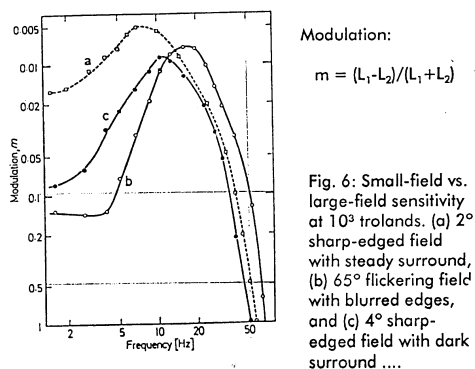


Anwendungen I, Vorlesung vom 6.6.2000

Die Psychophysik ist eine der grundlegenden Methoden, wenn es darum geht, Wahrnehmung, Empfindung und andere Reaktionen für praktische Zwecke zu analysieren. Im Folgenden werden Beispiele aus den Bereichen der visuellen Wahrnehmung und der Akustik kurz dargestellt.

Das wohl am häufigsten diskutierte Phänomen der visuellen Wahrnehmung bei der Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen, war und ist zum Teil noch die Wahrnehmung von Flimmern. Es ist zwar bis heute noch nicht mit der sonst üblichen wissenschaftlichen Härte gelungen nachzuweisen, dass Flimmern schädlich oder stark beanspruchend für den Menschen ist. Es scheint jedoch logisch, dass das Aufschalten einer „informationslosen“ Information eher eine Entlastung des visuellen Systems darstellt. Für die Beurteilung ob ein Flimmern beim Bildschirm wahrgenommen werden kann oder nicht gibt es mehrere Ansätze. Einen analytischen Ansatz geht Joyce Farrell von HP. Sie bestimmt mit technischen Mitteln die zeitliche Modulation des Bildschirmlichtes und vergleicht die Messwerte mit Flimmerempfindlichkeitskurven, die von D. H. Kelly ermittelt wurden (siehe Figur 1).

Flicker



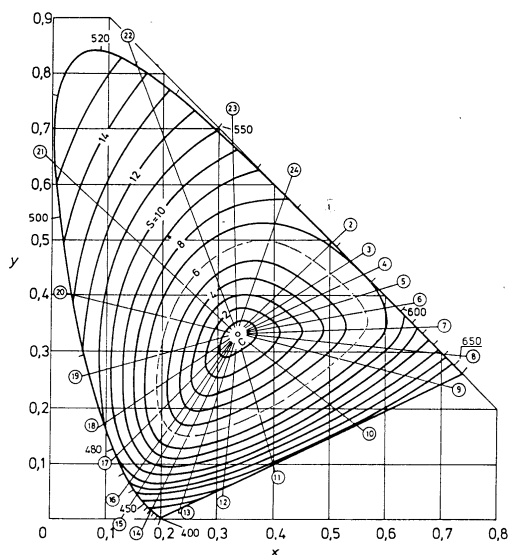
Figur 1: Flimmerwahrnehmungskurven (Modulationen) in Abhängigkeit der Frequenz einer sinusförmig in der Zeit modulierten Lichtquelle. Die drei Kurven wurden bei drei Stimuli unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung ermittelt.

D. H. Kelly in J. D. Hurich (Ed.), 1972, Hdb. of Sensory Physiology, Vol. VII/4. Springer Verlag, Berlin.....

Im Detail besteht Farrells Ansatz darin, dass das zeitliche Fourier Spektrum des Bildschirmlichtes bestimmt wird und das Spektrum mit den Flimmerempfindlichkeitskurven von Kelly aus der Figur I verglichen wird. Aus dem Vergleich wird geschlossen ob das Bildschirmlicht zur Flimmerwahrnehmung führt oder nicht. Kellys Kurven wurden mittels langwieriger psychophysischer Messungen ermittelt.

Ein psychophysischer Ansatz zur Bestimmung ob ein Bildschirm flimmert oder nicht, wurde von Bernice Rockowitz von IBM etabliert. Versuchspersonen stellen an einer flimmernden Lichtquelle jene Flimmerfrequenz ein, die zur selben Flimmerwahrnehmung wie ein zu beurteilender Bildschirm führt. Rockowitz Methode ist aufwendig, da die Versuche (Wiederherstellungsmethode) mit vielen (z.B. 100) Versuchspersonen durchgeführt werden müssen.

Zwei weitere Beispiele für die Anwendung psychophysischer Methoden für die Praxis sind aus der Farbmeterik entliehen. Eine der Möglichkeiten Farben zu kommunizieren besteht in deren Kennzeichnung mittels Farbkordinaten. Hierfür wurde von dem Comité International pour l'éclairage (CIE) 1931 ein Farbdreieck definiert, dessen untere rechte Ecke die spektralreine rote Farbe, der obere Spitz das grün, die linke untere Ecke das spektralreine blau wiedergibt. Im Dreieck, vergleiche auch Figur 2, sind alle wahrnehmbaren Mischfarben für eine bestimmte Leuchtdichte dargestellt. Die Farben werden durch die Koordinaten  $x$  und  $y$  gekennzeichnet. Die Farbe „weiss“ hat z.B. die Koordinaten  $x = 0.33$ ,  $y = 0.33$ . Es lassen sich aber auch zwei andere Koordinatenformen angeben, die dieselben Farben beschreiben. Die in Figur 2 dargestellten konzentrischen, ellipsenförmigen Figuren, geben Orte gleicher Farbsättigung an. Entlang einer Kurve besteht der Eindruck der gleichbleibenden Sättigung. Die Determinierung dieser Kurven basiert ebenfalls auf psychophysischen Versuchen. Im weiteren sind im Dreieck strahlenförmig angeordnete Linien zu sehen die an einem Endpunkt mit einer Ziffer gekennzeichnet sind. Diese Linien stellen Linien für Farben mit demselben sogenannten Bundtonwinkel dar. Somit lässt sich eine Farbe im Farbdreieck auch durch Angabe des Sättigungsgrades und des Bundtonwinkels ausdrücken.

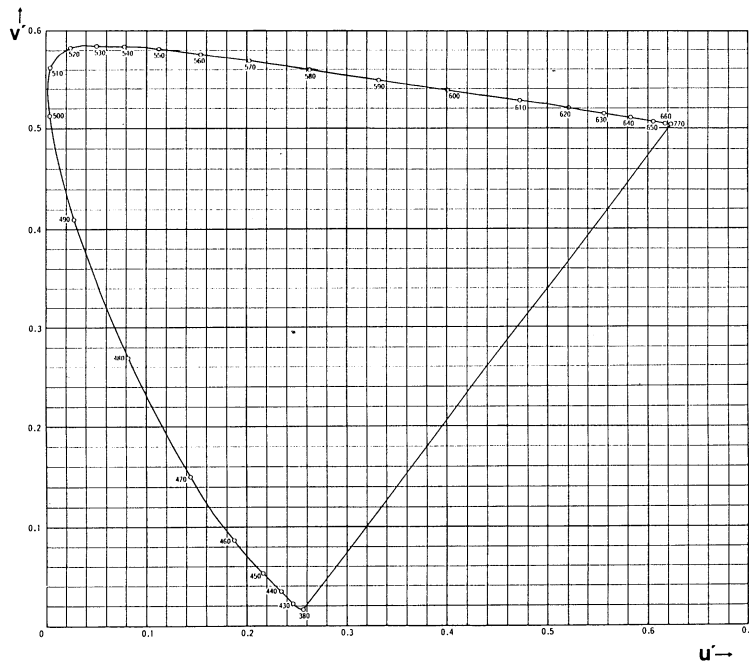


Normfarbtafel nach DIN mit Linien gleichen Bundtonwinkels (1 ... 24) und gleicher Sättigungsstufe S (0 ... 14)

Figur 2: Farbdreieck nach CIE 1931 mit Farbkordinaten  $x$  und  $y$ . Im Farbdreieck sind Linien gleicher Sättigung (ellipsenförmig, konzentrisch) und Linien gleichen Bundtonwinkels (strahlenförmige Linien) eingezeichnet.

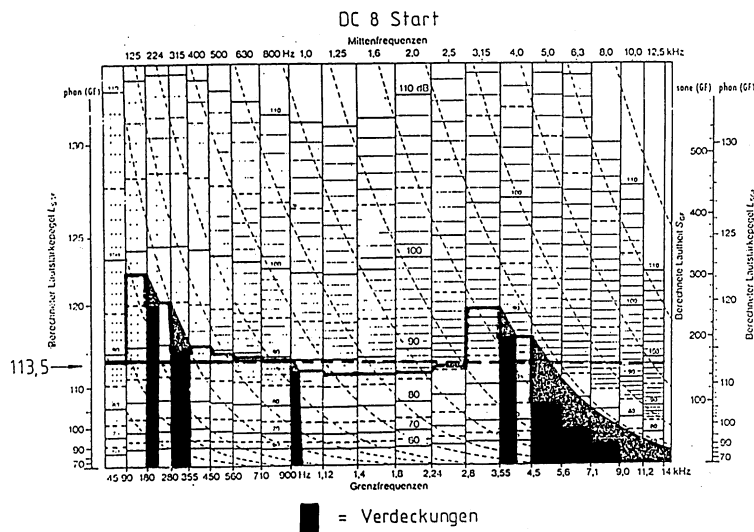
Das Farbdreieck aus der Figur 2 wiedergibt nicht korrekt die Wahrnehmung von Farben. Das visuelle System hat je nach Bereich im Dreieck eine unterschiedliche Fähigkeit Farben zu diskriminieren. Deshalb entwickelte CIE 1976 das in der Figur 3 abgebildete CIE 1976  $U^*V^*$ -Dreieck. Es wurde aus dem Farbdreieck der Figur 2 berechnet, indem das psychophysisch ermittelte Farbauflösungsvermögen (McAdams- Ellipsen) berücksichtigt wurde.

Farbtafel CIE 1976 ( $u', v'$ )



Figur 3: Farbdreieck nach CIE 1976. Die Metrik des Dreiecks entspricht der Farbwahrnehmung beim Menschen.

Ein Beispiel, das aus der Psychophysik des Hörens stammt stellt die Figur 4 dar. Das in der Figur 4 dargestellte Diagramm von Zwicker erlaubt die Bestimmung eines der Hörwahrnehmung entsprechenden Lautstärkepegels (Lautheit). Zur Berechnung der Lautheit wird das Schallereignis spektral in das Diagramm aufgetragen. Im Diagramm sind vertikale Bänder dargestellt. Diese geben die Summationseigenschaft des Ohres wider. Ebenfalls sind im Diagramm von oben links nach rechts unten schräg abfallende, gestrichelte Linien dargestellt. Die Linien geben das akustische Phänomen der Verdeckung wider. Die Berechnung der Lautheit aus dem Spektrum des Schallereignisses folgt aus der Mittelung der Schallenergie in einem Summationsband und der Berücksichtigung des Verdeckungsphänomens. (Näheres dazu in Zwickers Buch über Psychoakustik).



Figur 4: Diagramm von Zwicker zur Bestimmung der Lautheit aus den Spektren des Schallereignisses