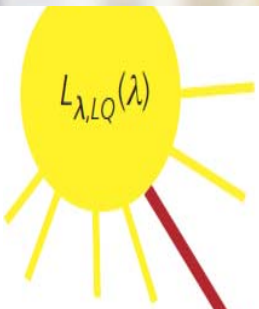
Farbwiedergabe nach CIE 1995, nach TM30-15 und nach CIE 2016

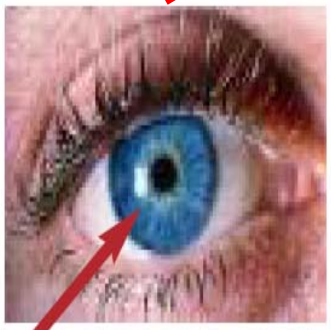
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FACHGEBIET LICHTTECHNIK

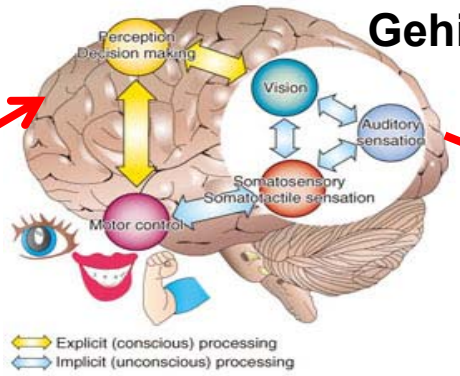
Prof. Dr.-Ing. habil. T.Q. Khanh, Dr. Peter Bodrogi, Dr. Trinh Quang Vinh

Entstehung von Farbwahrnehmung und Farbqualität





Gehirnverarbeitung



Helligkeit
Buntheit
Buntton

Farbqualität:

- **Farbdifferenz**
- **Farbwiedergabe**
- **Farbgamut**
- **Farbpräferenz**
- **Farberinnerung**
- **Weißpunkt, CCT**

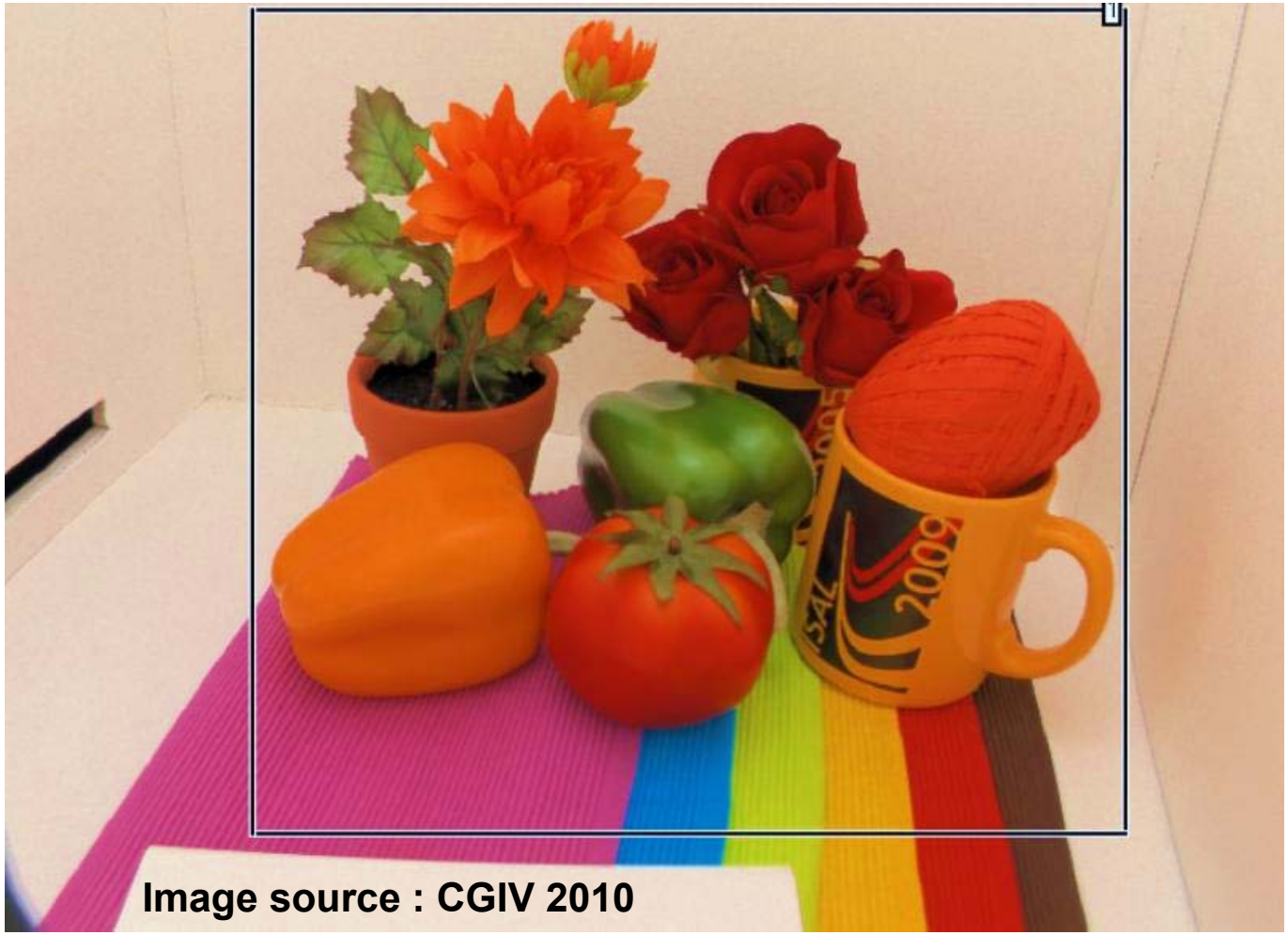
Physiologische Aspekte

Psychologische Aspekte

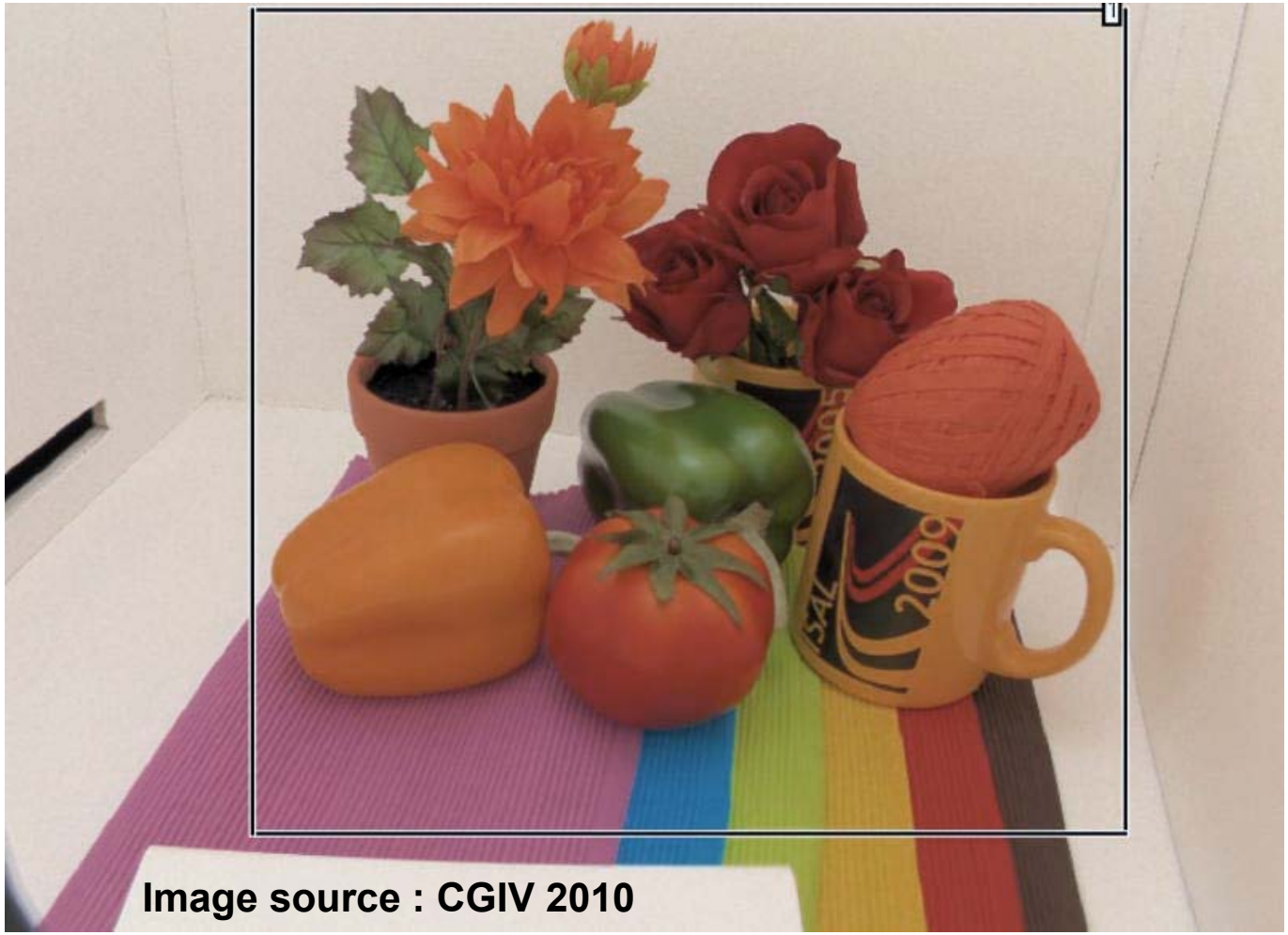
Source for brain: https://www.ntt-review.jp/archive_html/201204/images/fr_fig01.jpg

Farbwahrnehmung– der Eindruck einer sehr guten Beleuchtung „ich sehe es gern….“, harmonisch

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Farbwahrnehmung– der Eindruck „Entsättigt“



Farbwahrnehmung– der Eindruck

„sehr gesättigt“

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Definition:
Farbwiedergabe

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Die Farbwiedergabeeigenschaft** einer Lichtquelle (engl.: „colour rendering of a light source“) wird im Internationalen Wörterbuch der Lichttechnik wie folgt definiert:

„Die Auswirkung einer Lichtart auf den Farbeindruck von Objekten, die mit ihr beleuchtet werden im bewussten oder ***unbewussten*** Vergleich zum Farbeindruck der gleichen Objekte unter einer Bezugslichtart, die die gleiche ähnlichste Farbtemperatur hat“

Das Lenbachhaus-Museum mit LED-Beleuchtung

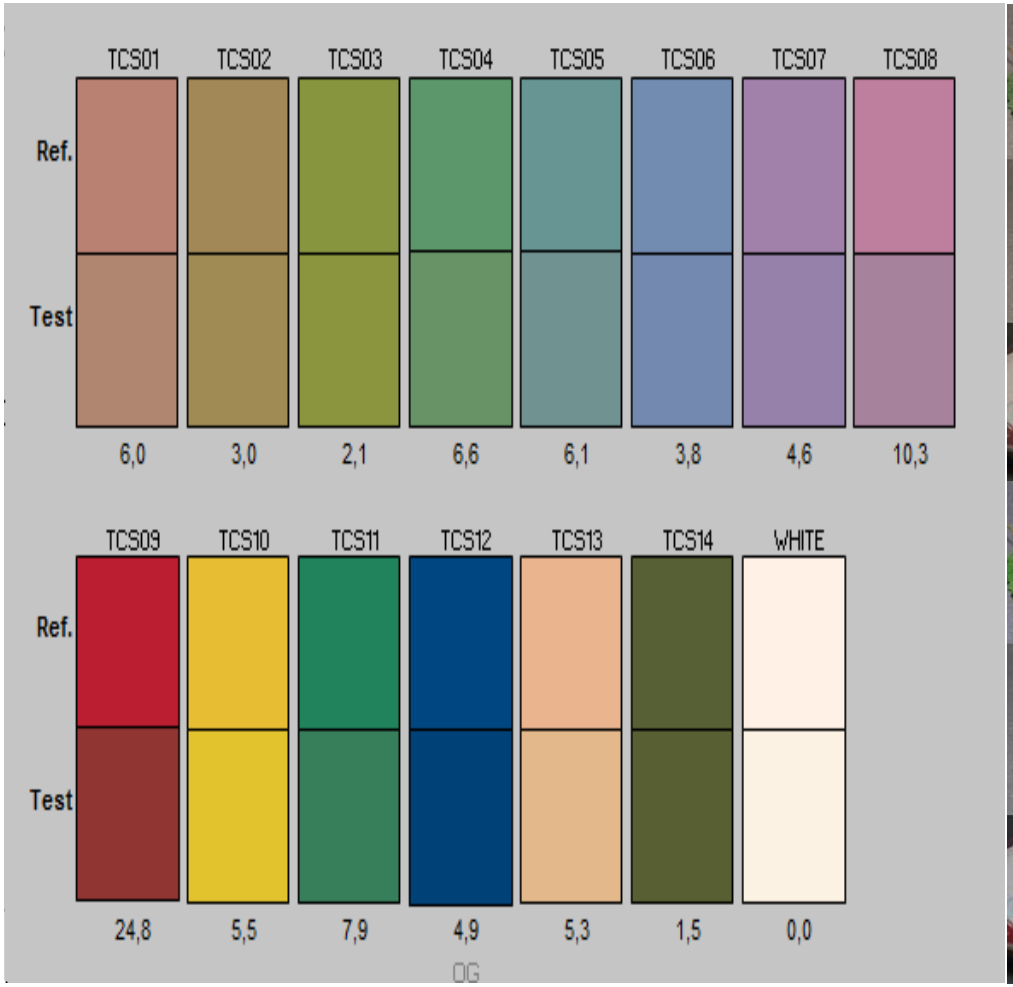
Im Raum hier gibt es keine Referenzlichtquelle

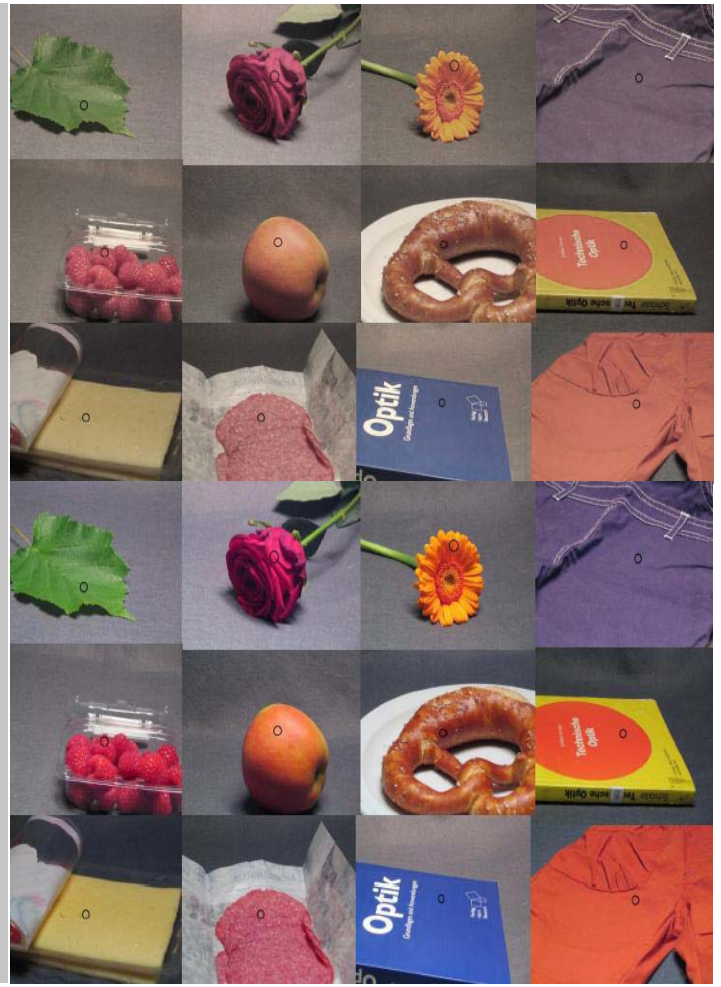
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Sources: VDI-Technologiezentrum-Düsseldorf

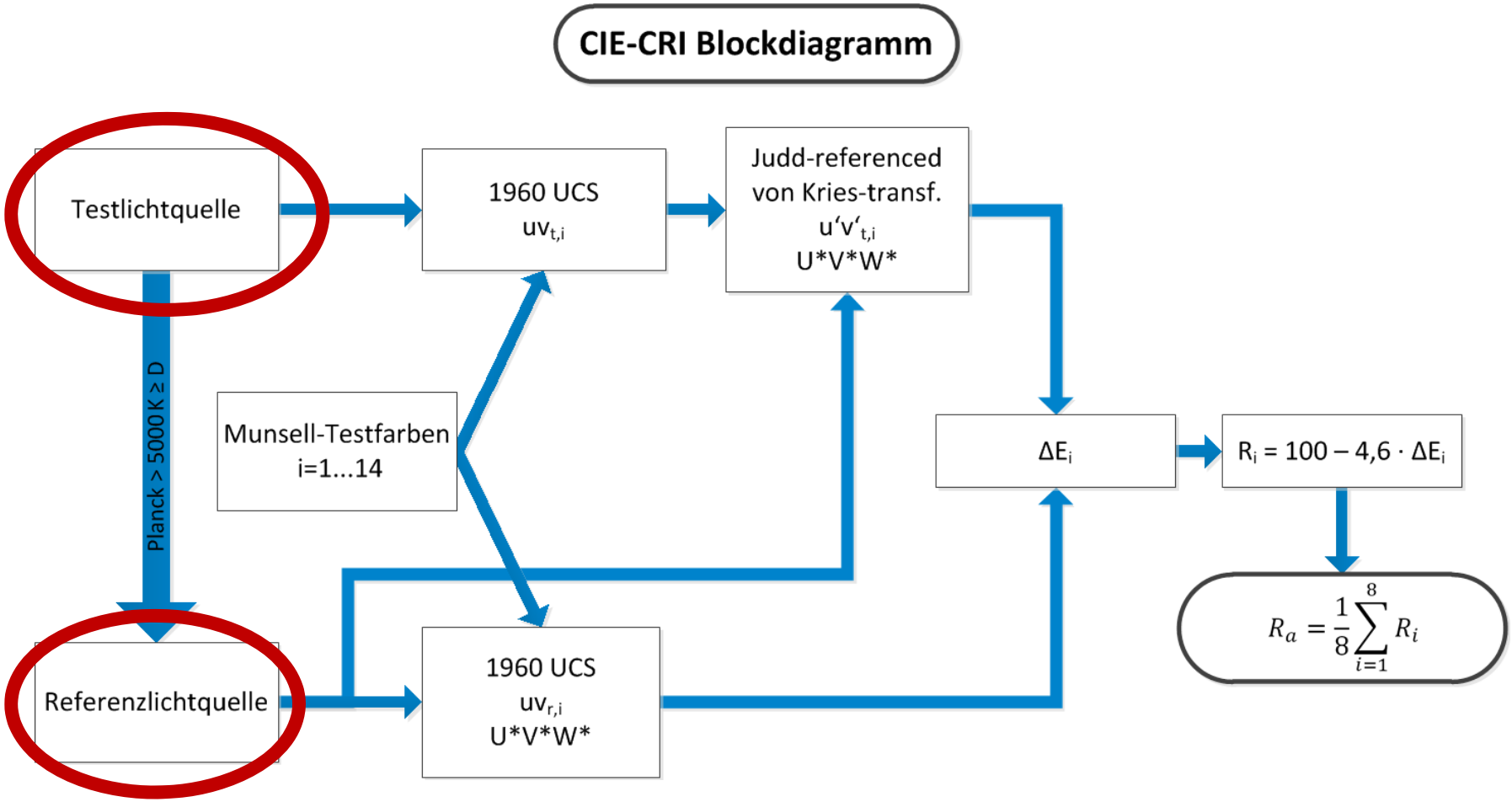
Farbwiedergabeindex CRI R_a, R_i, R_{obj}

Bildquellen - Links: NIST CQS xls-Tabelle; Rechts: Zschr. Licht

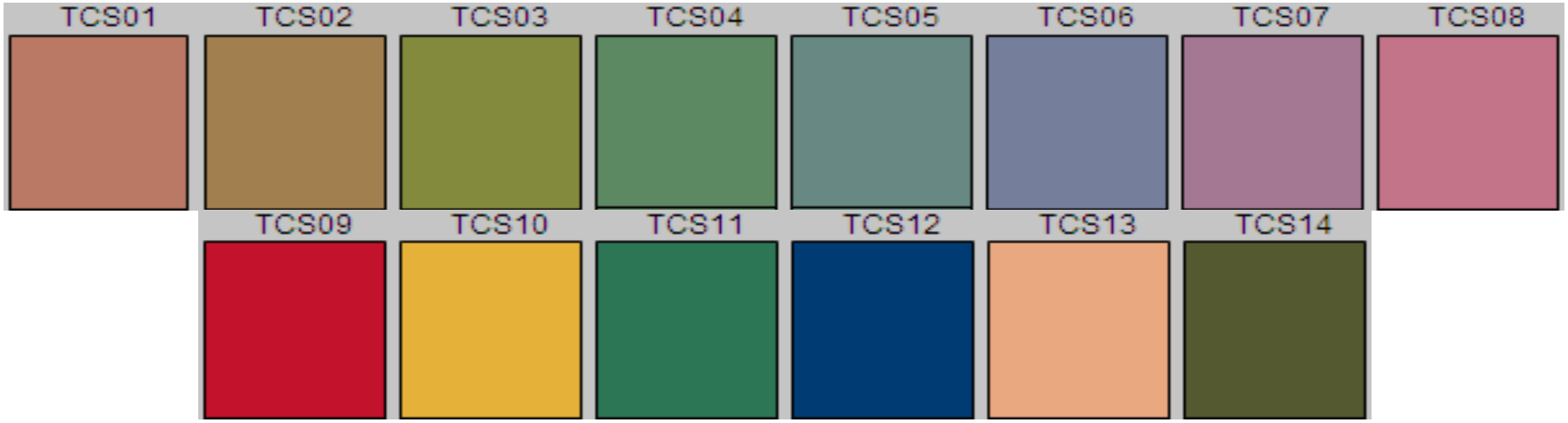




Farbwiedergabeindex
Blockdiagramm CIE-CRI

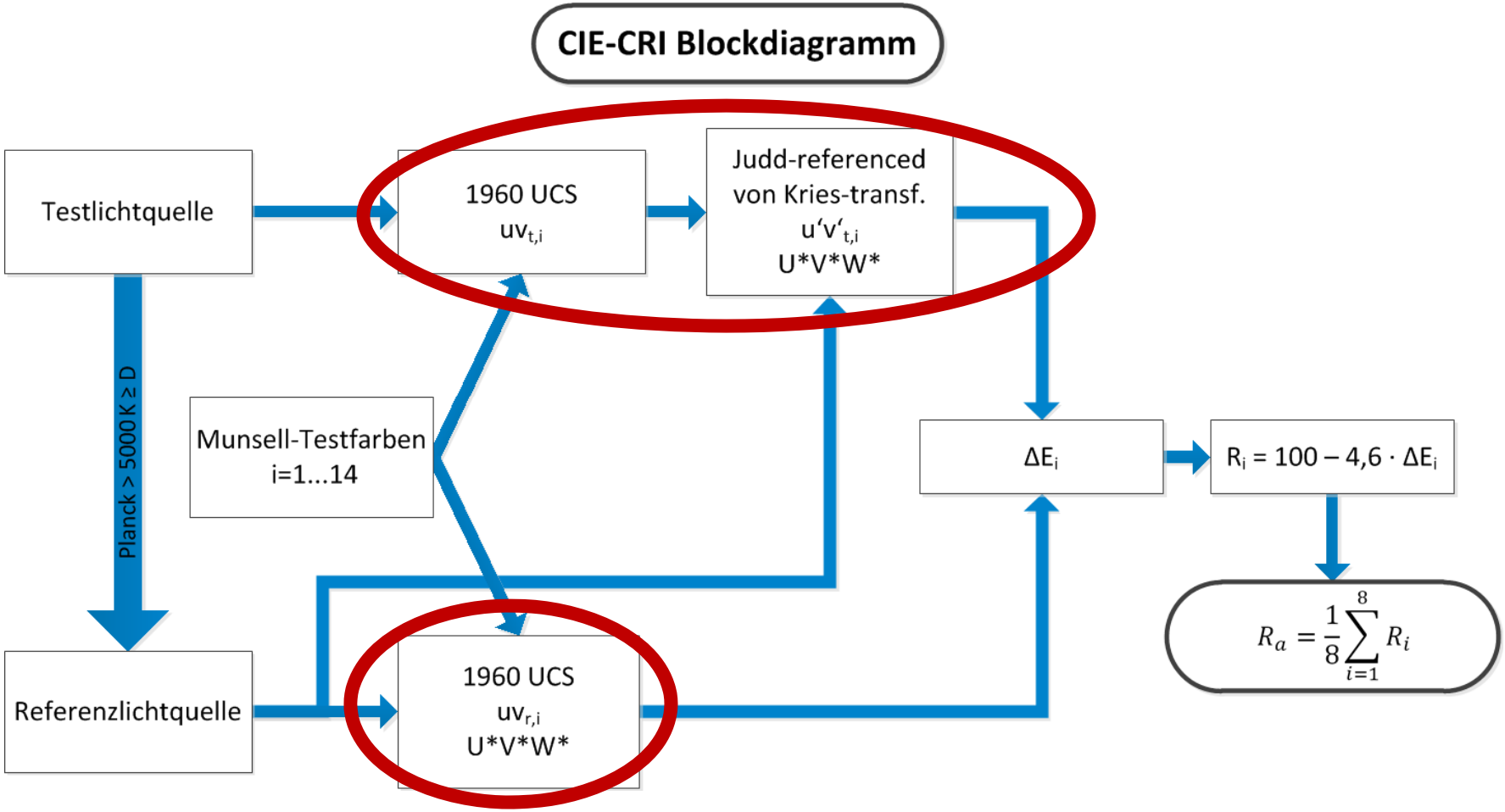


Farbwiedergabe
TCS01 bis TCS14

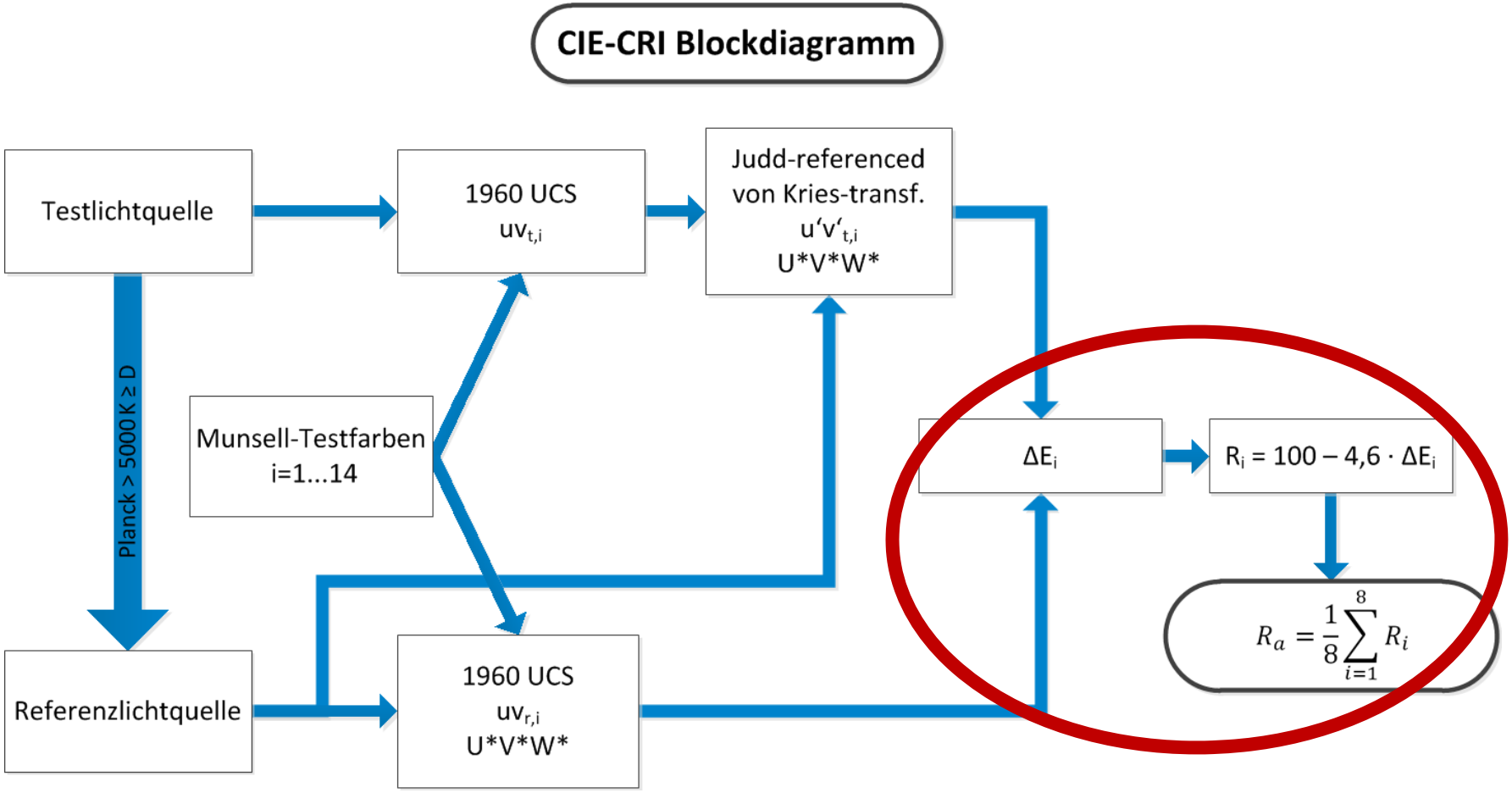


Nr.	Munsellwert	Name	Nr.	Munsellwert	Name
1	7,5 R 6/4	Altrosa	8	10 PB 6/8	Fliederviolett
2	5 Y 6/4	Senfgelb	9	4,5 R 4/13	Rot
3	5 GY 6/8	Gelbgrün	10	5 Y 8/10	Gelb
4	2,5 G 6/6	Grün	11	4,5 G 5/8	Grün
5	10 BG 6/4	Hellblau	12	3 PB 3 /11	Blau
6	6,5 PB 6/8	Himmelblau	13	5 YR 8/14	Hautfarbe
7	2,5 PB 6/8	Asterviolett	14	5 GY 4/4	Blattgrün

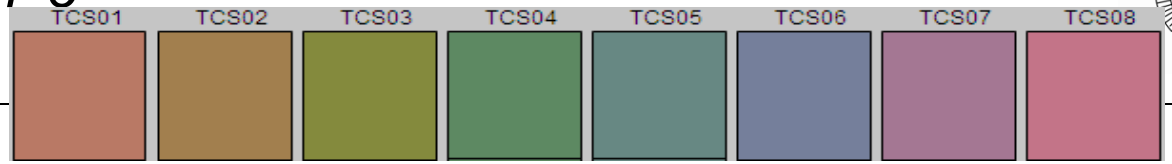
Farbwiedergabe
Blockdiagramm CIE-CRI



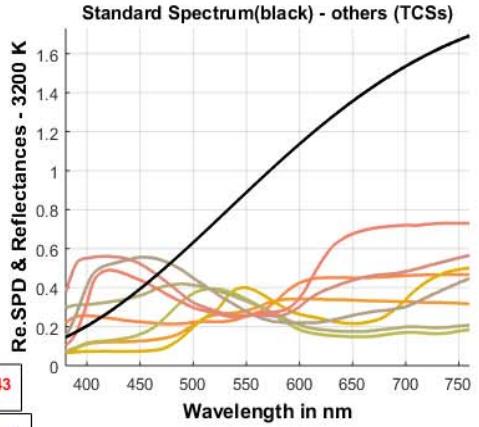
Farbwiedergabe
Blockdiagramm CIE-CRI

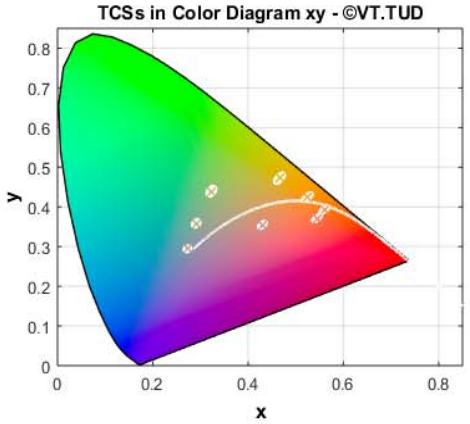


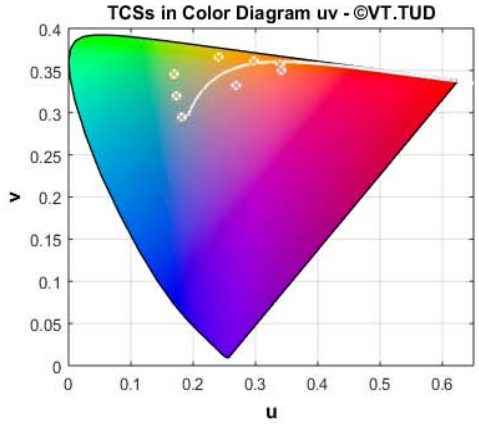
8 Testfarben für den allgemeinen Farbwiedergabeindex
CIE TCS1-8



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

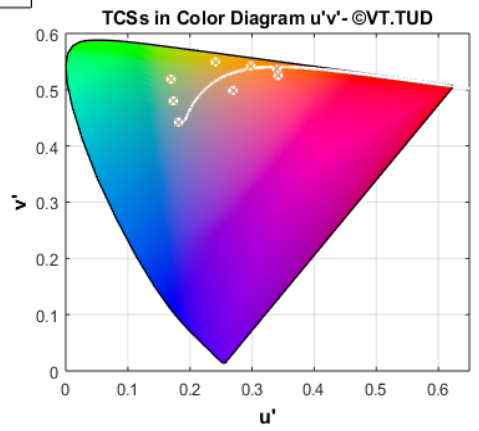


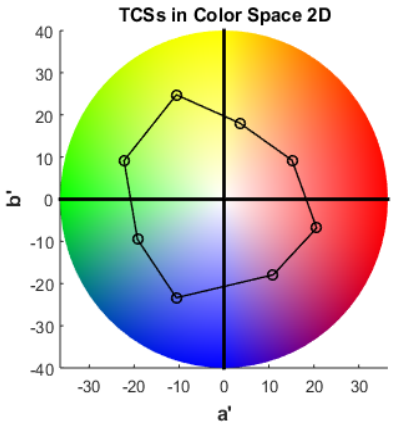


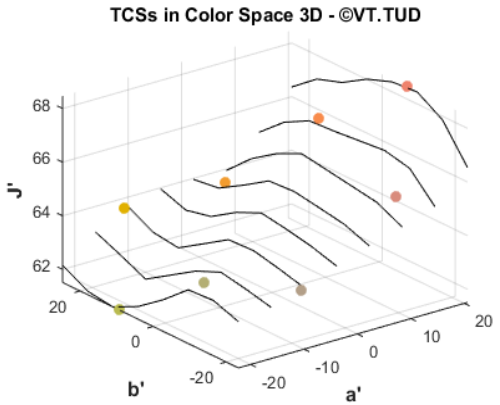


$Area_{2D\text{-}Ref}$=1373.5143

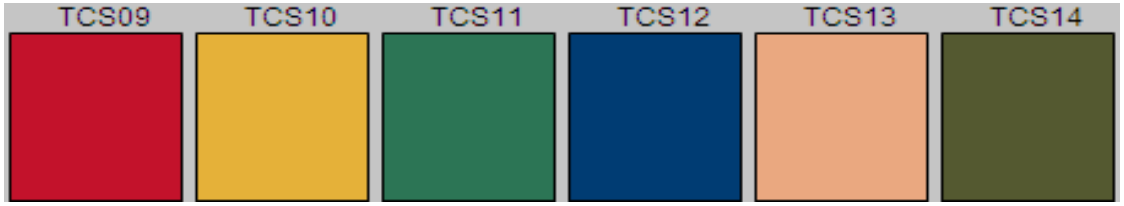
$Area_{3D\text{-}Ref}$=1151.2469

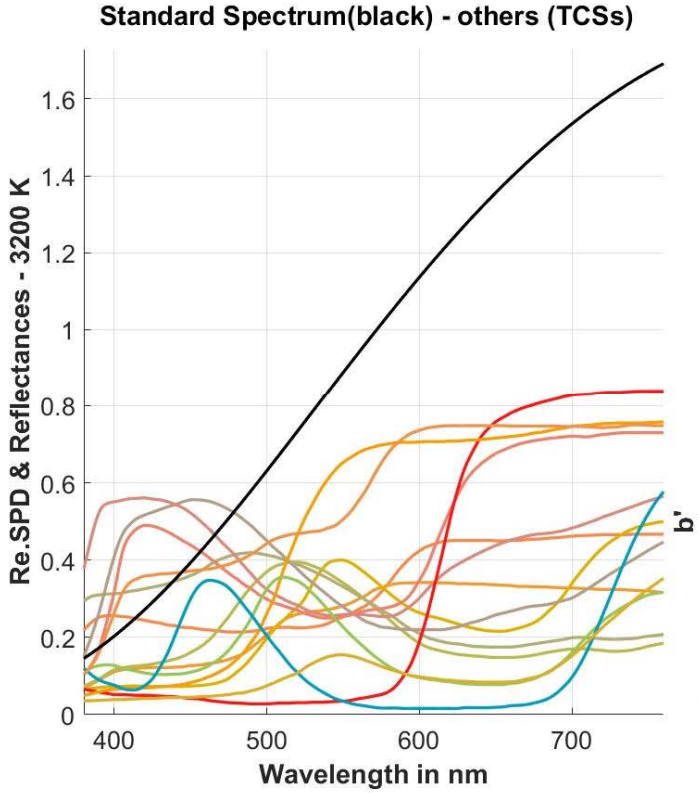






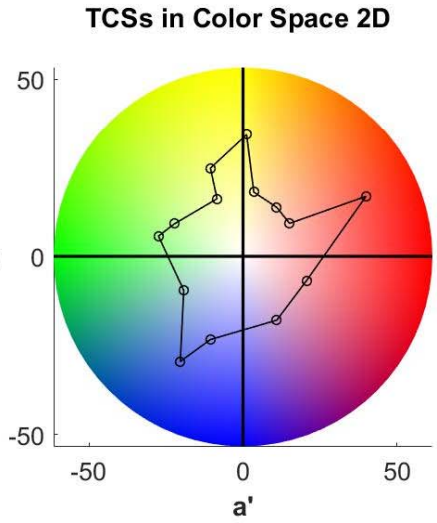
14 Testfarben (TCS1 – TCS14) unter Lichtart 3200 K

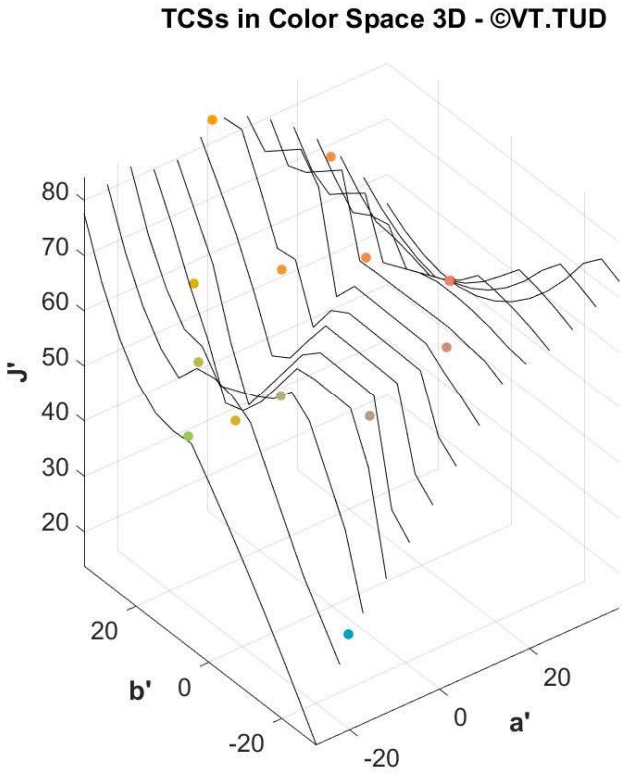




$Area_{2D\text{-}Ref.}$=3154.4458

$Area_{3D\text{-}Ref.}$=2185.7158





Farbqualitätsmerkmale und ihre Eigenschaften

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Nr.	Farbmetrik	Symbole	Testobejektfarben	Farbraum
1.	Farbwiedergabe	Ra (1-8) R_1-R_{14} Q_f CIE CRI2012 R_f	8 14 15 17 99	U*V*W* U*V*W* La*b*_1976 CAM02-UCS CAM02-UCS
2.	Farbgamut	Q_g FCI GAI R_g	15 4 8 99	La*b*_1976 CAM02-UCS U*V*W* CAM02-UCS
3.	Farbpräferenz Natürlichkeit	MCRI Q_a Q_p	9 15 15	IPT La*b*_1976 La*b*_1976

IES 2015 (TM 30-Metriken)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

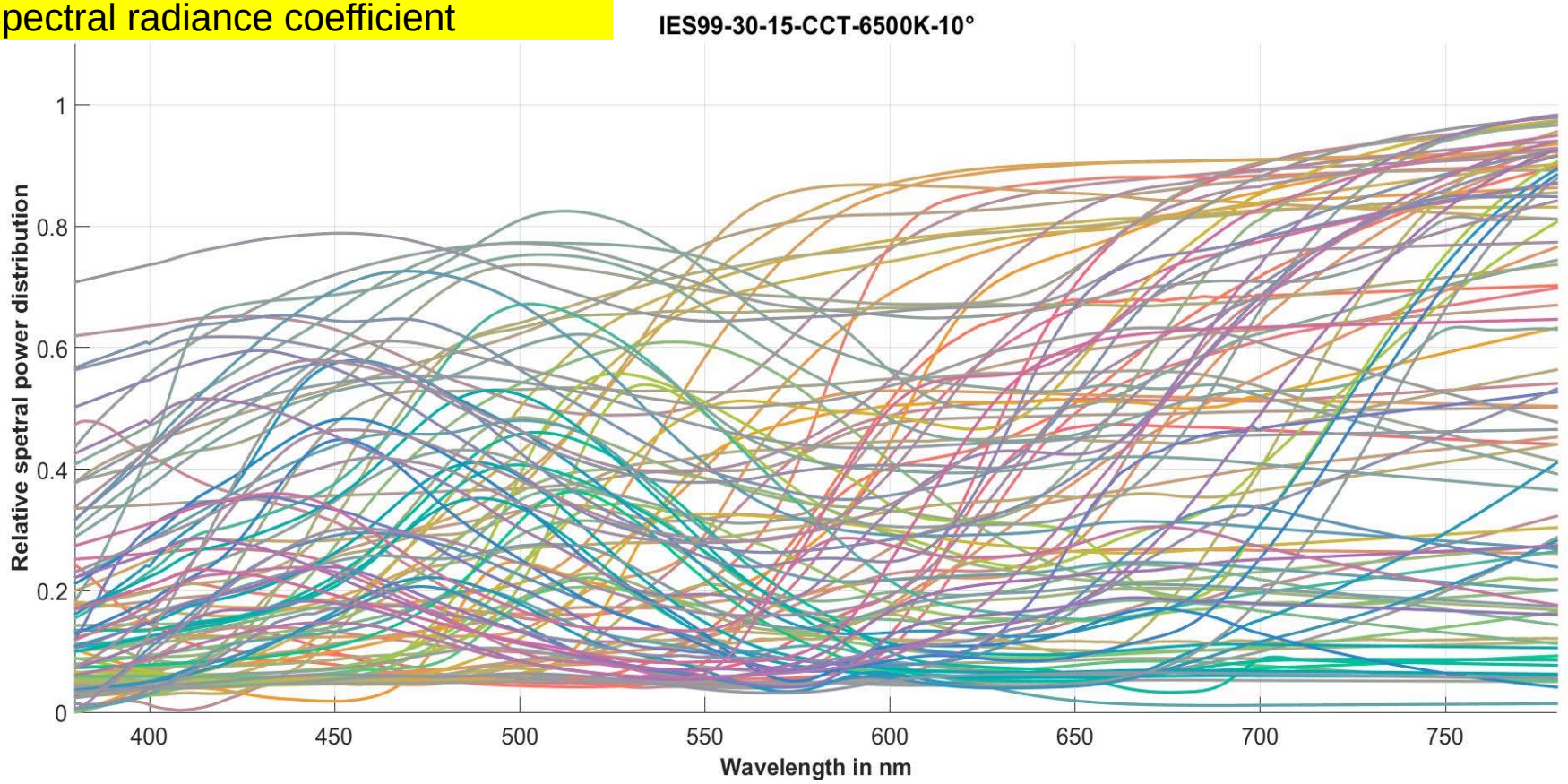
- Bei Definition von R_f und R_g - Referenzlichtquellen mit der gleichen CCT.
- Bis 4500 K sind es Planck'sche Strahler
- von 5500 K an sind es die Tageslichtphasen.
- Zwischen 4500 K bis 5500 K benutzt man eine Linearkombination der beiden Lichtquellenarten.

- Aus den 99 Farben, beleuchtet mit der Testlichtquelle und Referenzlichtquelle, berechnet man die Attribute ***J'*(Helligkeit) *a'* *b'*** (für die rot-grünen und blau-gelben Anteile in der jeweiligen Farbe) im **Farbraum CIECAM02-UCS** und mit der spektralen Normfarbwertfunktion **x-y-z für 10° (1964)**, woraus man die Farbdifferenz, die Farbwiedergabe R_f und Farbgamut R_g berechnen kann.

TM30-15: Auswahl von Objektfarben

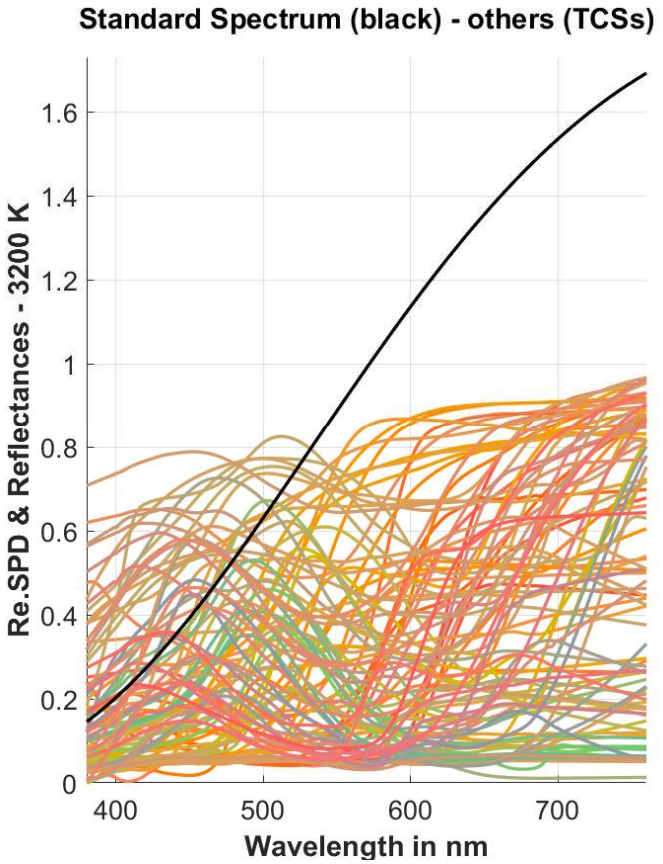
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

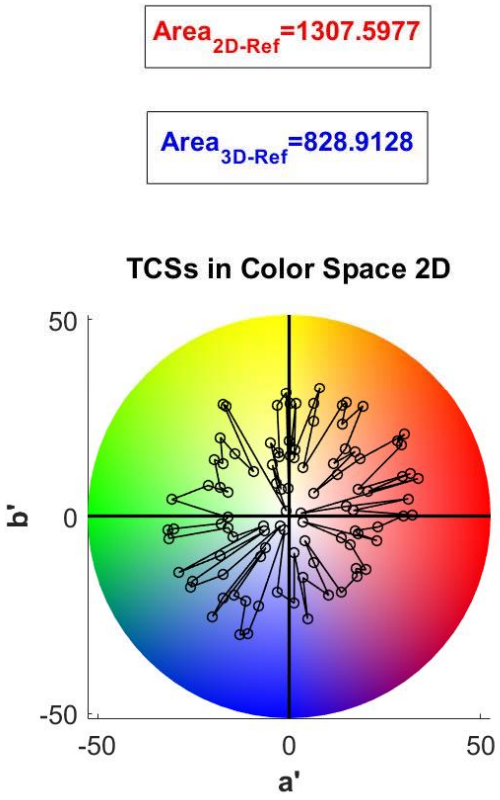
Spectral radiance coefficient

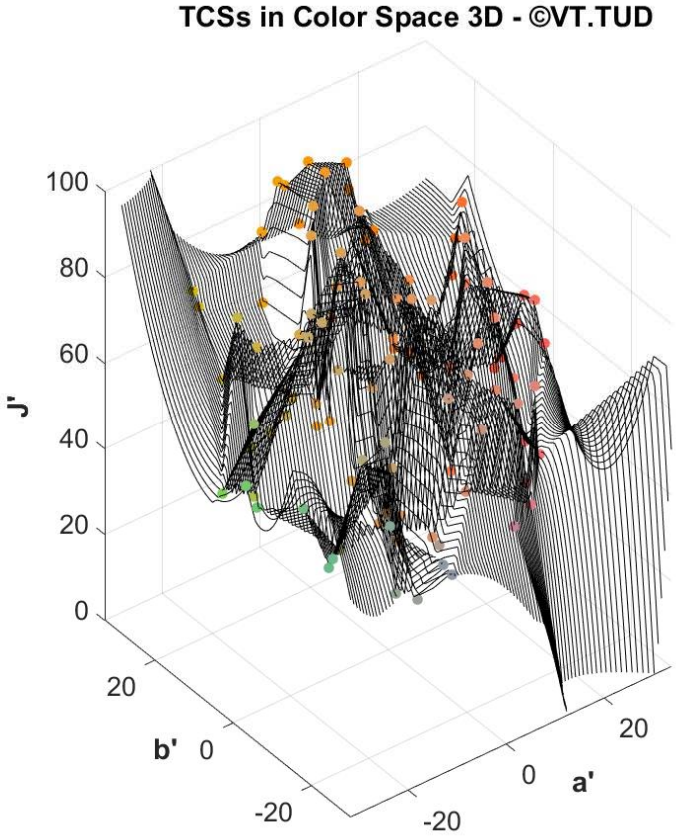


Farbwiedergabe in IES TM30-15

a. 99 Testfarben (TCS1 – TCS99) unter Lichtart 3200 K







IES-Farbmetriken (definiert im Mai 2015)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

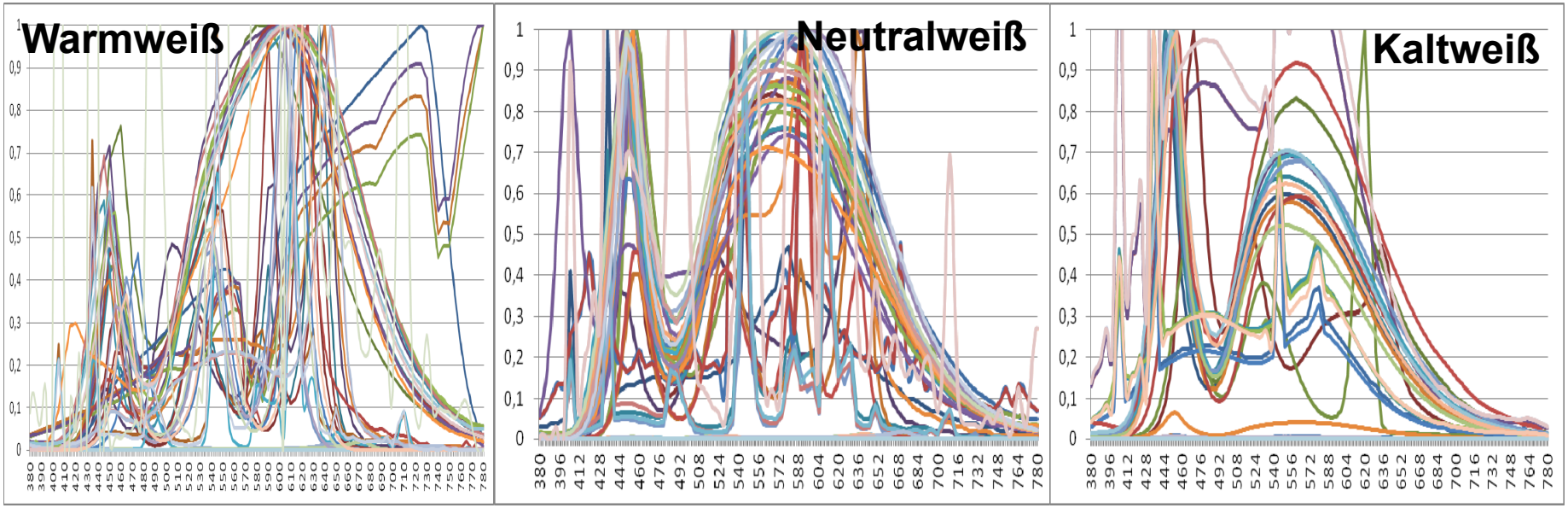
$$R_f = 100 - 7{,}54 \cdot \Delta E$$

Mit ΔE als mittlerem Farbabstand zwischen Test-und Referenzlichtquelle für diese 99 Farben

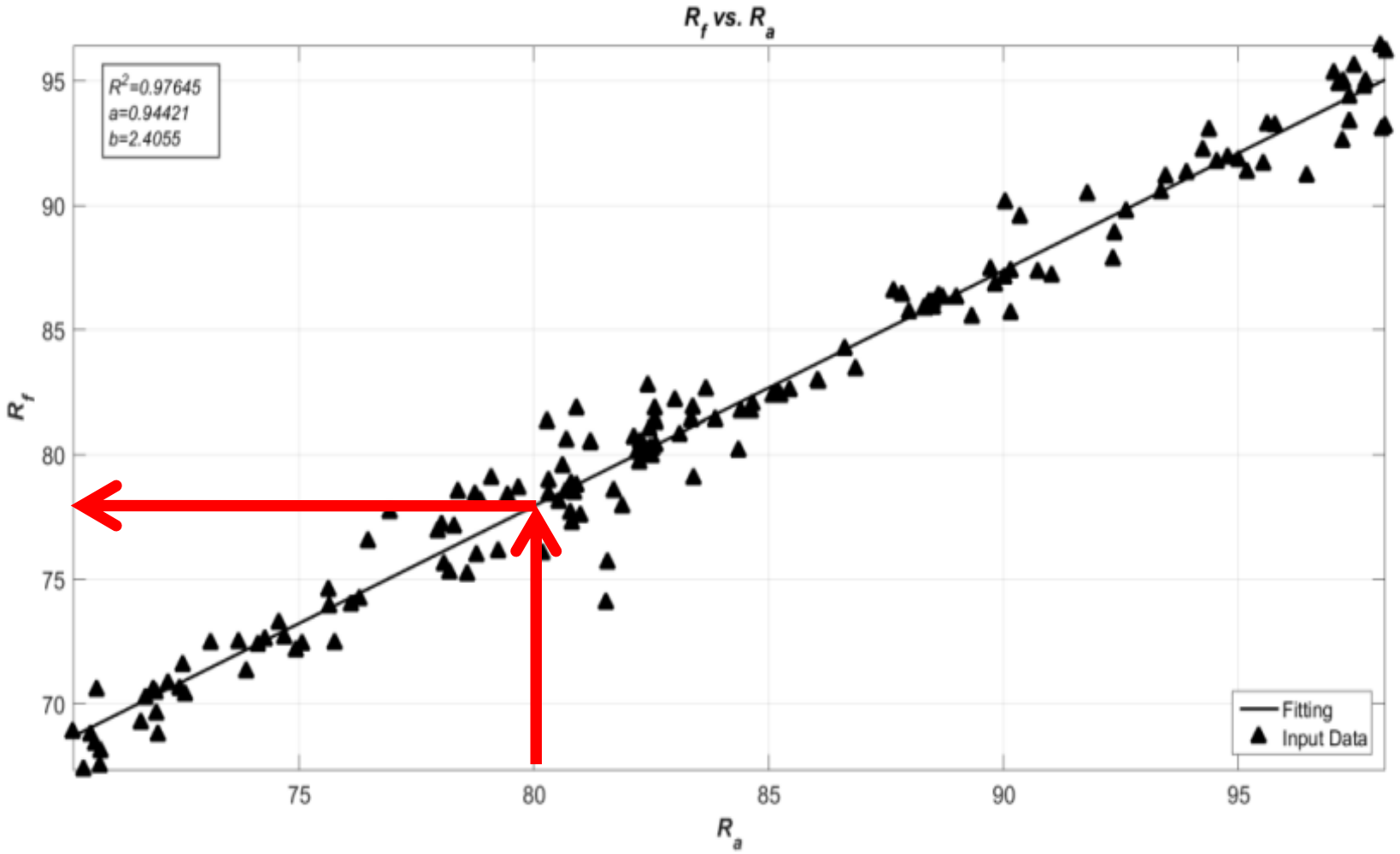
Spektren für die Korrelationsanalyse an der TU Darmstadt in 2016- Februar 2017

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Für die Berechnung der Korrelation wurden **171** Spektren von leuchtstoff-konvertierten weißen LEDs aus insgesamt mehr als 500 verfügbaren Spektren von weißen LEDs mit teilweise ähnlicher spektraler Verteilung ausgewählt, die am Fachgebiet Lichttechnik der TU Darmstadt gemessenen wurden (**43 warmweiße, 72 neutralweiße und 56 kaltweiße LED-Spektren**)



Korrelation von R_f (IES, TM30-15) und R_a von CIE (1995)



CIE-Farbwiedergabeindex (definiert im Oktober 2016 mit 26 Ja-Stimmen, 0 Gegenstimme)

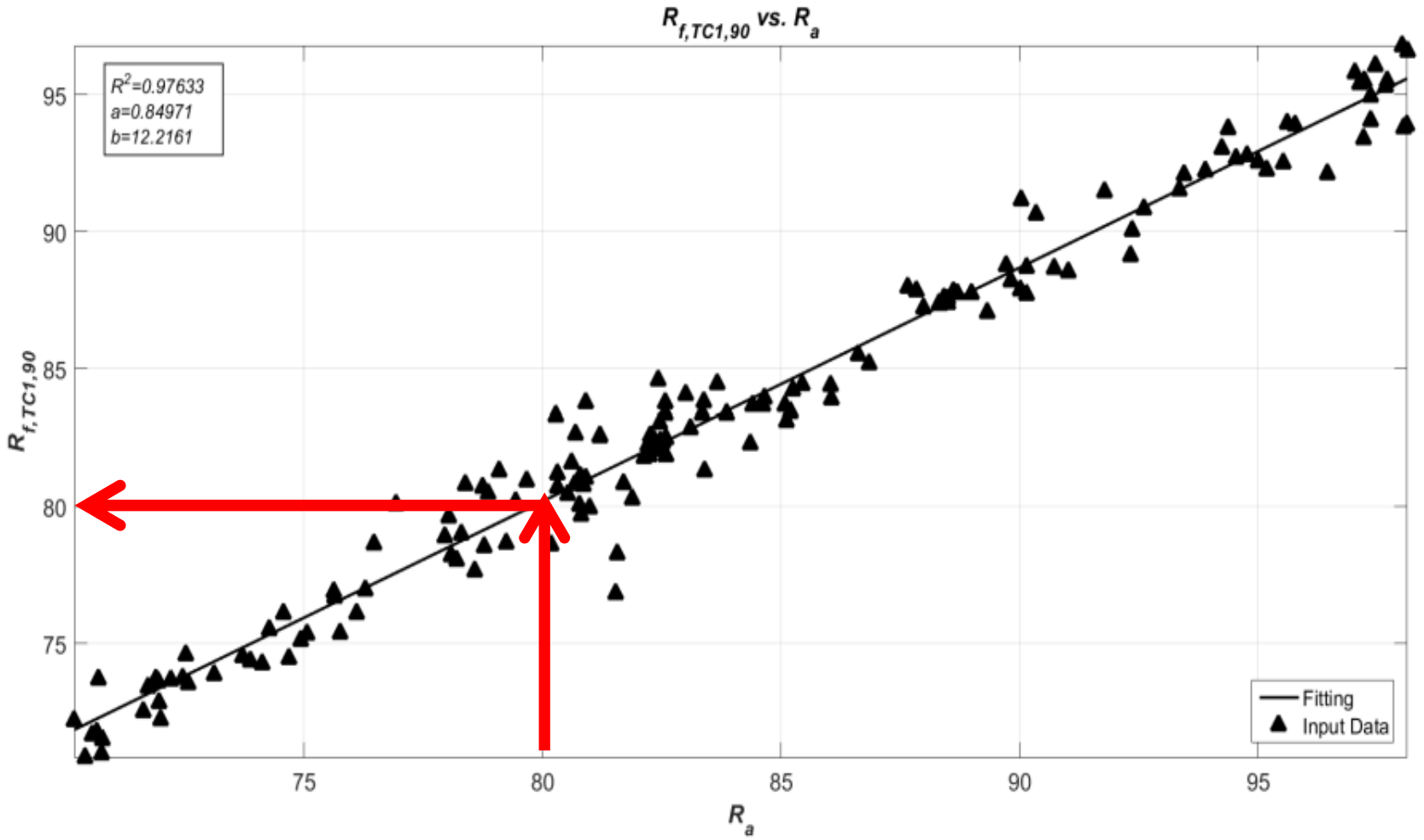
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

$$R_f = 100 - 6{,}73 \cdot \Delta E$$

Mit ΔE als mittlerem Farbabstand zwischen Test-und Referenzlichtquelle für diese 99 Farben von IES

Korrelation von R_f (TC 1-90, CIE 2016) und R_a der CIE (1995), besser als bei TM 30-15, s. unten

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Meinungen von CIE am 12.09.2016 in Prag

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

"Thus, similar to Ra, Rf combines the computed colour differences for all test-colour samples in one single average index value, and is only one aspect of colour quality not considering perception/preference effects.

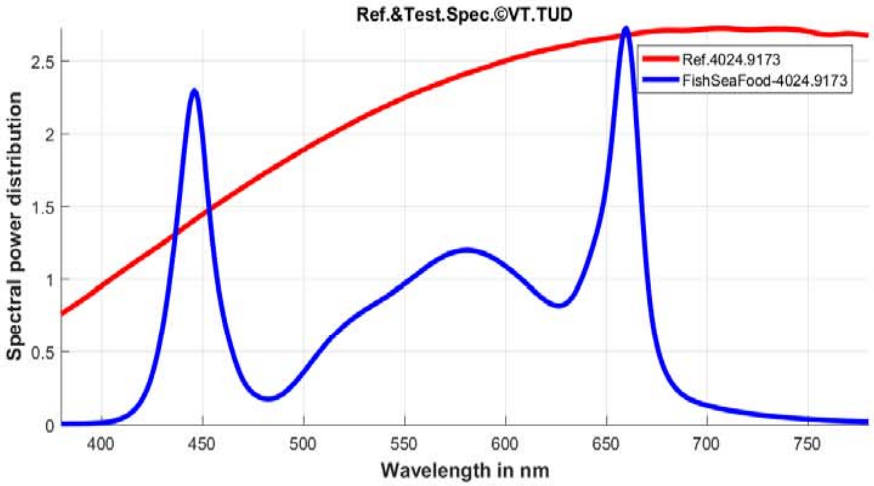
Therefore, it is considered that such unintended uses of CRI as an overall colour quality measure for end users is not better fulfilled by the more scientifically accurate colour fidelity index, Rf. This is because the users' evaluation is influenced by factors beyond colour fidelity such as colour saturation effects, and the detailed nature of specific illumination tasks.

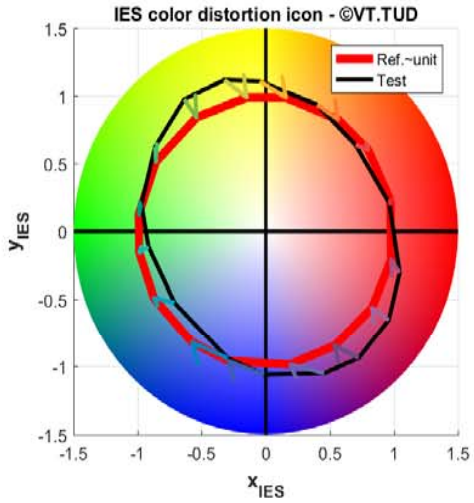
The general colour fidelity index (Rf) shall therefore not replace, for the purpose of rating and specification of products nor for regulatory or other minimum performance requirements, the CRI (Ra). Replacement of the CRI will be a matter of future study"

Wo ist der Vorteil von $R_{f,TC1,90}$?

$R_{f,TC1-90}$ kann Problem zeigen, aber R_a nicht!!!

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

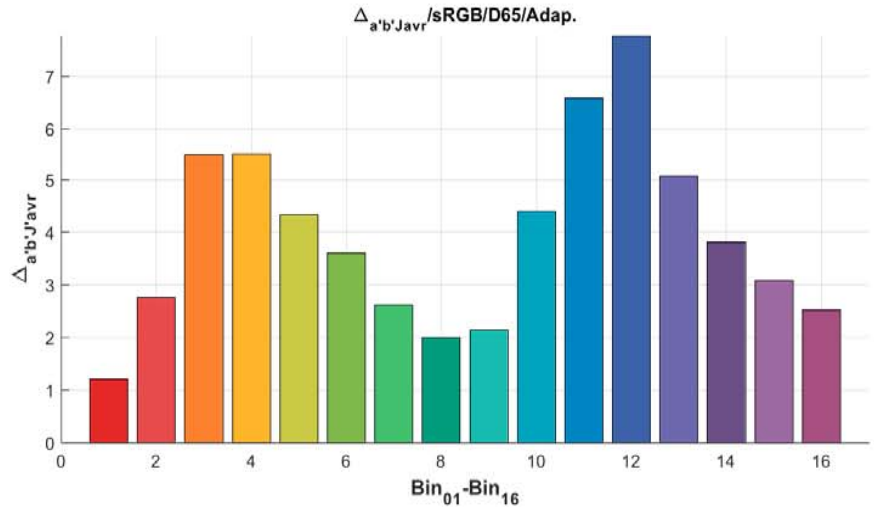


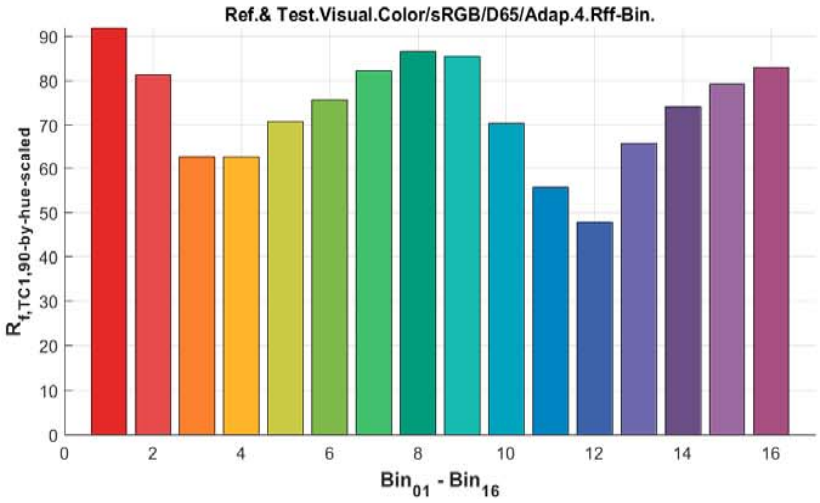


$R_{f,TC1,90}$=73.79

$R_{g,TC1,90}$=108.91

Sem.=2.24

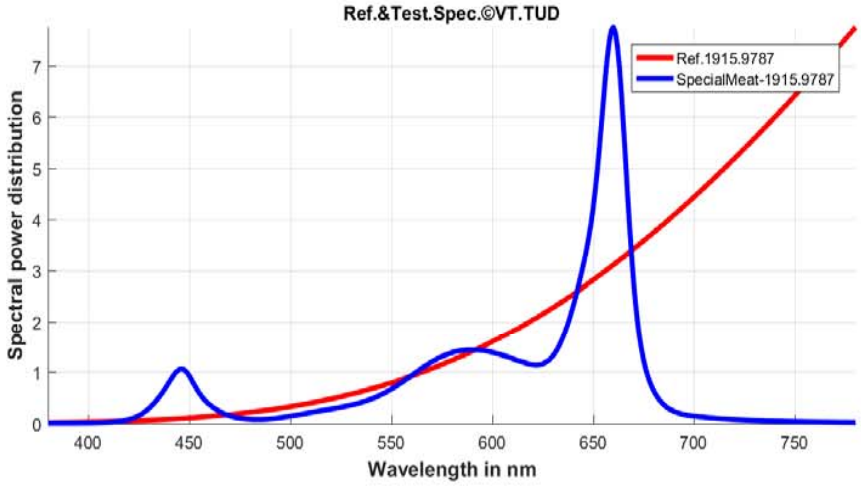


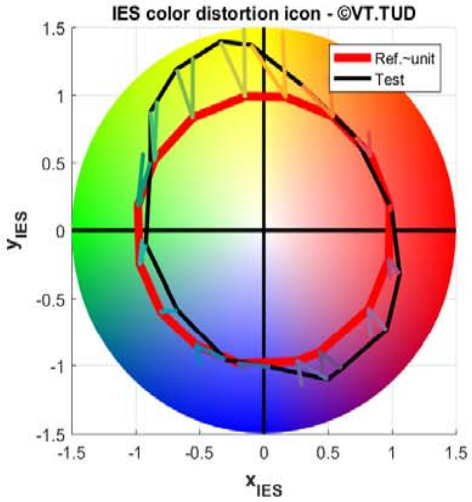


Wo ist der Vorteil von $R_{f,TC1,90}$???

$R_{f,TC1-90}$ könnte Problem zeigen, aber R_a nicht!!!

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

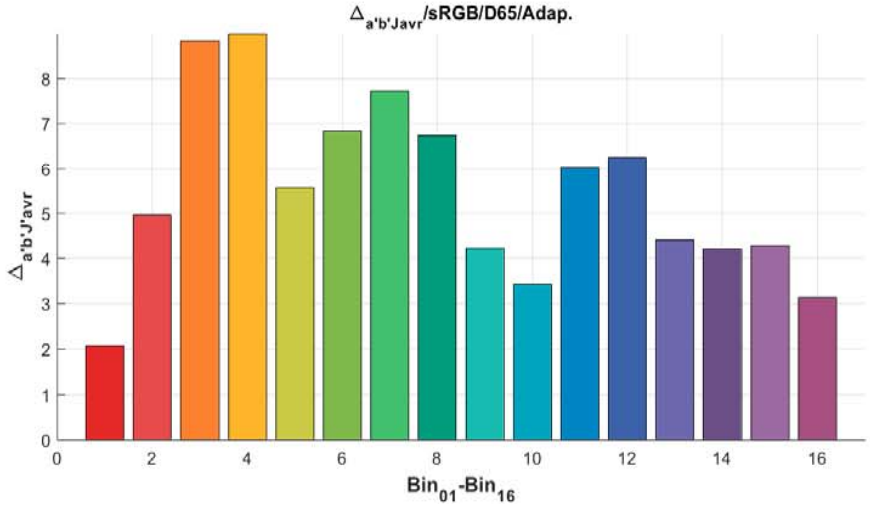


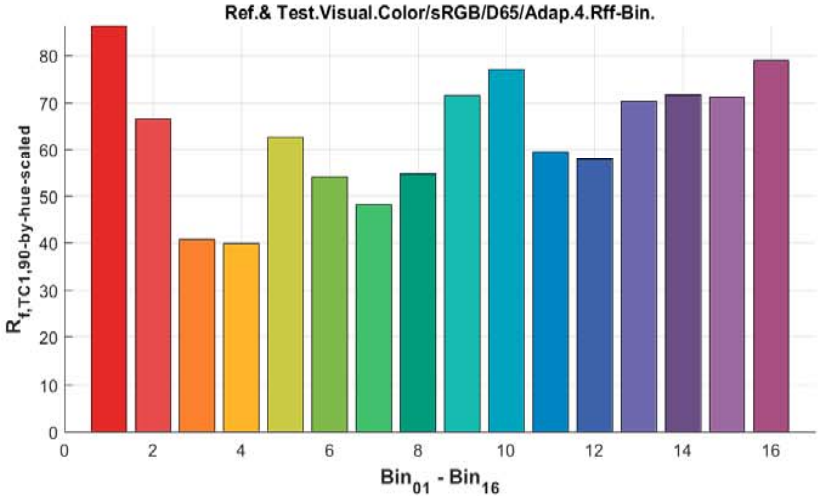


$R_{f,TC1,90}$=64.06

$R_{g,TC1,90}$=122.57

Sem.=2.7





Wo ist der Vorteil von $R_{f,TC1,90}$???

$R_{f,TC1-90}$ könnte Problem zeigen, aber R_a nicht!!!

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Name	Fish&SeaFood	SpecialMeat
CCT	4025	1916
$\Delta u'v'_{CCT}$	-2,42E-02	-2,18E-02
R_a	85,96	89,20
$R_{1,14}$	84,49	87,78
Q_p	83,68	42,83
ΔC^*_{CQS}	3,28	18,49
$R_{f,TC1,90}$	73,79	64,06

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!