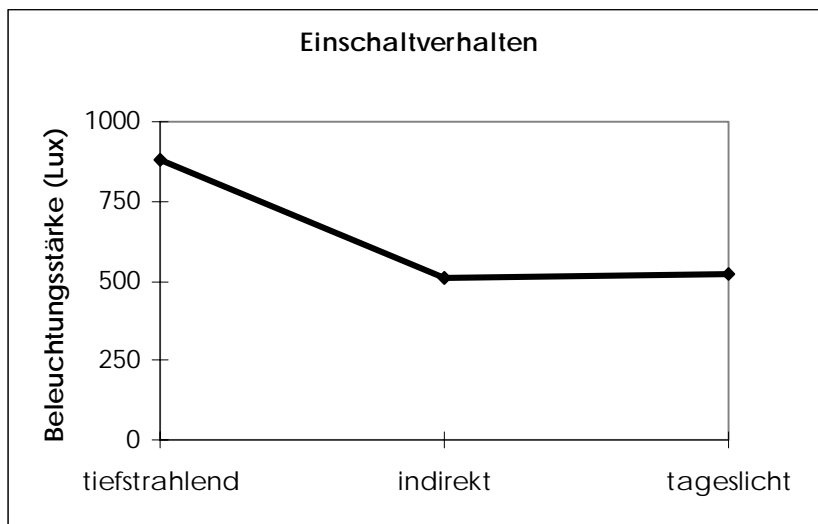
Studenten unterschiedlicher Fachrichtungen hatten die Aufgabe in den Raum zu gehen, sich an den Tisch zu setzen und das Licht so einzustellen, dass sie das Gefühl hatten mit der eingestellten Beleuchtung eine Stunde lang intensiv lesen zu können (Testobjekt war ein mathematisches Lehrbuch).

Dabei war wichtig, dass die Studenten sich schnell entschieden.

Der eingestellte Wert wurde anonymisiert aber nachvollziehbar dokumentiert. Jeder Student musste jede der drei Beleuchtungssituation testen. Um gewisse Fehler wie die Gewöhnung zu vermeiden, wurde die Reihenfolge stochastisch ermittelt.

Auswertung Teil 1

Werden die Mittelwerte gebildet und diese über dem Raumeindruck aufgetragen, so ergibt sich folgende Grafik.

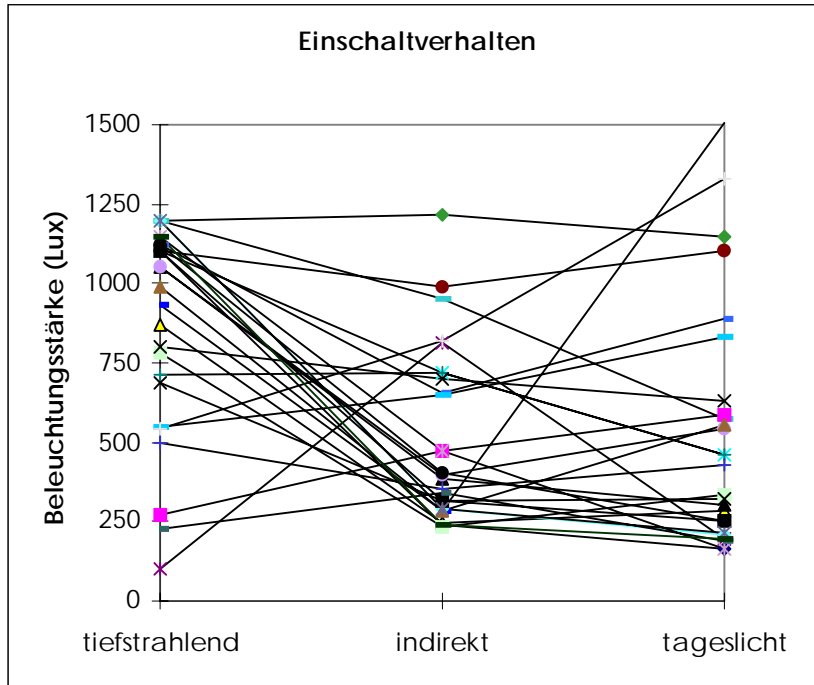


Diese könnte folgendermaßen interpretiert werden:

- Helle Wände erfordern weniger Licht
- Dunkle Wände erhöhen Lichtbedarf
- Bei hellen Wänden wird 500 lux empfohlen
- Bei dunklen Wänden werden 900 lux gewünscht.
- Die Hypothese wird bestätigt.

Auswertung Teil 2

Werden alle Messwerte einzeln aufgetragen, so erhält man ein wesentlich komplexeres Bild



Die Interpretation lautet:

- Helle Wände erfordern weniger Licht
- Dunkle Wände erhöhen Lichtbedarf
- Die gewünschte Beleuchtungsstärke liegt bei hellen Wänden zwischen 150 lux und 1500 lux
- Bei dunklen Wänden werden zwischen 100 lux und 1200 lux gewünscht.

Vergleich

Durch die Einbeziehung der Streuung der Messwerte wird die Aussage wesentlich schwieriger, aber eigentlich präziser, da Einzelpersonen berücksichtigt werden.

3. Mittelwert und Standardabweichung

Gemäß DIN 1319 gehört zu einer Messung die Nennung des Bestwertes sowie auch das Maß für die Unsicherheit. Handelt es sich um eine Normal-Verteilung so sind das arithmetische Mittel und die Standardabweichung die richtigen Werte. Bei anderen Verteilungen gibt es ebenfalls mathematische Methoden zur Bestimmung von Bestwert und Unsicherheit.

Mittelwert

Der Mittelwert gibt an welcher Wert im Durchschnitt eingestellt wurde. Er bedeutet aber bei psychologischen Untersuchungen nicht, dass diesen Wert die meisten Probanden wählen würden.

Der Mittelwert darf eigentlich nur dann herangezogen werden, wenn Zahlen daraus errechnet werden sollen, die selbst gemittelte Werte sind.

z.B. kann aus. o.a. Messung nicht der Schluss gezogen werden, dass bei hellen Wänden eine Beleuchtungsniveau von 500 lux richtig ist. Aber man kann daraus schließen, dass der Jahresenergieverbrauch von allen Personen dem von 500 lux entspricht.

Standardabweichung

Sie gibt an wie breit die Verteilung ist. Grund für die Standardabweichung können sein:

- Fehler in der Versuchsvorbereitung und Durchführung
- Schwankungen der zu messenden Parameter selbst.

Konsequenzen

Insbesondere bei psychologischen Untersuchungen können hier die menschlichen Eigenheiten zum Tragen kommen. Nicht jeder Mensch wird zu jedem Zeitpunkt das gleiche empfinden.

Die Streuung ist bedingt durch die Unterschiedlichkeit der Testpersonen und damit echt und richtig!

Neben dem Mittelwert beinhaltet die Streuung wichtige Teile des Ergebnisses. Diese dürfen nicht als Fehler im Sinne von „falsch“ weginterpretiert werden.

Vielmehr bilden Mittelwert und Standardabweichung zusammen das Ergebnis.

Forscher und Planer im Bereich der Lichttechnik sollten sich vermehrt daran erinnern.

Derzeitiger Stand

Bei vielen Untersuchungen fehlt leider der Hinweis auf die Streuung. Dies gilt sowohl für ältere Arbeiten als auch für neuere Publikationen. Meist werden nur die Mittelwerts-Kurven veröffentlicht und daraus Schlüsse gezogen.

In verschiedenen Diskussionen kam zum Vorschein, dass manche Forscher diese Streuungen immer noch als „falsch“ verstehen, und daher versuchen dieses „Fehler“ wegzudiskutieren.

4. Ausblick/Lösung

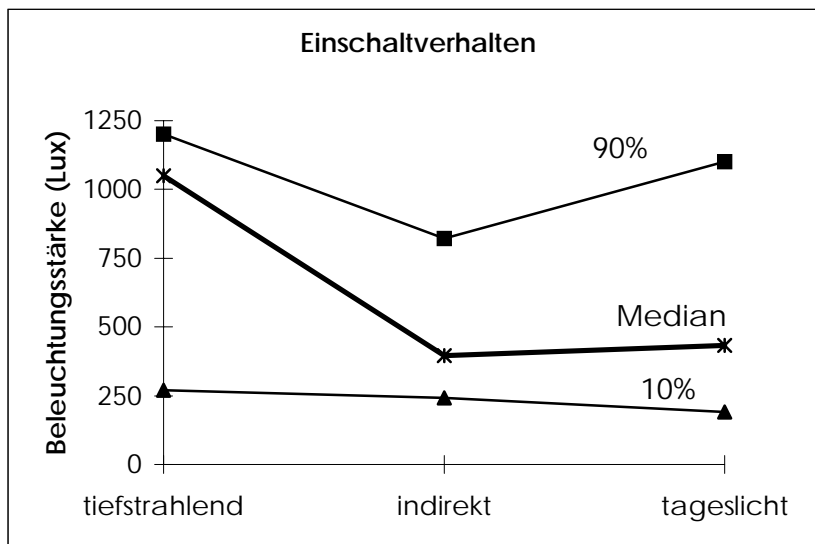
Ein Lösungsansatz bestünde darin alle Grafiken und Messreihen mit zu veröffentlichen. Dieser Weg führt aber zu so viel Papier, dass die eigentliche Information nicht mehr gelesen wird.

Ein Weg der in der DIN vorgeschlagen wird, ist einfach die Streuung anhand eines +- Werts an das Ergebnis mit anzuschließen. So lautet die eingestellte Beleuchtungsstärke tiefstrahlender Beleuchtung:

$$(890 \pm 660) \text{ lux}$$

hier angegeben ist die 2-fache Standardabweichung

Ein weiterer Weg, der sehr intuitiv zu verstehen ist, wird in der Physiologie seit langem angewendet. So wird z.B. die Körpergröße einer Person verglichen mit dem Durchschnitt. Mit Hilfe von Somatogrammen kann dann nachgeprüft werden, ob der Mensch eine „normale“ Körpergröße hat.



Die Grafik ist folgendermaßen zu lesen:

- 10% der Personen sind mit einem Lichtniveau zufrieden das durch die untere Linie angegeben ist.
- die Hälfte möchte mindestens das mittlere Niveau
- Wählt man die obere Linie, so haben 90% der Personen genügend Licht. Das bedeutet aber nicht, dass 90% aller Personen so viel Licht wünschen.

Schlussatz

In der Lichttechnik ist es auch sinnvoll eine an Einzel-Personen anpassbare Beleuchtungsanlage zu planen. Hilfsmittel dafür sind Darstellungen der Streuungen, wie z.B. Somatogramme.

Die Streuungen bei den Untersuchungen sind **keine Fehler** im Sinne von falsch

Alle Menschen sind nicht gleich.

Alle Menschen sind nicht gleich