

# Licht ist Lebensqualität

## Lichtqualitäten für behagliche Wirkung im Raum

- Subjektive Licht- und Raumempfindung
- Praktische Messungen:  
Farbtemperatur, Farbwiedergabe, Lichtspektrum

Dipl. Biol. Pamela Jentner

Bauzentrum München Abendforum 17.02.2016

## Licht und biologische Relevanz beim Menschen

### Optische Wahrnehmung

- Sehsinn
- Sehzellen: Stäbchen, Zapfen
- Orientierung, Sicherheit
- Situationen erkennen
- Gefahren meiden

### Körperfunktionen

- Photosensitive intrinsische retinale Ganglienzellen
- Innere Uhr, Wach/Schlaf-Rhythmus  
Chronobiologie, circadianer Rhythmus
- Steuerung Hormonproduktion, z.B.  
Melatonin („Schlafhormon“),  
Serotonin („Wach- und Glückshormon“)  
Produktion Vitamin D (Prohormon)



## Subjektive Licht- und Raumempfindung

- Helligkeit
- Farben
- Kontraste
  
- Wohlbefinden?
- Orientierung ?
- Gefühl von Sicherheit ?



# Verkehrsflächen



# Verkehrsflächen



# Veränderung der Sehleistung im Alter

- Eintrübung der Linsen und Hornhaut
- Unschärferes Sehen
- Erschwertes räumliches Empfinden

Bedarf:

- Bessere Kontraste
- Hellere Beleuchtung
- Mehr Blauanteile im Lichtspektrum



## 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.**

## MK350 S UPRtek

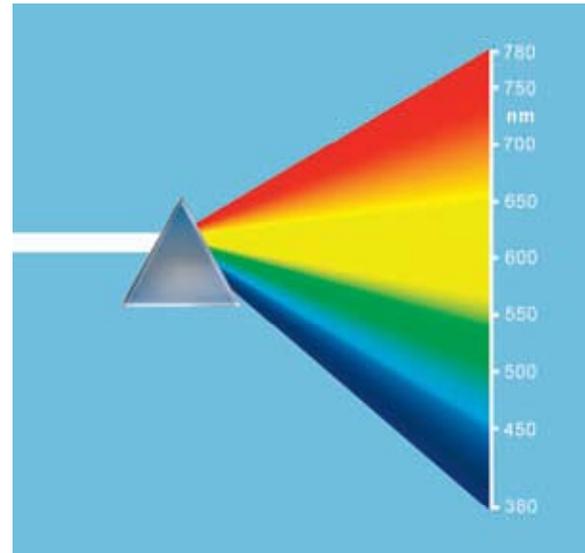
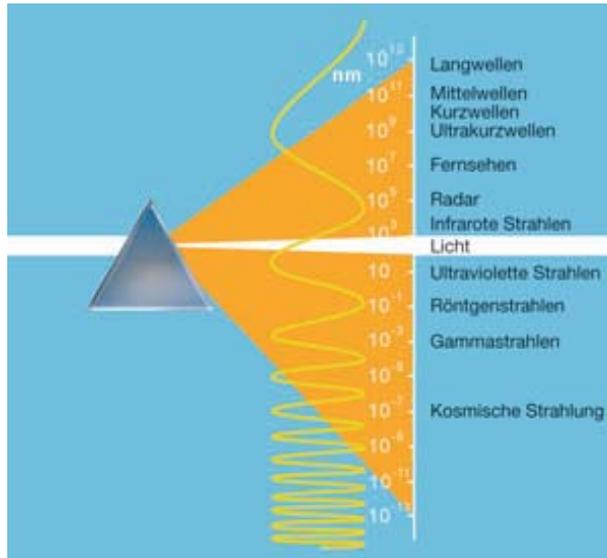
Beleuchtungsstärke  
Farbtemperatur  
Lichtspektrum  
Farbwiedergabe



## Lichtmeter LM10 Fauser

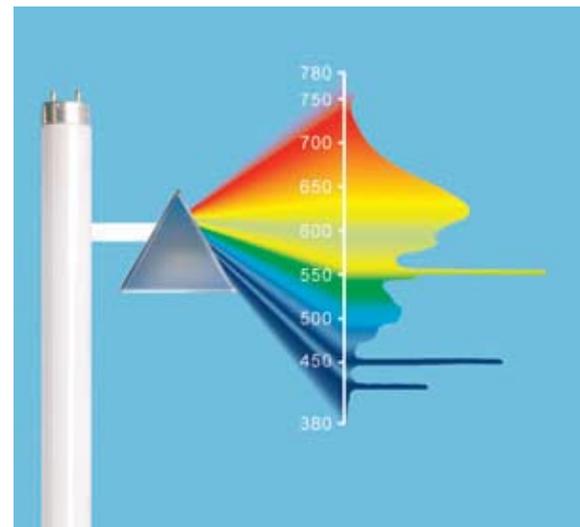
Beleuchtungsstärke  
Lichtflimmer-Anteil  
Lichtflimmer-Frequenz  
Optische / akustische Darstellung





## Lichtspektrum von Leuchtmitteln

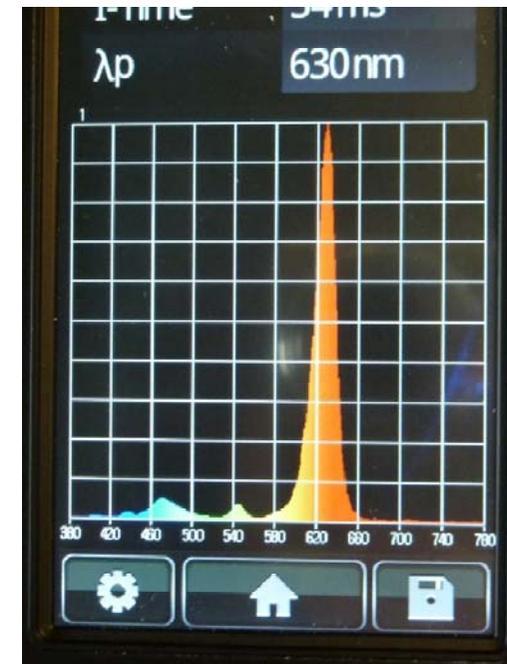
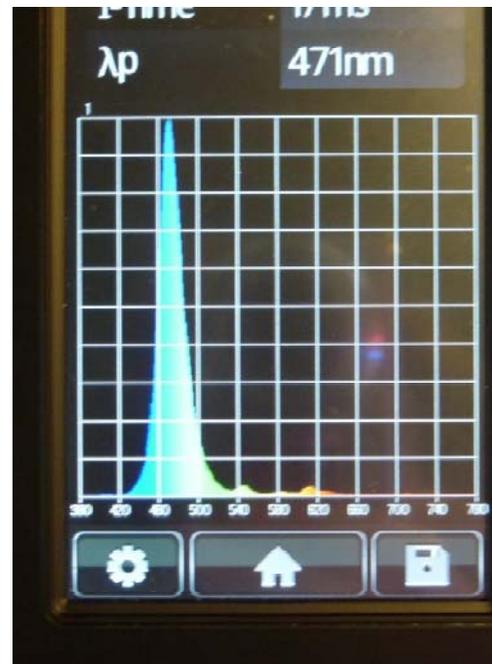
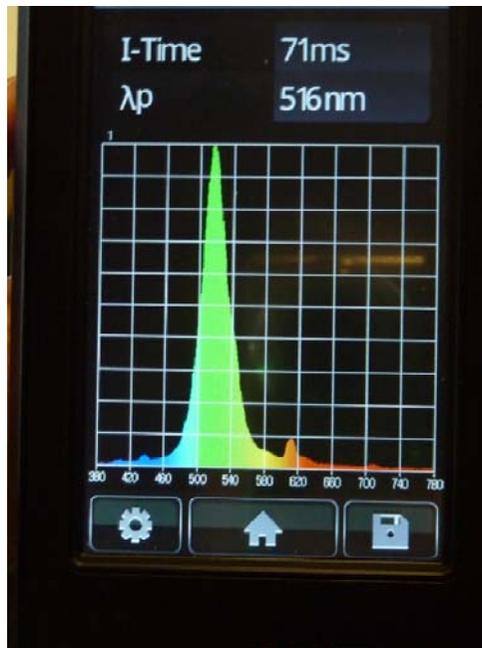
Unterschiedliche Anteile  
der Spektralfarben



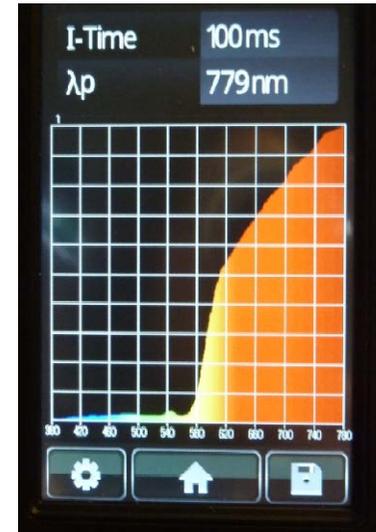
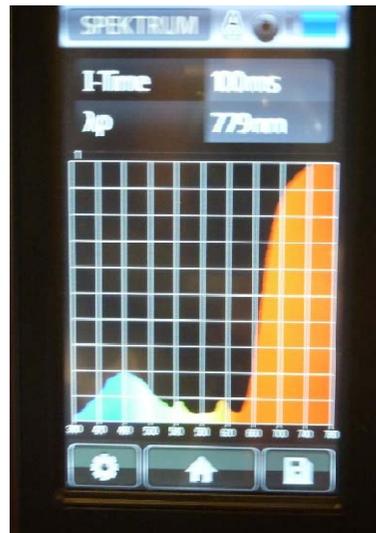
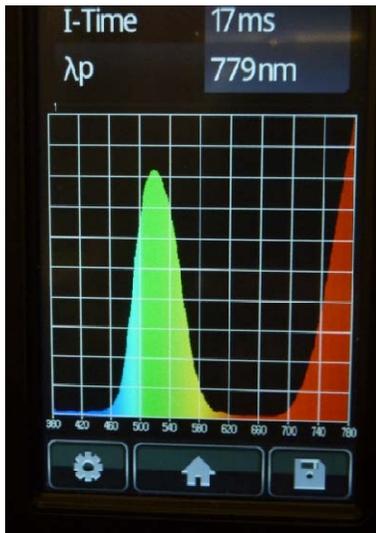
Auge + Gehirn:  
Wahrnehmung „Weiß“



# LED Leuchtmittel



# Halogenglühlampen

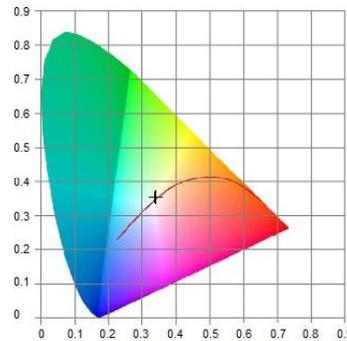


# Natürliches Sonnenlicht

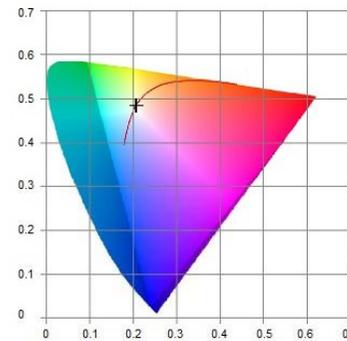


Benutzer :	Messzeit : 14:21:53	LUX : 93846
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Sonne Himmel	CCT : 5183K
Memo :	<b>Beleuchtungsstärke</b>	CRI : 99,4
	<b>Farbtemperatur</b>	$\lambda_D$ : 567nm
	<b>Farbwiedergabe</b>	$\lambda_P$ : 549nm

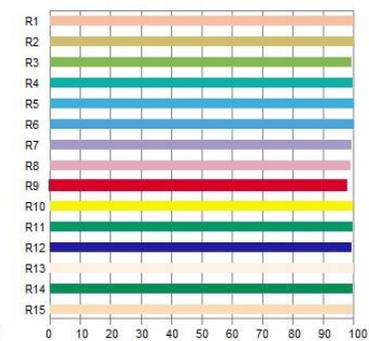
■ CIE1931



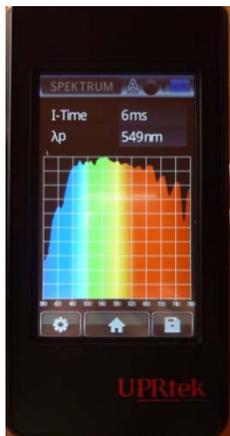
■ CIE1976



■ 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

Hohe Blauanteile im Licht, Unterdrückung von Melatonin, Schichtarbeit

## Neutralweiß 3300 K – 5000 K

Aktivierendes Licht, unterstützt Wach-Phase, „Hallo-Wach-Licht“  
Einsatz im Büro, am Morgen, gute Erkennung von Kontrasten

## Warmweiß unter 3300 K

Gemütlichere Lichtwirkung, unterstützt Entspannung  
Einsatz im Büro am Nachmittag/Abend, Übergang in Feierabend  
Stimmungslicht in Wohnbereichen



# Farbwiedergabe: verschiedene Leuchtmittel



Die optische Wahrnehmung von Abweichungen ist von mehreren Faktoren abhängig.

Einzelne Lampe im Raum?

Mehrere Lampen beieinander?

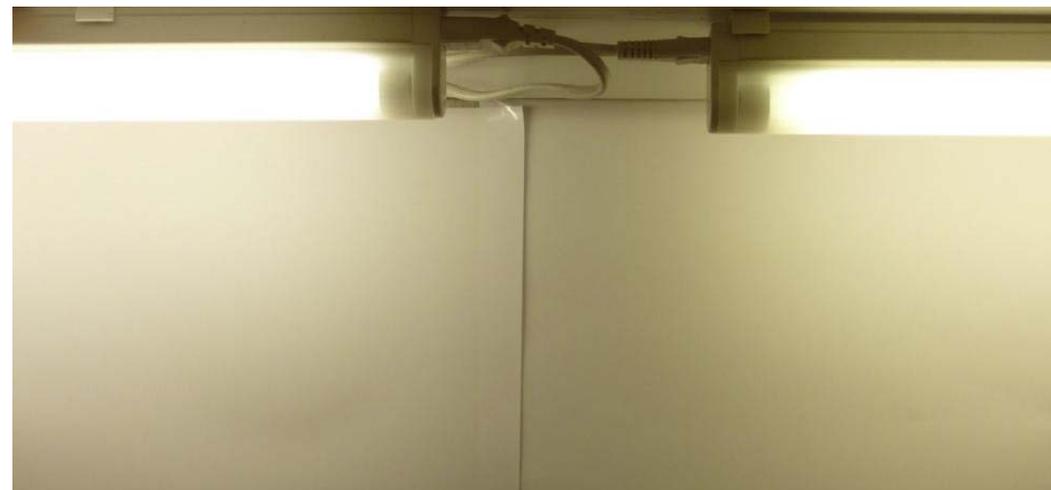
Art der beleuchteten Flächen?

Geschultes Auge?

Beispiel:

3900 Kelvin

3800 Kelvin



# Farbwiedergabindex Ra (CRI)

Wirkung einer Lichtart auf das farbliche Aussehen von Gegenständen.

**Index-a**: allgemeiner Farbwiedergabeindex, berücksichtigt nur die Werte der ersten **8 Testfarben**.

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		

Quelle Wikipedia

## Farbwiedergabeindex einiger Lampen

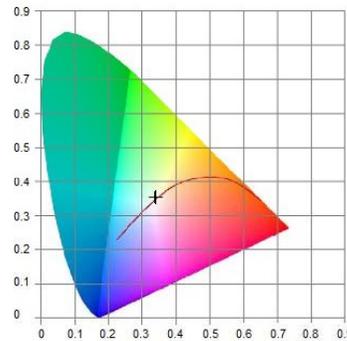
- | Lampe  | Index $R_a$ |
|--|-------------|
| Glühlampe  | bis 100     |
| Halogen- <u>gl</u> ühlampe                           | bis 100     |
| LED, weiß  | 80...95     |
| OLED, weiß   | 80...90     |
| Leuchtstofflampe                                     | 50...90     |
| Halogen-Metall <u>d</u> ampf <u>l</u> ampe           | 60...95     |
| Natrium <u>d</u> ampf-Hochdrucklampe, warmweiß       | 80...85     |
| Quecksilber <u>d</u> ampf-Hochdrucklampe             | 45          |
| Natrium <u>d</u> ampf-Hochdrucklampe, Standard       | 18...30     |
| Natrium <u>d</u> ampf-Hochdrucklampe, farbverbessert | 60          |
| Natrium <u>d</u> ampf-Niederdrucklampe               | -44         |

# Natürliches Sonnenlicht

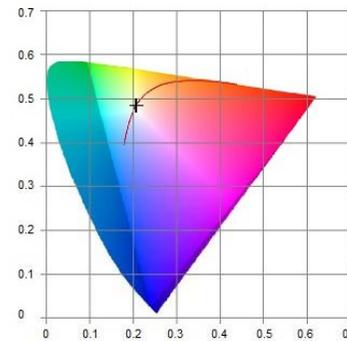


Benutzer :	Messzeit : 14:21:53	LUX : 93846
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Sonne Himmel	CCT : 5183K
Memo :	<b>Beleuchtungsstärke</b>	CRI : 99,4
	<b>Farbtemperatur</b>	$\lambda_D$ : 567nm
	<b>Farbwiedergabe</b>	$\lambda_P$ : 549nm

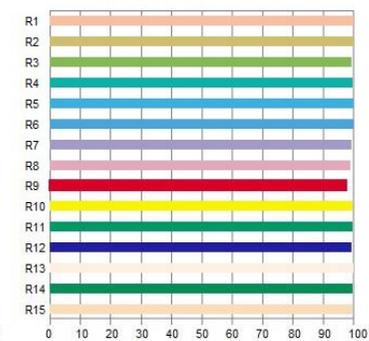
■ CIE1931



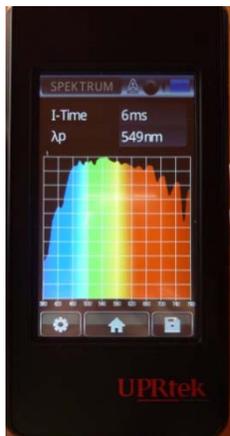
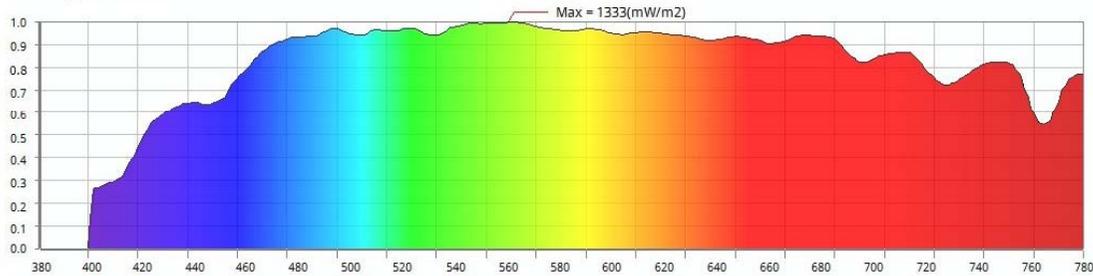
■ CIE1976



■ CRI



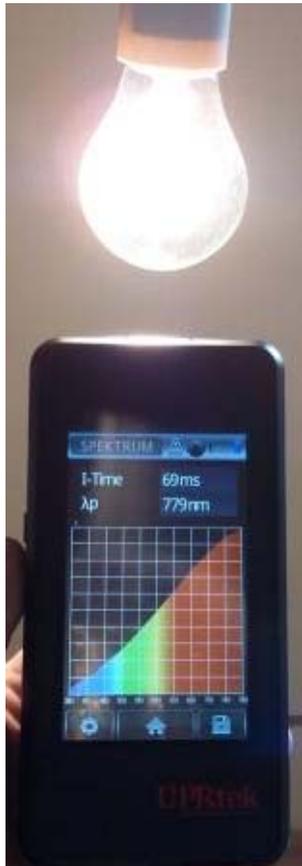
■ Spektrum



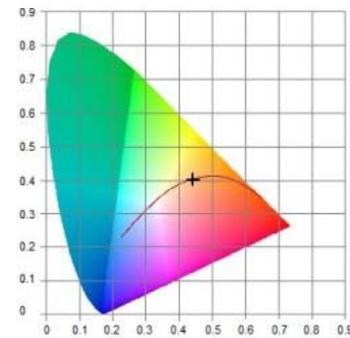
Flimmern 0 %

# Glühlampe

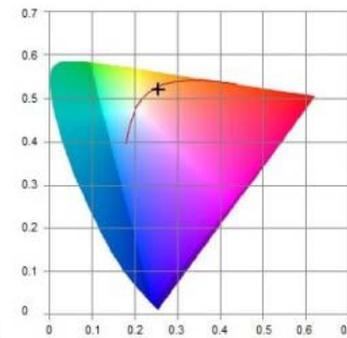
Benutzer :	Messzeit : 13:23:31	LUX : 5327
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Glühlampe 2900K	CCT : 2913K
Memo :	Beleuchtungsstärke	CRI : 99,2
	Farbtemperatur	$\lambda_D$ : 483nm
	Farbwiedergabe	$\lambda_P$ : 779nm



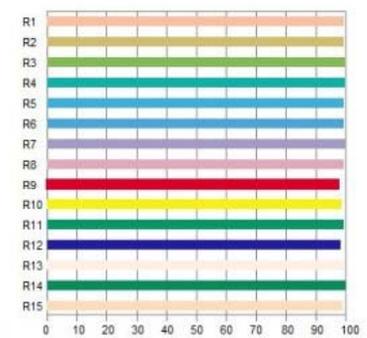
■ CIE1931



■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum



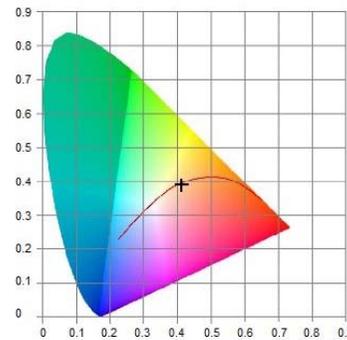
Flimmern 22% bei 100 Hz

# Halogenglühlampe

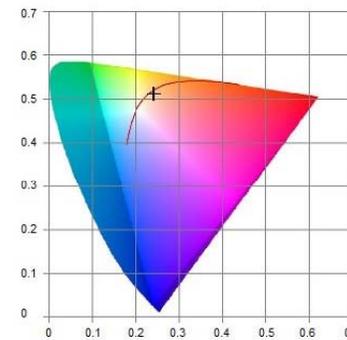
Benutzer :	Messzeit : 13:08:07	LUX : 1517
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Halogenglühlampe	CCT : 3335K
Memo :	<b>Beleuchtungsstärke</b>	CRI : 98,2
	<b>Farbtemperatur</b>	$\lambda_D$ : 482nm
	<b>Farbwiedergabe</b>	$\lambda_P$ : 779nm



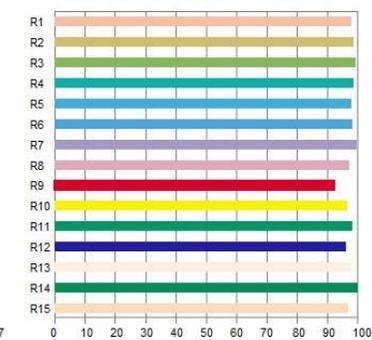
■ CIE1931



■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum



Flimmern 21% bei 100 Hz

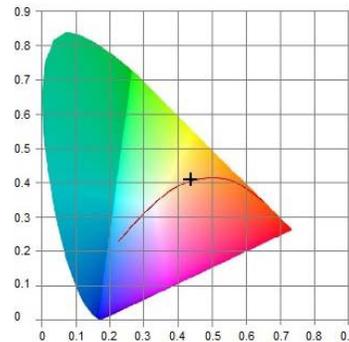
# LED Lampe 3.000 Kelvin, PureZ



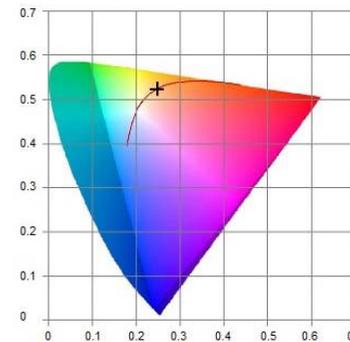
Flimmern <1%

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

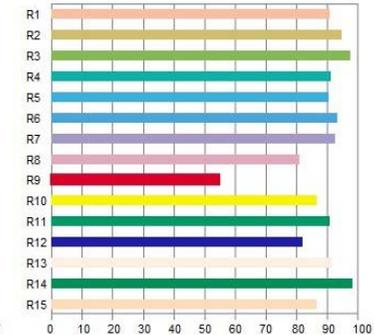
■ CIE1931



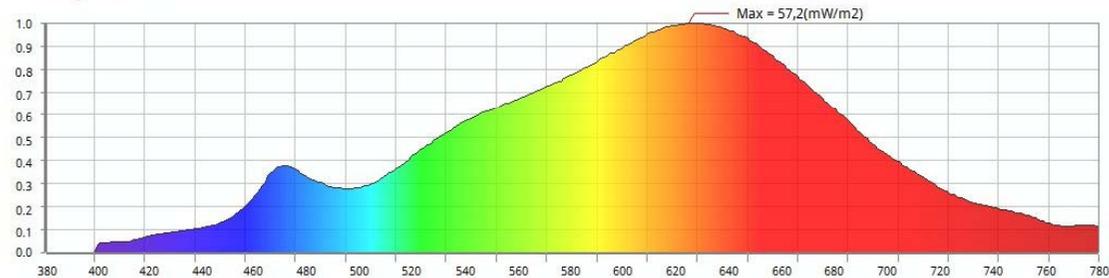
■ CIE1976



■ CRI

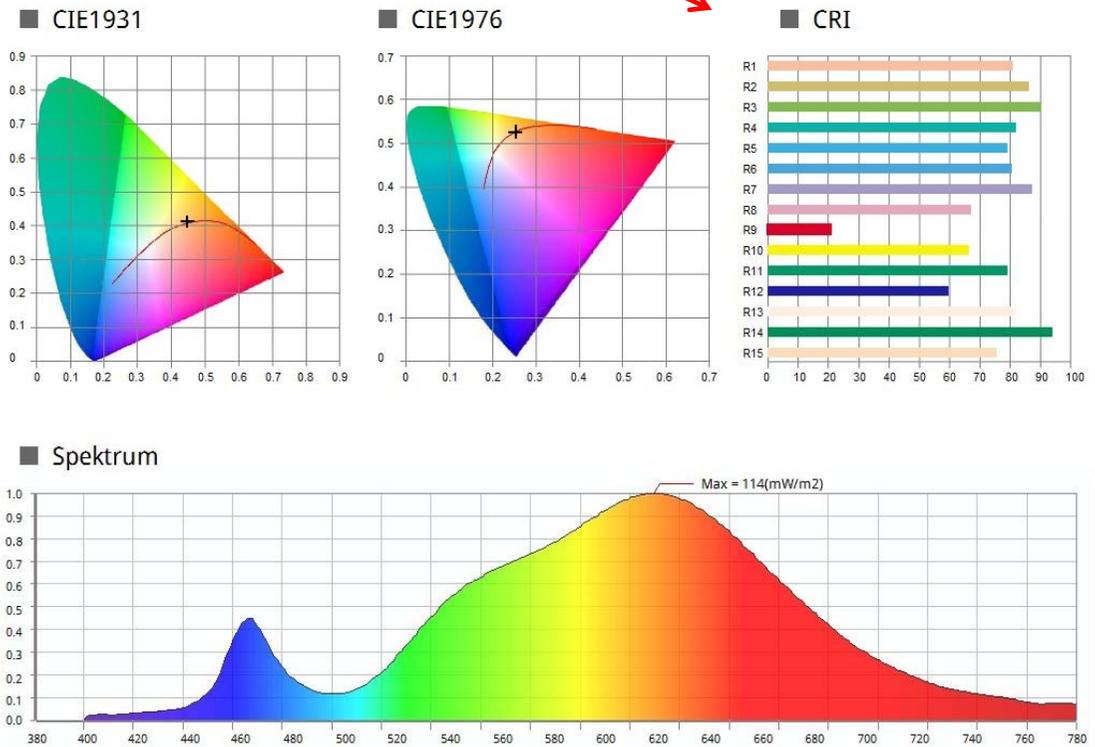


■ Spektrum



# LED Lampe 2.900 K

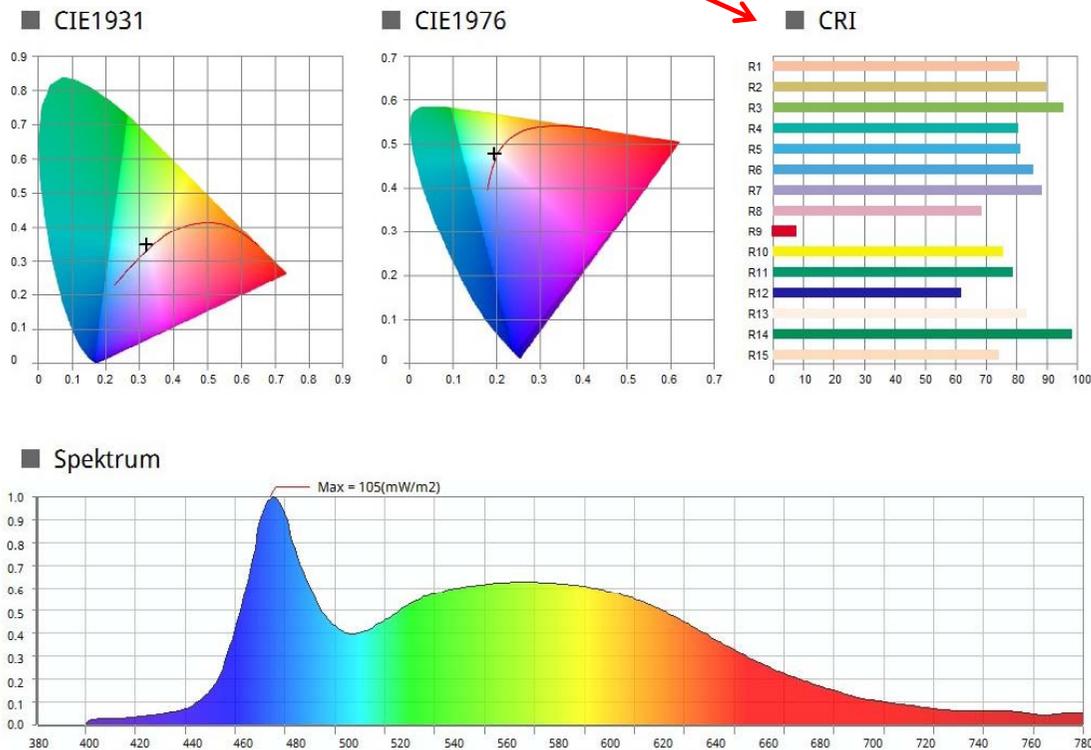
Benutzer :	Messzeit : 12:37:43	LUX : 5785
Modell-Nr. : MK3505	Lichtquelle : LED Lampe 2900K	CCT : 2905K
Memo :	<b>Beleuchtungsstärke</b>	CRI : 81,4
	<b>Farbtemperatur</b>	$\lambda D$ : 482nm
	<b>Farbwiedergabe</b>	$\lambda P$ : 610nm



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	$\lambda_D$ : 505nm
	Farbwiedergabe	$\lambda_P$ : 454nm



Flimmern 63% bei 100 Hz

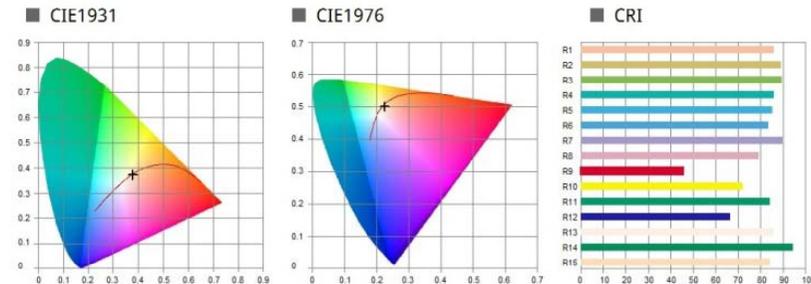
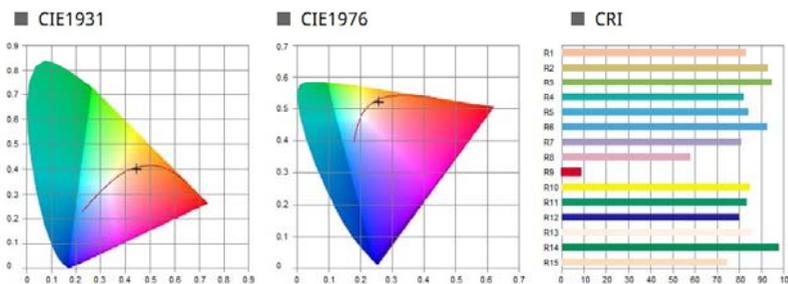
# LED - Auswahl nach Verwendungszweck



Benutzer :	Messzeit : 12:04:05	LUX : 13770
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : LED Einbau	CCT : 2820K
Memo :		CRI : 83,3
		$\lambda$ D : 585nm
		$\lambda$ P : 605nm

Flimmern 1-2%

Benutzer :	Messzeit : 12:08:20	LUX : 19620
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : LED Einbau	CCT : 4050K
Memo :		CRI : 85,7
		$\lambda$ D : 479nm
		$\lambda$ P : 451nm

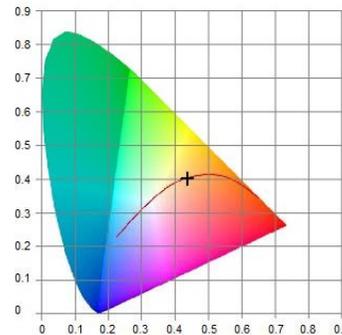


# Kompaktleuchtstofflampe „Energiesparlampe“

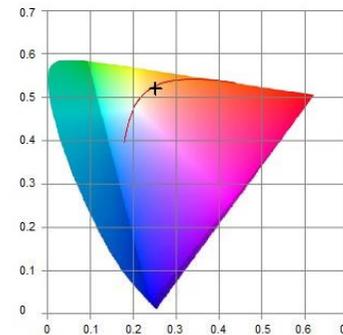
Benutzer :	Messzeit : 13:01:46	LUX : 1952
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Kompaktleuchtst	CCT : 2969K
Memo :	<b>Beleuchtungsstärke</b>	CRI : 86,7
	<b>Farbtemperatur</b>	$\lambda D$ : 583nm
	<b>Farbwiedergabe</b>	$\lambda P$ : 612nm



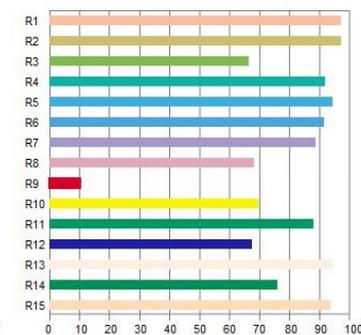
■ CIE1931



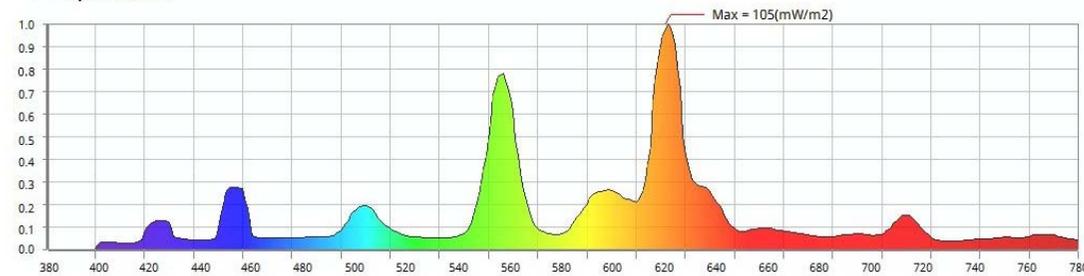
■ CIE1976



■ CRI



■ Spektrum



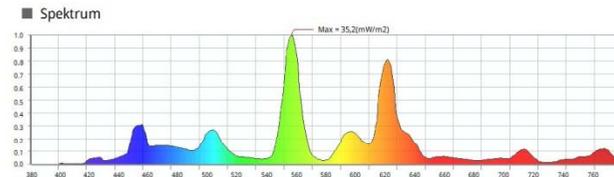
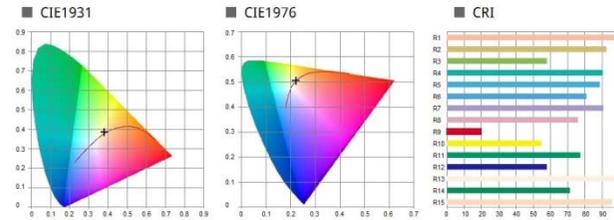
Flimmern 24% bei 79 kHz (79.000 Hz)

# Leuchtstofflampen: verschiedene Farbtemperaturen

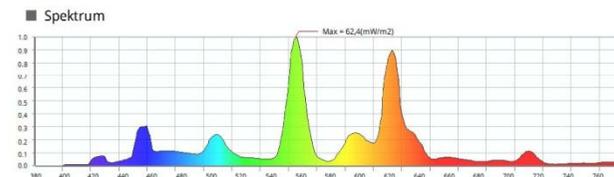
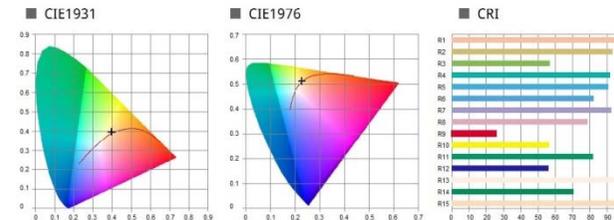
Flimmern 22-35% bei 45-57 kHz



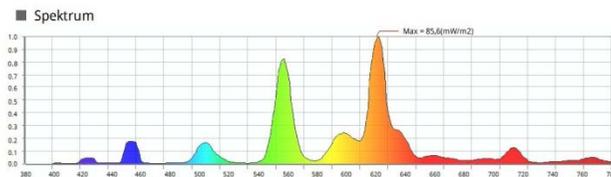
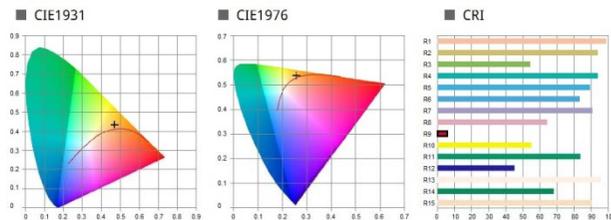
Benutzer :	Messzeit : 16:05:31	LUX : 658
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Leuchtstoff 4000	CCT : 4060K
Memo :		CRI : 84,2
		$\lambda$ D : 475nm
		$\lambda$ P : 545nm



Benutzer :	Messzeit : 15:47:47	LUX : 1211
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Leuchtstoff 3700K	CCT : 3737K
Memo :		CRI : 85,3
		$\lambda$ D : 578nm
		$\lambda$ P : 545nm



Benutzer :	Messzeit : 16:09:05	LUX : 1439
Modell-Nr. : MK350S	Lichtquelle : Leuchtstoff 2700	CCT : 2745K
Memo :		CRI : 83,4
		$\lambda$ D : 582nm
		$\lambda$ P : 612nm





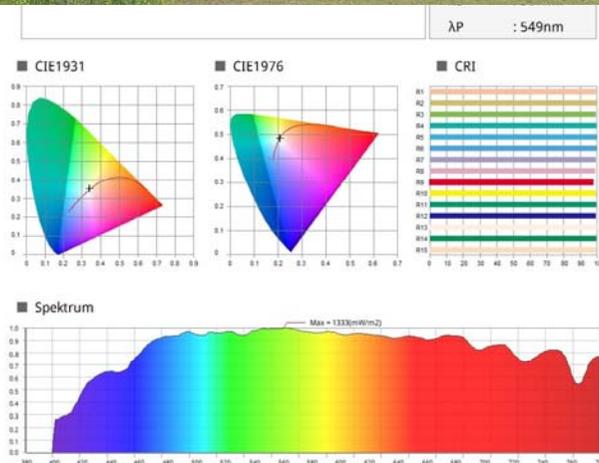
## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

### Gutes Licht = Lebensqualität

Vorbild und Maßstab ist die Natur

Es rentiert sich auf Qualität zu achten

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



Dipl. Biol. Pamela Jentner  
OrangePep GmbH&Co.KG  
D-85354 Freising  
[www.orangepep.de](http://www.orangepep.de)