

Licht für Wandel: Lichtkultur ist Energiekultur

Licht für Lebensqualität und Leistungsfähigkeit

- Aspekte zu Baubiologie, Gesundheit und Effizienz
- Live-Messungen Lichtspektrum, Flimmern, Farben

Dipl. Biol. Pamela Jentner

Bauzentrum München Abendforum 22.10.2015

Licht und biologische Relevanz beim Menschen

- Der Mensch hat viele lebenswichtigen Funktionen seit Jahrtausenden an das natürliche Licht der Sonne angepasst.
- **Sehsinn** als Hauptquelle für Informationen
- Klassische Funktion:
Orientierung, Sicherheit, Situationen erkennen, Gefahren meiden
- Moderne Lebensweisen:
Erweiterte Funktionen in Arbeit und Freizeit
- **Chronobiologie**, circadianer Rhythmus
- Steuerung **Hormonproduktion**, z.B. Melatonin („Schlafhormon“), Serotonin („Glückshormon, Wachhormon“)
- Produktion Vitamin D (kein Vitamin, sondern Prohormon)

Licht ist Grundlage für die optische Wahrnehmung

Licht ist maßgeblich für Körperfunktionen

Wo fühlen Sie sich frisch und fit?



Natur:

- Sonnenlicht: Beleuchtungsstärken ca. 100.000 Lux
- im Schatten unter einem Baum ca. 10.000 Lux,
- mondhelle Nacht 0,2 Lux
- Sternenlicht < 0,2 Lux



Lebensweise: 70 - 90 % der Zeit in Innenräumen

- Innenraum: Beleuchtungsstärken 50 - 500 Lux
- Licht: natürlicher „Zeitgeber“ des Menschen
- Steuerung des circadianen Systems: wirksam erst ab Beleuchtungsstärken >1.000 Lux !!!
- „Chronobiologische Finsternis“ in Innenräumen



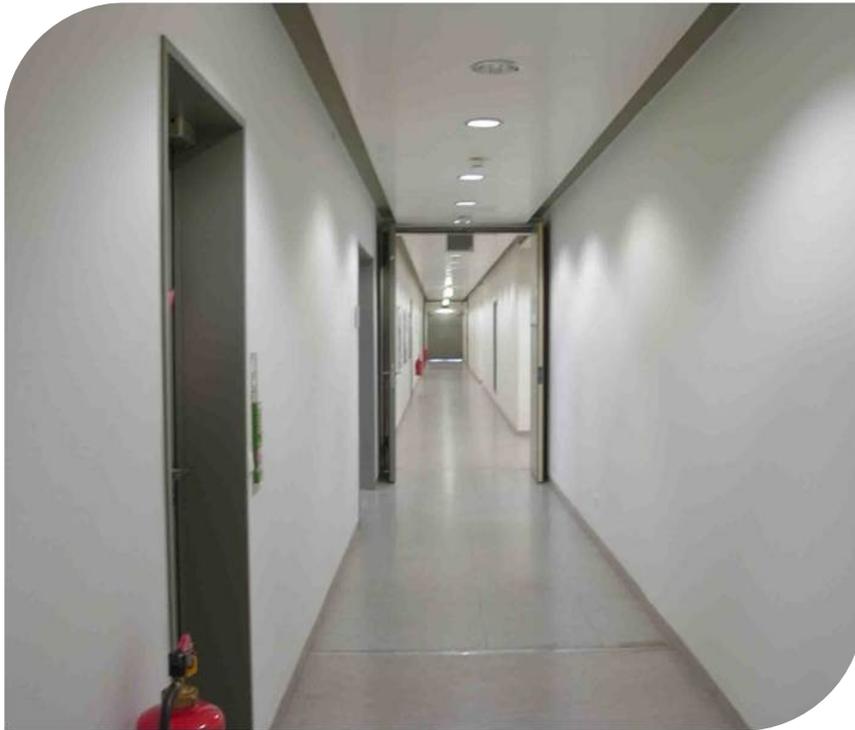
Mögliche Folgen:

- **Schlafstörungen, Energielosigkeit, Verstimmungen, Depressionen.**

Mangelnde Helligkeit und Raumwirkung



Raumwirkung vorher / nachher





Welche Lichtqualitäten sind biologisch relevant?

- Helligkeit
- Farbspektrum
- Farbtemperatur
- Farbwiedergabe
- Blendfreiheit
- Flimmeranteil

Was muss Kunstlicht können?

- Baubiologischer Ansatz: Vorbild und Maßstab ist die Natur
- Welches Licht zu welcher Uhrzeit oder Tätigkeit?

MK350 S UPRtek

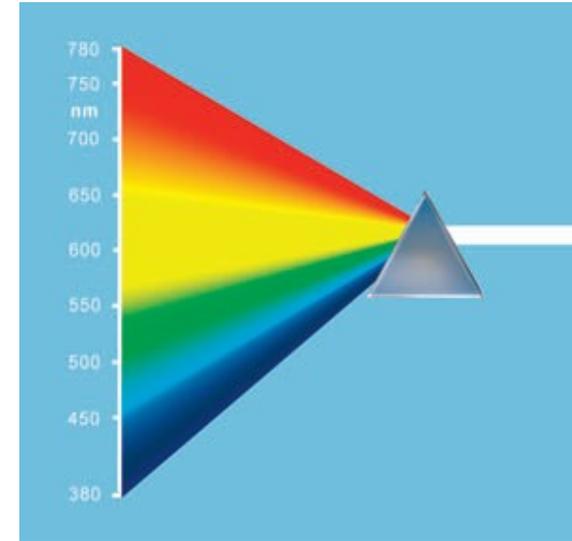
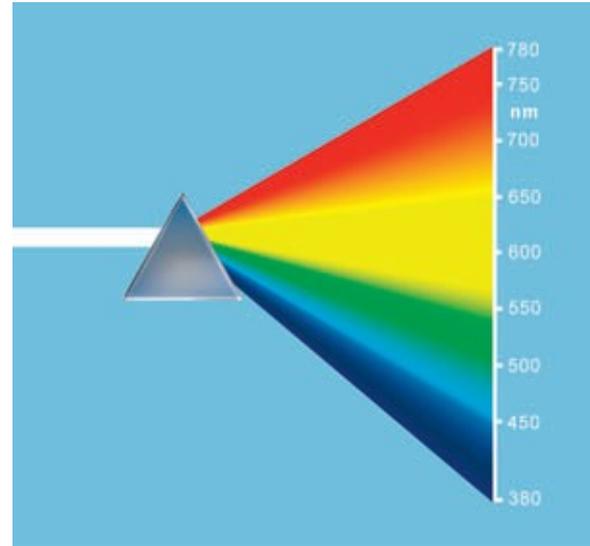
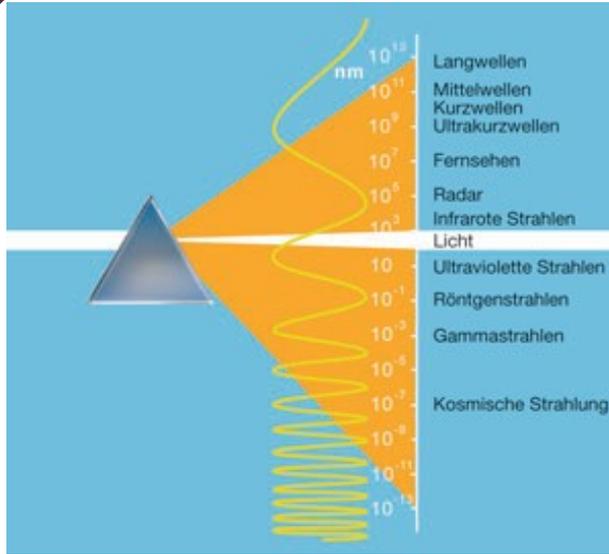
Beleuchtungsstärke
Farbtemperatur
Lichtspektrum
Farbwiedergabe



Lichtmeter LM10 Fauser

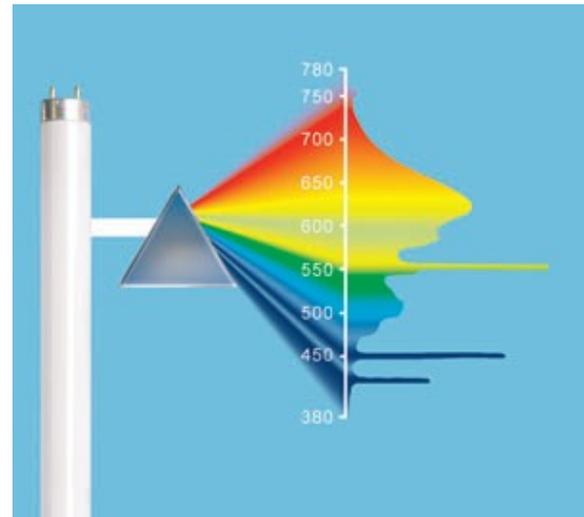
Beleuchtungsstärke
Lichtflimmer-Anteil
Lichtflimmer-Frequenz
Optische / akustische Darstellung





Lichtspektrum von Leuchtmitteln

Unterschiedliche Anteile
der Spektralfarben



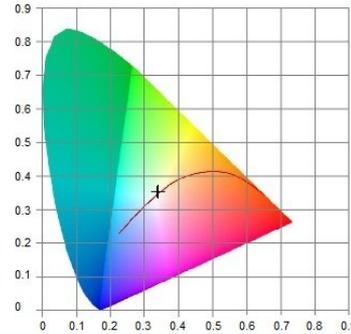
Auge:
Schlechte Auflösung
Wahrnehmung „Weiß“

Natürliches Sonnenlicht

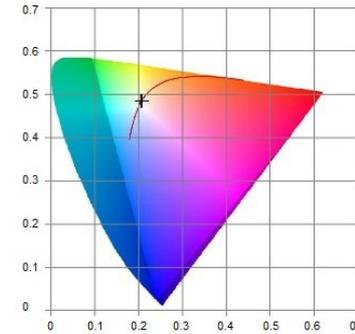


Benutzer :	Messzeit : 14:21:53	LUX : 93846
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Sonne Himmel	CCT : 5183K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 99,4
	Farbtemperatur	λ_D : 567nm
	Farbwiedergabe	λ_P : 549nm

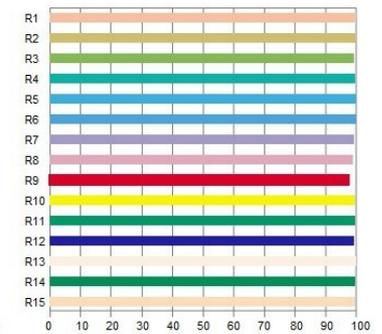
■ CIE1931



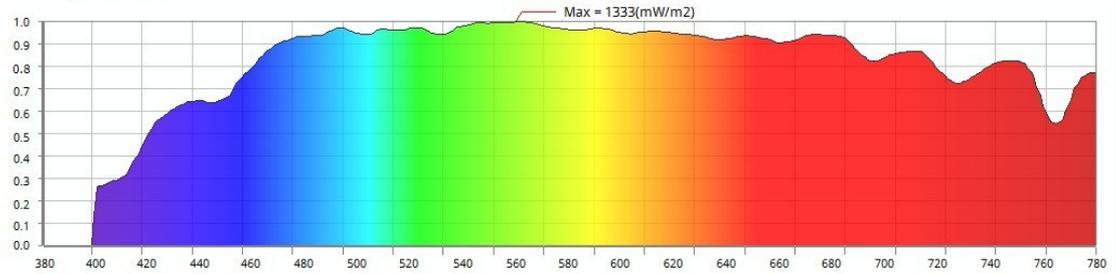
■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum



Flimmern 0 %

- Die **Farbtemperatur** ist ein Maß, um einen jeweiligen Farbeindruck einer Lichtquelle quantitativ zu bestimmen.
- Die Farbtemperatur ist definiert als die Temperatur eines Schwarzen Körpers, des sogenannten Planckschen Strahlers, die zu einer bestimmten Farbe des Lichts gehört, das von dieser Strahlungsquelle ausgeht. Konkret ist es die Temperatur, deren Lichtwirkung bei gleicher Helligkeit und unter festgelegten Beobachtungsbedingungen der zu beschreibenden Farbe am ähnlichsten ist. (Quelle: Wikipedia)

Charakteristische Lichtfarben nach DIN 5035:

Lichtquelle	Farbtemperatur in Kelvin
Warmweiß	unter 3300 K
Neutralweiß	3300–5000 K
Tageslichtweiß (Kaltweiß)	über 5000 K



Sinnvoller Einsatz:

Farbtemperatur passend zur Uhrzeit oder Tätigkeit auswählen

Tageslichtweiß (Kaltweiß) über 5000 K

Aktivierendes Licht, unterstützt Wach-Phase, wenig Melatonin

Einsatz im Büro, am Morgen, volle Leistungsfähigkeit, Schichtarbeit

Warmweiß unter 3300 K

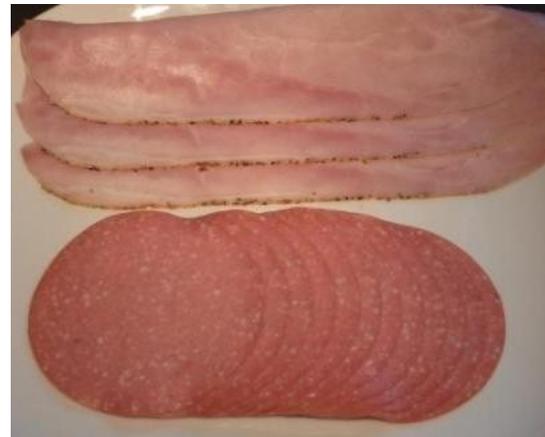
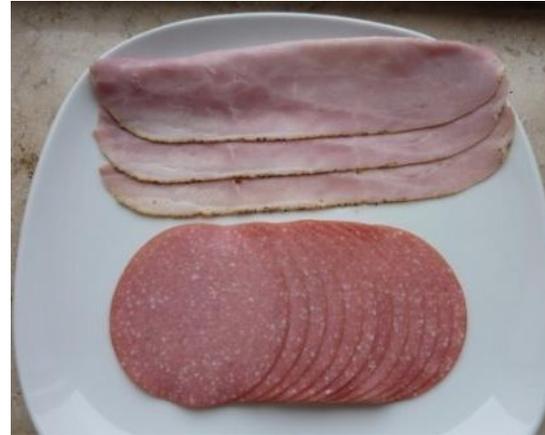
Gemütlichere Lichtwirkung, unterstützt Entspannung

Einsatz im Büro am Nachmittag/Abend, Übergang in Feierabend

Stimmungslicht in Wohnbereichen



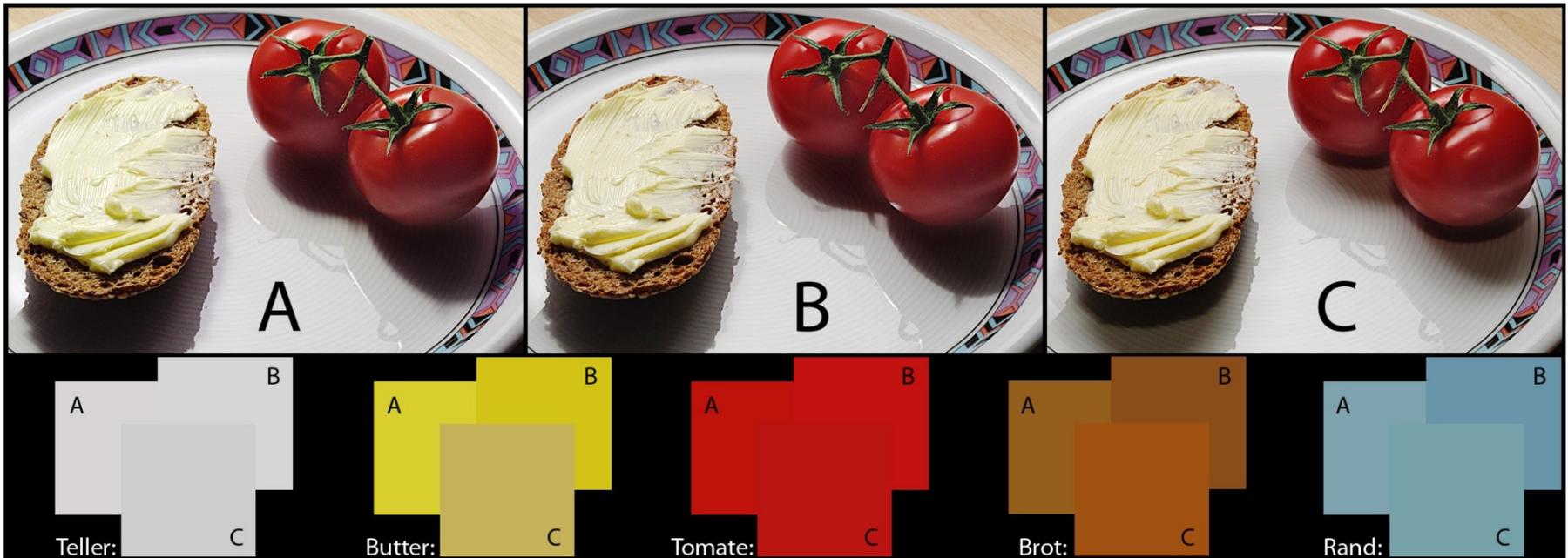
Das Auge isst mit – Beurteilung von Qualität, Reife, Frische



- **Farbwiedergabeindex (Ra) (engl: CRI)**

Beschreibt die Wirkung einer Lichtart auf das farbliche Aussehen von Gegenständen durch bewussten oder unterbewussten Vergleich mit ihrem farblichen Aussehen bei einer Bezugslichtart;

Hierbei steht das Index-a für allgemeiner Farbwiedergabeindex, der nur die Werte der ersten acht Testfarben nach DIN einbezieht.



Die 14 Testfarben nach DIN 6169

	# 1 Altrosa		# 9 Rot gesättigt
	# 2 Senfgelb		# 10 Gelb gesättigt
	# 3 Gelbgrün		# 11 Grün gesättigt
	# 4 Hellgrün		# 12 Blau gesättigt
	# 5 Türkisblau		# 13 Rosa (Hautfarbe)
	# 6 Himmelblau		# 14 Blattgrün
	# 7 Asterviolett		
	# 8 Fliederviolett		

Farbwiedergabeindex einiger Lampen

- | Lampe | Index R_a |
|--|-------------|
| Glühlampe | bis 100 |
| Halogen- <i>Glühlampe</i> | bis 100 |
| LED, weiß | 80...95 |
| OLED, weiß | 80...90 |
| Leuchtstofflampe | 50...90 |
| Halogen-Metaldampf- <i>lampe</i> | 60...95 |
| Natriumdampf-Hochdruck- <i>lampe, warmweiß</i> | 80...85 |
| Quecksilberdampf-Hochdruck- <i>lampe</i> | 45 |
| Natriumdampf-Hochdruck- <i>lampe, Standard</i> | 18...30 |
| Natriumdampf-Hochdruck- <i>lampe, farbverbessert</i> | 60 |
| Natriumdampf-Niederdruck- <i>lampe</i> | -44 |

Farbwiedergabe: verschiedene Leuchtmittel



Lichtflimmern

- Natürliches Licht ist gleichmäßig, ohne Frequenz, ohne stroboskopartige Taktung.

Flimmern 0 %



- "Flimmerfrequenzen wirken sich, bewusst oder unbewusst wahrgenommen, negativ aus auf Augen, Gehirn, Hirnströme, Hormone, Nervosität, neurologische Abläufe, Verarbeitungs- und Steuerungscentren, Koordination, Stoffwechsel, Glukoseverbrauch, kapillaren Blutfluss oder Schlafqualität und können Migräne, Kopfschmerz oder epilepsieartige Anfälle auslösen."

Ludwig-Maximilians-Universität in München,
Dissertation von Dr. Christin Steigerwald.

Flimmern 63 %



Photosensitive intrinsische retinale Ganglienzelle

- Relativ neue Entdeckung - Untersuchungen erst ab den 1990er Jahren
- 1 – 3 % der Ganglienzellen in der Netzhaut des Auges
- Sehr lichtempfindlich
- Wahrnehmung der Umgebungshelligkeit
- Steuerung wesentlicher Körperfunktionen
- Kein optisches Sehen, keine Bild- oder Mustererkennung
- Enthalten Photopigment Melanopsin (Provencio et al. 2007)
- Melanopsin wird am stärksten vom blauen Bereich des sichtbaren Lichts angeregt. Maximale Empfindlichkeit: ca. 480 nm Wellenlänge

Photosensitive intrinsische retinale Ganglienzelle

Bisher bekannte Funktionen:

- Steuerung von Körperreaktionen auf veränderte Lichtverhältnisse
- Reflektorische Augenbewegungen
- Anpassung der Pupillenweite an die Leuchtdichte, Pupillenlichtreflex
- Synchronisation des körpereigenen Tag-Nacht-Rhythmus (Circadianer Rhythmus)
- Direkte Verbindung zum Taktgeber der biologischen Uhr (Nucleus suprachiasmaticus des Hypothalamus)
- Steuerung der Melatonin-Ausschüttung aus der Zirbeldrüse

Viel Licht – wenig Melatonin

Starke Melatonin- Unterdrückung bei hohem Blauanteil im Licht

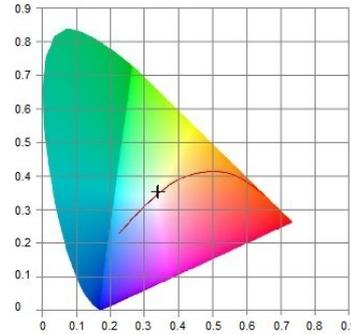
Melatonin: „Schlafhormon“, Einfluss auf Schlafqualität

Natürliches Sonnenlicht

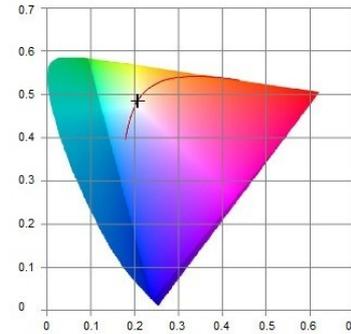


Benutzer :	Messzeit : 14:21:53	LUX : 93846
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Sonne Himmel	CCT : 5183K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 99,4
	Farbtemperatur	λ_D : 567nm
	Farbwiedergabe	λ_P : 549nm

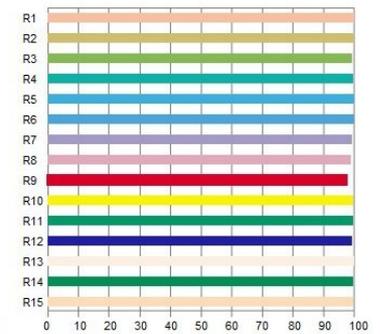
■ CIE1931



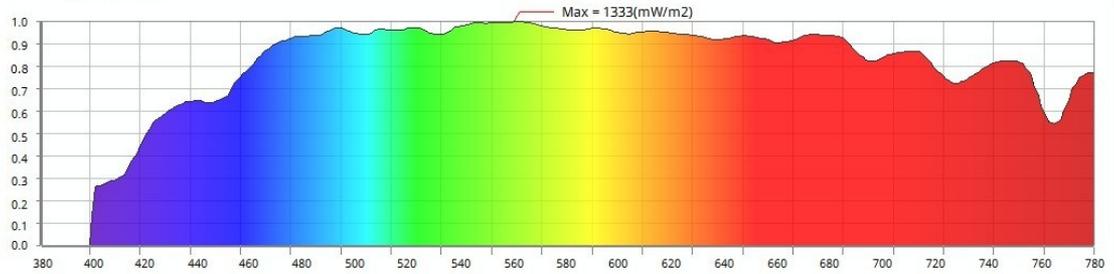
■ CIE1976



■ CRI



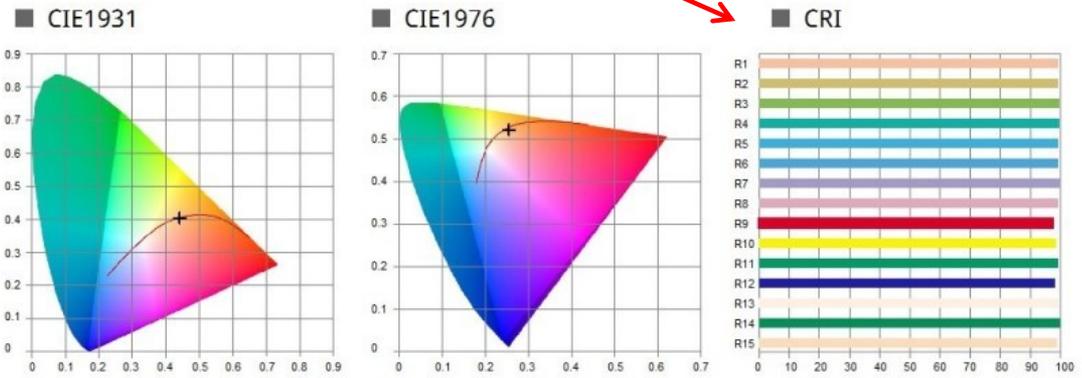
■ Spektrum



Flimmern 0 %



Benutzer :	Messzeit : 13:23:31	LUX : 5327
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Glühlampe 2900K	CCT : 2913K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 99,2
	Farbtemperatur	λ_D : 483nm
	Farbwiedergabe	λ_P : 779nm



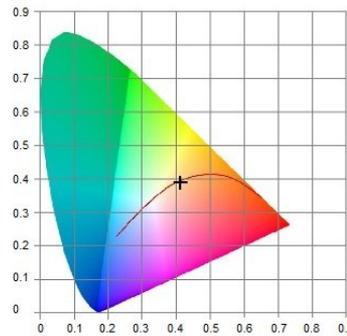
Flimmern 22% bei 100 Hz

Halogenglühlampe

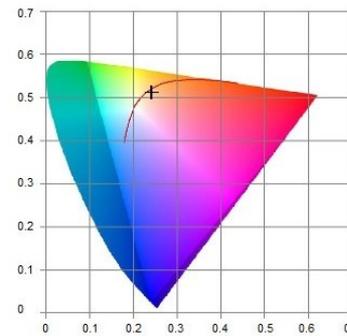
Benutzer :	Messzeit : 13:08:07	LUX : 1517
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Halogenglühlampe	CCT : 3335K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 98,2
	Farbtemperatur	λ_D : 482nm
	Farbwiedergabe	λ_P : 779nm



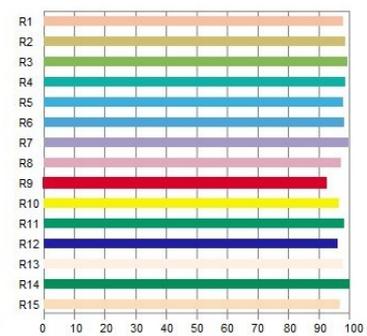
■ CIE1931



■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum



Flimmern 21% bei 100 Hz

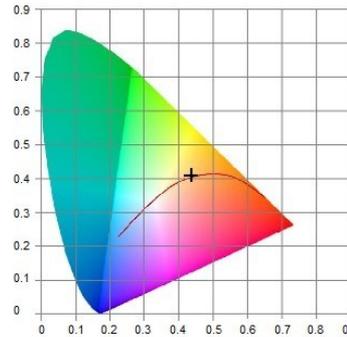
LED Lampe 3.000 Kelvin, PureZ

Benutzer :	Messzeit : 12:22:35	LUX : 2982
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : LED PureZ matt	CCT : 3040K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 91,2
	Farbtemperatur	λD : 582nm
	Farbwiedergabe	λP : 617nm

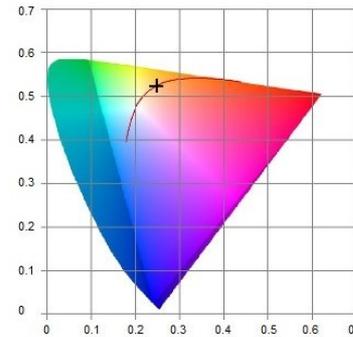


Flimmern <1%

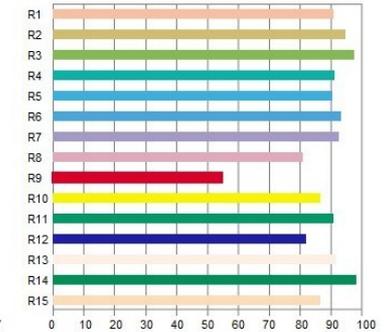
■ CIE1931



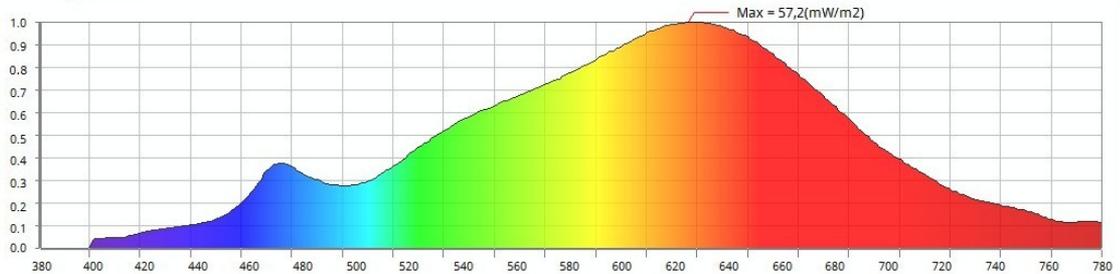
■ CIE1976



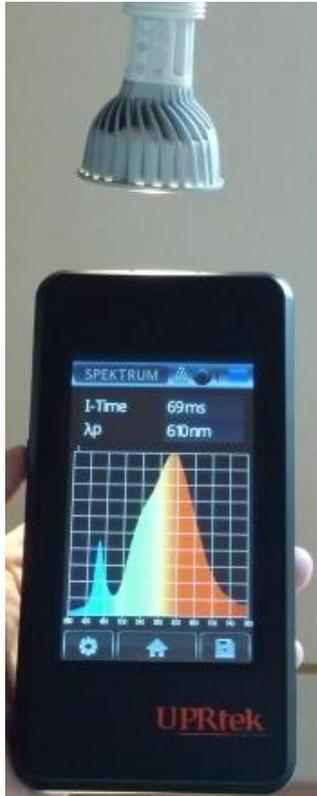
■ CRI



■ Spektrum

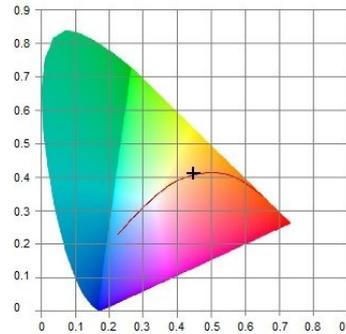


LED Lampe 2.900 K

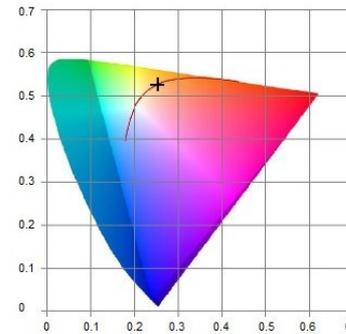


Benutzer :	Messzeit : 12:37:43	LUX : 5785
Modell-Nr. : MK3505	Lichtquelle : LED Lampe 2900K	CCT : 2905K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 81,4
	Farbtemperatur	λD : 482nm
	Farbwiedergabe	λP : 610nm

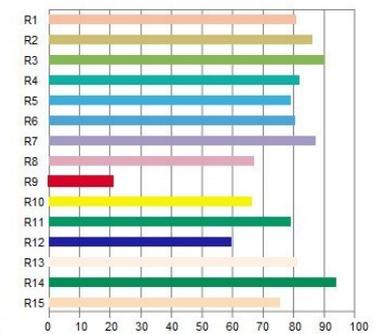
■ CIE1931



■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum



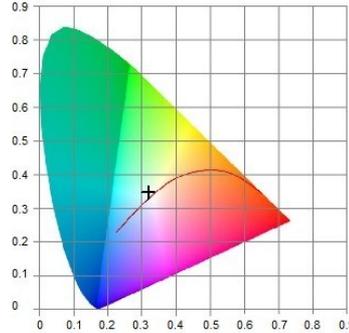
Flimmern 98% bei 120 Hz

LED Lampe 6.000 K

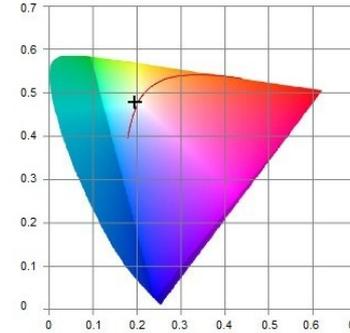


Benutzer :	Messzeit : 12:26:56	LUX : 4306
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : LED 6000K	CCT : 6074K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 83,6
	Farbtemperatur	λ_D : 505nm
	Farbwiedergabe	λ_P : 454nm

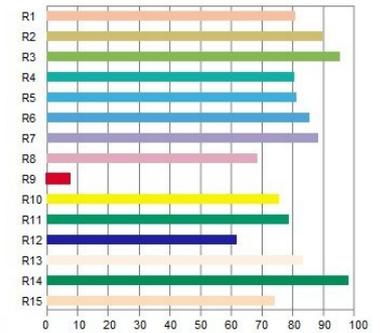
■ CIE1931



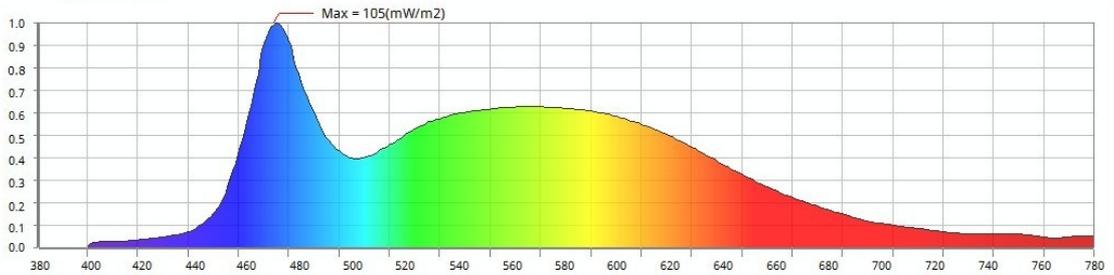
■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum

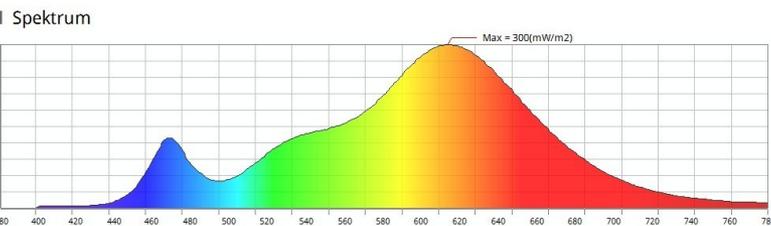
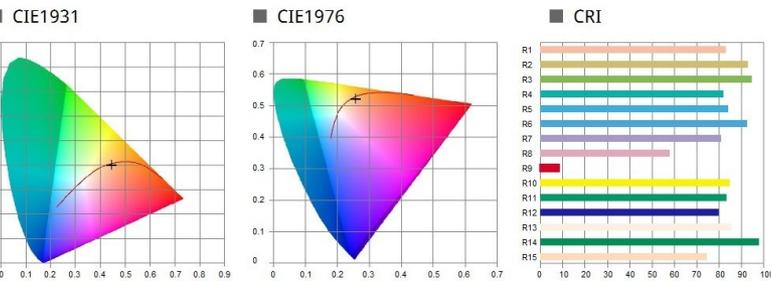


Flimmern 63% bei 100 Hz

LED - Auswahl nach Verwendungszweck

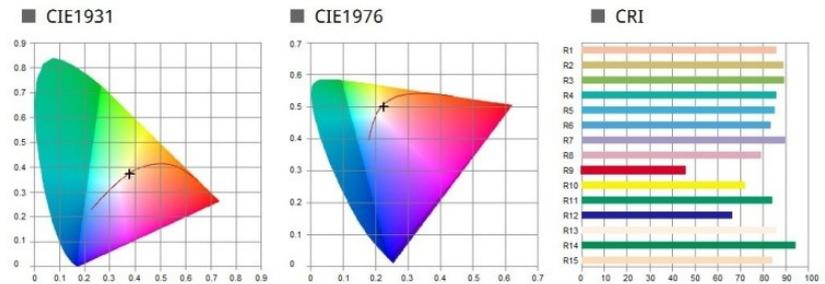


Benutzer :	Messzeit : 12:04:05	LUX : 13770
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : LED Einbau	CCT : 2820K
Memo :		CRI : 83,3
		λD : 585nm
		λP : 605nm



Flimmern 1-2%

Benutzer :	Messzeit : 12:08:20	LUX : 19620
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : LED Einbau	CCT : 4050K
Memo :		CRI : 85,7
		λD : 479nm
		λP : 451nm

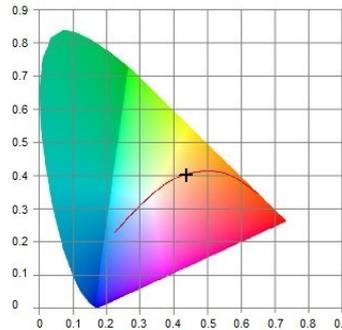


Kompaktleuchtstofflampe „Energiesparlampe“

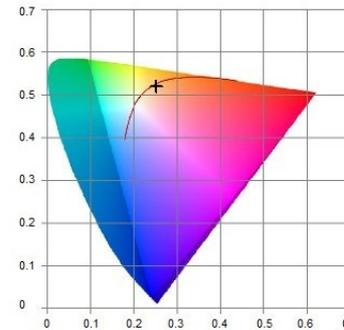
Benutzer :	Messzeit : 13:01:46	LUX : 1952
Modell-Nr. : MK3505	Lichtquelle : Kompaktleuchtst	CCT : 2969K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 86,7
	Farbtemperatur	λ D : 583nm
	Farbwiedergabe	λ P : 612nm



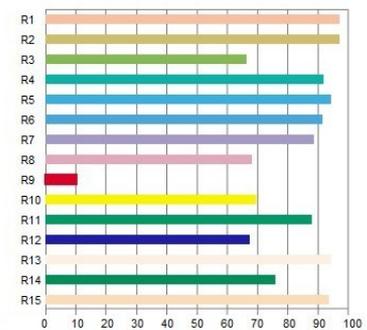
■ CIE1931



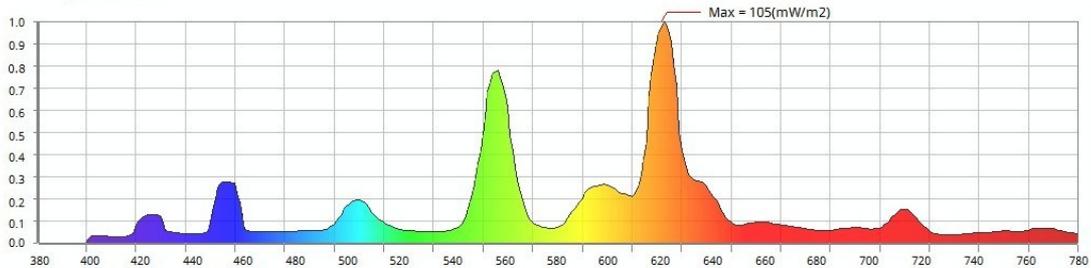
■ CIE1976



■ CRI



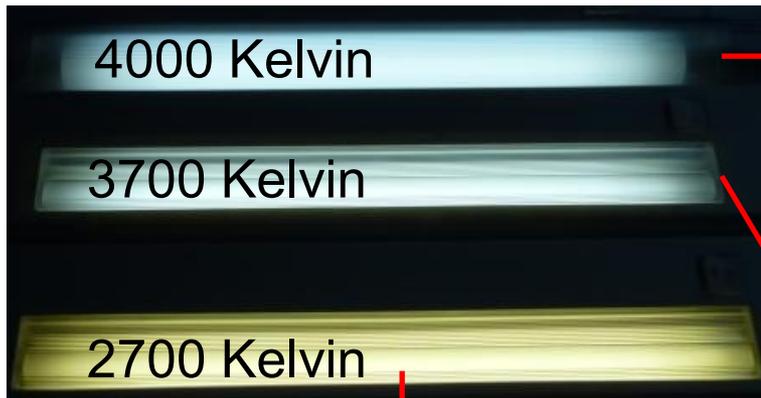
■ Spektrum



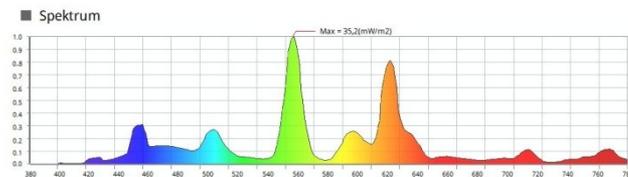
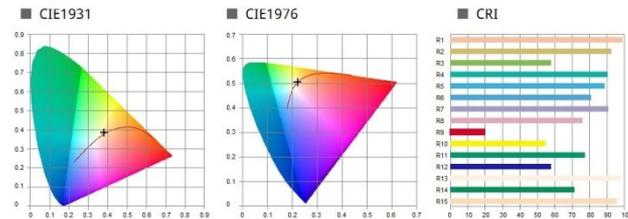
Flimmern 24% bei 79 kHz (79.000 Hz)

Leuchtstofflampen: verschiedene Farbtemperaturen

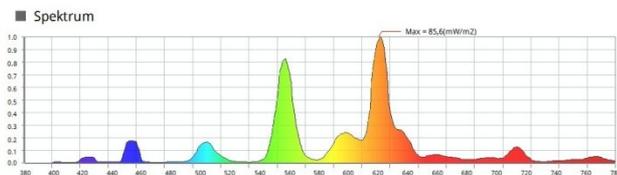
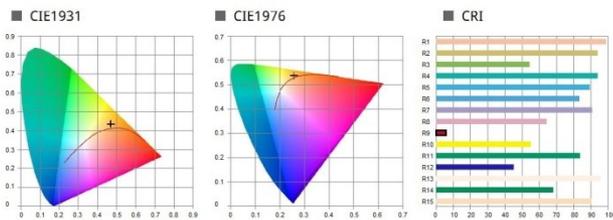
Flimmern 22-35% bei 45-57 kHz



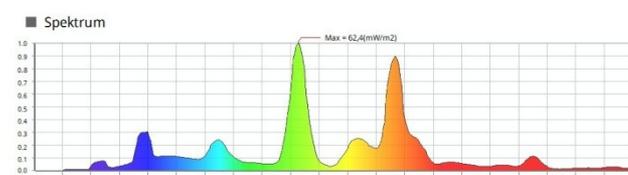
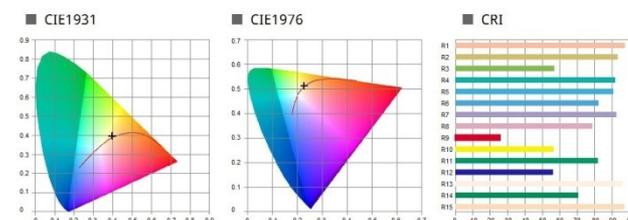
Benutzer :	Messzeit : 16:05:31	LUX : 658
Modell-Nr. : MK3505	Lichtquelle : Leuchtstoff 4000	CCT : 4060K
Memo :		CRI : 84,2
		λ_D : 475nm
		λ_P : 545nm



Benutzer :	Messzeit : 16:09:05	LUX : 1439
Modell-Nr. : MK3505	Lichtquelle : Leuchtstoff 2700	CCT : 2745K
Memo :		CRI : 83,4
		λ_D : 582nm
		λ_P : 612nm



Benutzer :	Messzeit : 15:47:47	LUX : 1211
Modell-Nr. : MK3505	Lichtquelle : Leuchtstoff 3700K	CCT : 3737K
Memo :		CRI : 85,3
		λ_D : 578nm
		λ_P : 545nm





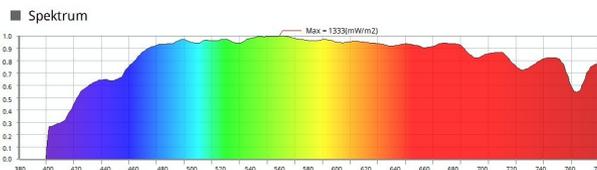
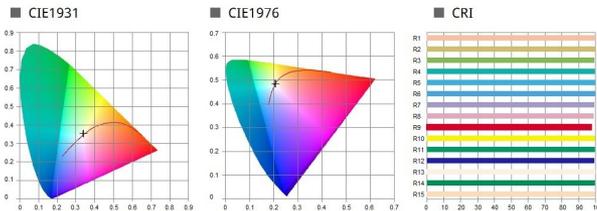
λP : 549nm

Gutes Licht = Lebensqualität

Vorbild und Maßstab ist die Natur

Es rentiert sich auf Qualität zu achten

- Helligkeit
- Farbspektrum
- Farbtemperatur
- Farbwiedergabe
- Blendfreiheit
- Flimmerfreiheit



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Dipl. Biol. Pamela Jentner
OrangePep GmbH & Co. KG
D-85354 Freising
Fon +49 (0)8161.688 87
www.orangepep.de**