



Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

www.dfwg.de

40. DfwG Jahrestagung 2024

8. – 10. Oktober 2024



MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH
Manfred-Wörner-Straße 101, 73037 Göppingen

[http:// www.micro-epsilon.com](http://www.micro-epsilon.com)



Programm und Kurzfassungen der Vorträge

Inhalt

<i>Programm Mittwoch, 9. Oktober 2024</i>	3
Tagesordnung der Mitgliederversammlung.....	4
<i>Programm Donnerstag, 10. Oktober 2024</i>	5
Vortragsskizzen.....	6
Workshop: <i>Farbmessung damals, heute und morgen</i>	6
100 Jahre $V(\lambda)$: Wie macht man eine erfolgreiche Helligkeitsempfindungs-funktion noch besser?	6
Von $V(\lambda)$ zu $V_F(\lambda)$: Risiken und Nebenwirkungen für Radiometrie, Photometrie und Kolorimetrie.....	8
Diskussion: Neue, zapfenbasierte Farbmessung? - Sicht der Teilnehmer.....	10
Qualitätskontrolle mittels Farbmessungstechnik in industriellen Anwendungen	10
Bewertung von OLED-Displays und Virtual-Reality-Technologie für präzisionskritische Sehexperimente	11
Glanzstudien an metallischen Druckproben	11
Moderne Appearancemessung am Beispiel des Rhopoint Aesthetic.....	12
Appearance-Bestimmung im europäischen Kontext – Rückblick und Ausblick.....	12
Von den optischen Eigenschaften der Materialien zum Rendering des Farbeindrucks im 3D-Druck	14
Farbmetrische Wiedergabe von Leuchtdichte und Farbart von rgb*-Bildern auf SDR- und HDR-Displays durch ein TUB-Farbsehmodell	15
HDR in der Praxis – Update zu Dateiformaten, Bildbearbeitung und Ausgabe.....	16
Psychophysiologische Indikatoren der Wirkung von verschiedenfarbigen Lichtreizen	16
Warum ist die plasmonische Farbbildung ein Game Changer?.....	17
From $L^*a^*b^*$ to RGB and back	19

Programm der DfwG-Jahrestagung 2024

9. bis 10.10.2024, | MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH |
Manfred-Wörner-Straße 101 | 73037 Göppingen
Schulungsraum

Programm Mittwoch, 9. Oktober 2024

- 9:00 *Workshop Farbmessung damals, heute und morgen*
- 12:00 Registrierung/ Imbiss
Foyer
- 13:00 Eröffnung der DfwG-Jahrestagung
*Begrüßung durch DfwG-Präsidenten Dr. Andreas Kraushaar & Grußworte der
Gastgeberin Carmen Lang (Micro-Epsilon Eltrotec)*

Farbmessung – Grundlagen

- 13:15 *Tobias Schneider (Instrument Systems)*
100 Jahre $V(\lambda)$: Wie macht man eine erfolgreiche
Helligkeitsempfindungsfunk-tion noch besser?
- 13:40 *Christoph Schierz (TU Ilmenau)/ Udo Krüger (TechnoTeam)*
Von $V(\lambda)$ zu $V_F(\lambda)$: Risiken und Nebenwirkungen für Radiometrie,
Photometrie und Kolorimetrie
- 14:15 *Andreas Kraushaar (Fogra)*
Diskussion: Neue, zapfenbasierte Farbmetrik? – Sicht der Teilnehmer
- 14:45 *Kaffeepause (Gruppenfoto)*

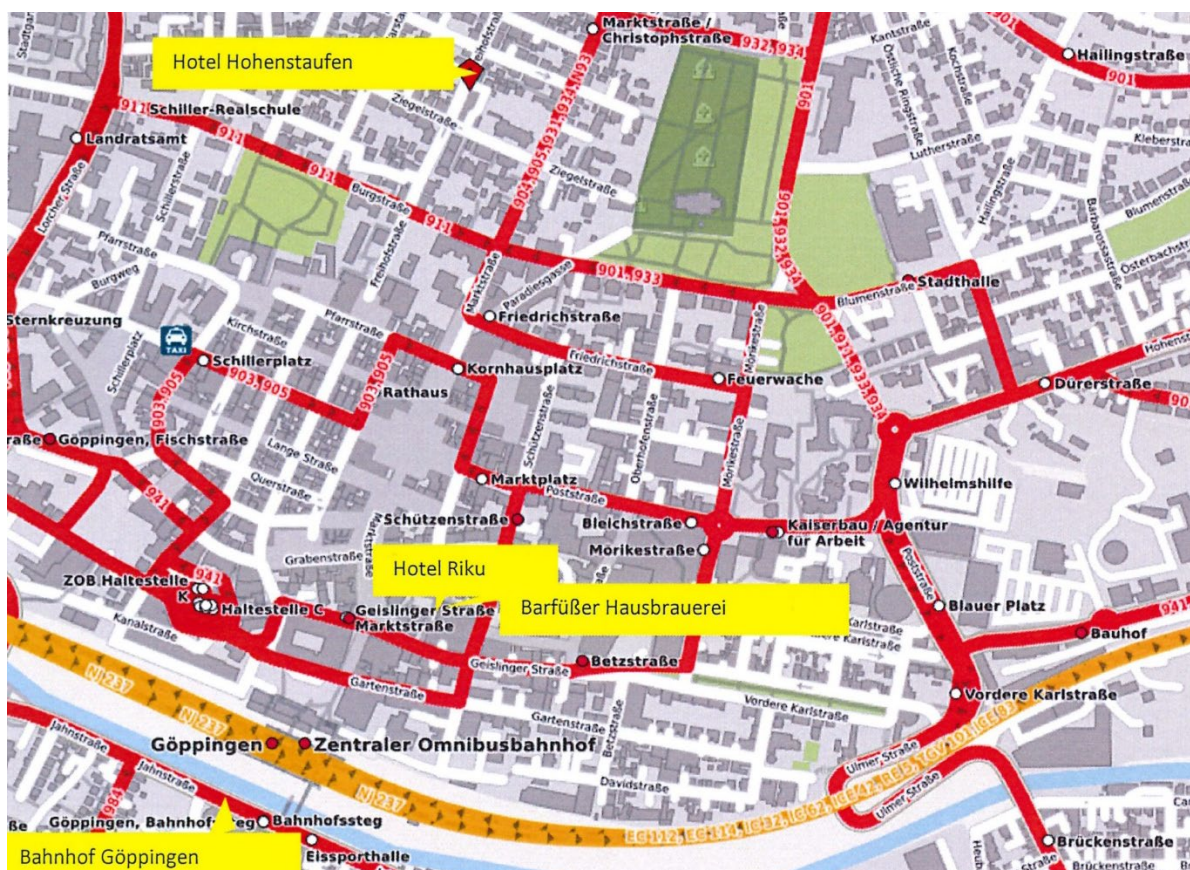
Farbmessung – Anwendung

- 15:00 *Joachim Hueber (MICRO-EPSILON Eltrotec)*
Qualitätskontrolle mittels Farbmesstechnik in industriellen Anwendungen
- 15:25 *Korbinian Kunst (TU Darmstadt)*
Bewertung von OLED-Displays und Virtual-Reality-Technologie für präzisions-
kritische Sehexperimente
- 15:50 *Kaffeepause*
- 16:00 DfwG-Mitgliederversammlung

Tagesordnung der Mitgliederversammlung:

1. Genehmigung der Tagesordnung
2. Genehmigung des Protokolls der DfwG-Mitgliederversammlung am 5. Oktober 2023 (DfwG-Report 1/2024)
3. Bericht des Präsidenten
4. Ehrungen und Vergabe des DfwG-Förderpreises
5. Kassenbericht 2023 des Schatzmeisters (DfwG-Report 3/2024)
6. Bericht der Kassenprüfer (DfwG-Newsletter 3/2024)
7. Bericht der Sekretärin
8. Entlastung des Vorstands für das Geschäftsjahr 2023
9. Verschiedenes
10. Termin und Tagungsort der nächsten Mitgliederversammlung

- 17:15 Ende der Mitgliederversammlung
18:00 Stadtführung durch Göppingen
19:30 Tagungsabend
Restaurant des Hotels Hohenstaufen
Freihofstraße 64, 73033 Göppingen



Lageplan zur Orientierung in Göppingen

Programm Donnerstag, 10. Oktober 2024

Appearance

- 9:00 *Carl Fridolin Weber (Heidelberger Druckmaschinen AG / TU Darmstadt)*
Glanzstudien an metallischen Druckprodukten
- 9:25 *Christian Dietz (Rhopoint Instruments)*
Moderne Appearancemessung am Beispiel des Rhopoint Aesthetic
- 9:50 *Tatjana Quast, PTB Braunschweig*
Appearance-Bestimmung im europäischen Kontext – Rückblick und Ausblick

HDR & Farbdruck

- 10:15 *Andreas Kraushaar (Fogra)*
Weiterentwicklung der globalen Farbkommunikation für LED-basierte, UV-
arme Abmusterbedingungen in der modernen Druck- und Medienproduktion
- 10:40 *Kaffeepause*
- 11:10 *Alexander Kissel, Philipp Nguyen (ILM) & Julie Klein (Fogra)*
Von den optischen Eigenschaften der Materialien zum Rendering des
Farbeindrucks im 3D-Druck
- 11:35 *Klaus Richter (TU Berlin)*
Farbmetrische Wiedergabe von Leuchtdichte und Farbart von rgb*-Bildern auf
SDR- und HDR-Displays durch ein TUB-Farbsehmodell
- 12:00 *Florian Süßl (HS Berlin)*
HDR in der Praxis – Update zu Dateiformaten, Bildbearbeitung und Ausgabe
- 12:30 *Mittagessen*
Laborführung *MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH*
Kaffeepause

Farbe interdisziplinär

- 14:45 *Lone Schindler (HAW Hamburg)*
Psychophysiologische Indikatoren der Wirkung von verschiedenfarbigen Licht-
reizen
- 15:10 *Kazim Hilmi Or (Hamburg)*
Warum ist die plasmonische Farbenentstehung ein Game Changer?
- 15:35 *Werner Rudolf Cramer (Münster)*
From $L^*a^*b^*$ to RGB and back again
- 16:00 Verabschiedung und Ende der Tagung

Vortragskurzfassungen

Workshop: *Farbmessung damals, heute und morgen*

In dieses Jahr gibt es mit dem 100. Geburtstag von $V(\lambda)$ und dem 60ten des 1964-Normalbeobachters gleich zwei Gründe, die Farbmessung zu unserer 40. DfwG-Jahrestagung zu würdigen. Vor diesem Hintergrund haben wir beschlossen, anstatt der Sitzungen der Arbeitsgruppen einen dreistündigen Farbmess-Workshop anzubieten. Getreu des Themas *Farbe Gestern, Heute & Morgen* unserer Festschrift zum 50. Jubiläum der DfwG, haben Hersteller von Farbmessgeräten die Möglichkeiten, diese Zeitreise zu präsentieren. Sie zeigen ihre ältesten Farbmessgeräte, ihre aktuellen Geräte und geben einen Ausblick auf zukünftige Produkte. Im Workshop wird den Teilnehmern die Vielfalt in der Farbmessungstechnik und Farbanwendung vor Augen geführt. Am Workshop wirken David Pryor (ColorLite GmbH, Katlenburg-Lindau), Joachim Hueber (MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH, Göppingen), Steffen Görlich (JETI Technische Instrumente GmbH, Jena), Henrik Folkerts (BYK-Gardner GmbH, Geretsried), Markus Barbieri (BARBIERI electronic, Brixen/ Italien), Felix Schmollgruber (X-Rite Europe GmbH, Regensdorf/ Schweiz), Albin Baranauskas (Techkon GmbH, Königstein), Udo Krüger (Techno-Team Bildverarbeitung GmbH, Ilmenau), und Tobias Schneider (Instrument Systems GmbH, München) mit.

100 Jahre $V(\lambda)$: Wie macht man eine erfolgreiche Helligkeitsempfindungsfunktion noch besser?

Tobias Schneider (Instrument Systems GmbH) – t.schneider@instrumentsystems.com

Im Jahr 2024 feiert der photometrische CIE 2°-Beobachter, besser bekannt als $V(\lambda)$ -Funktion, seinen 100. Geburtstag. Anlässlich dieses bemerkenswerten Jubiläums wirft der Vortrag einen Blick auf die Entwicklung der Photometrie seit der Geburtsstunde von $V(\lambda)$, ihren heutigen Stand und skizziert, angesichts aktueller Entwicklungen rund um die s. g. „Cone Fundamentals“, Zukunftsperspektiven für Photometrie und Kolorimetrie.

Das zunehmende wissenschaftliche Verständnis der menschlichen Lichtwahrnehmung spiegelt sich unter anderem in einem beständigen Anwachsen der mit $V(\lambda)$ begründeten Familie der „Normalbeobachter“ in den letzten 100 Jahren wider. In diesem Zusammenhang ist es wichtig die historische Doppelrolle des „Normalbeobachters“ $V(\lambda)$ zu verstehen. Zu Beginn seiner Karriere war $V(\lambda)$ die einzige international abgestimmte verfügbare Metrik zur Beschreibung des menschlichen Helligkeitsempfindens und so natürlicherweise zugleich „wissenschaftlich physiologischer“ und „messtechnisch normativer“ Normalbeobachter. In der Folge führte wissenschaftlicher Fortschritt zur Einführung weiterer Beobachter(systeme), die verschiedene Defizite von $V(\lambda)$ bzw. CIEXYZ bei der Beschreibung der menschlichen Seh wahrnehmung adressieren.

Normativ gab es dagegen keinen Grund $V(\lambda)$ als zentralen Teil des Anschlusses der Photometrie an das SI-Einheitensystem zu ersetzen, da die $V(\lambda)$ -basierte Photometrie die Kernaufgabe der Standardisierung, die Vergleichbarkeit von Messergebnissen zu garantieren, immer ausreichend gut erfüllt hat. Aus wissenschaftlicher Sicht hingegen werden $V(\lambda)$ und CIEXYZ nicht die Zukunft sein. Hier geht die Entwicklung seit längerem weg vom Konzept der „Normalbeobachter“ hin zu einem möglichst vollständigen parametrischen Modell der physiologischen Seh Wahrnehmung, das für geeignete Wahl der Parameter für (im besten Fall) beliebige Beleuchtungssituationen und Beobachtende eine zuverlässige Beschreibung der menschlichen Seh Wahrnehmung ermöglicht.

Die Basis eines solchen Systems bilden natürlicherweise die s. g. „Cone Fundamentals“, d. h. die Sinneszellen, in denen die elementare physiologische Farbwahrnehmung im Auge erzeugt wird. Ausgehend von den spektralen Empfindlichkeiten dieser drei, kurz mit L , M und S , bezeichneten Rezeptoren lässt sich im Prinzip ein vollständiges Modell der Lichttransmission und Absorption im menschlichen Auge und, daraus abgeleitet, der physiologischen Licht Wahrnehmung aufbauen. Die CIE hat in CIE170-1:2006 und CIE170-2:2015 die Grundzüge eines LMS -basierten parametrierbaren Modells beschrieben, das verschiedene bekannte Unzulänglichkeiten des CIEXYZ-Systems beheben kann, und mit CIE254:2024 eine Roadmap für dessen Weiterentwicklung und Anwendung, vor allem für die Farbwissenschaften, vorstellt.

Auch im Rahmen eines LMS -basierten Parametermodells werden in Zukunft per Konvention ein (oder mehrere) „XYZ“-Systeme (Sätze von Modellparametern) festgelegt werden müssen, die für den Vergleich von Messergebnissen sowie den Anschluss der Photometrie an das SI-Einheitensystem verwendet werden. Von einem wissenschaftlichen Standpunkt aus wäre es konzeptionell sinnvoll, hier ein „XYZ“-System zu definieren, das sowohl die Helligkeits- als auch die Farbwahrnehmung abdeckt. Wegen seiner bekannten wissenschaftlichen Unzulänglichkeiten ist es allerdings unwahrscheinlich, dass so ein System noch kompatibel mit $V(\lambda)$ wäre.

So stellt sich natürlicherweise die Frage nach der Zukunft der $V(\lambda)$ -Funktion: Auch für die nächsten 100 Jahre „business as usual“ oder zeichnet sich hier eine „midlife crisis“ oder gar der Renteneintritt ab?

Mit dieser Frage und den möglichen Risiken und Nebenwirkungen eines möglichen Systemwechsels weg von $V(\lambda)$, bzw. CIE XYZ, hin zu einem LMS -basierten Beobachtermodell beschäftigt sich der Vortrag „Von $V(\lambda)$ zu $V_F(\lambda)$: Risiken und Nebenwirkungen für Radiometrie, Photometrie und Kolorimetrie“.

Von $V(\lambda)$ zu $V_F(\lambda)$: Risiken und Nebenwirkungen für Radiometrie, Photometrie und Kolorimetrie

Christoph Schierz (TU Ilmenau) und Udo Krüger (TechnoTeam)
christoph.schierz@tu-ilmenau.de; Udo.Krueger@technoteam.de

Physiologische Aspekt spektral bewerteter Wahrnehmung (Christoph Schierz):

Ausgehend von der 1924 (damals als Provisorium) durch die CIE festgelegten spektralen Hellempfindlichkeitsfunktion $V(\lambda)$ wurden später weitere $V_x(\lambda)$ -Funktionen definiert, die Fehler im kurzwelligen Spektralbereich korrigierten oder die für skotopisches und mesopisches Sehen, für andere Sehfeldgrößen, für verschiedene Altersstufen von Personen oder für monochromatische Lichtquellen geeignet sind. Die neuste Entwicklung sind die 2015 von der CIE publizierten, aus Zapfen-Grundfunktionen basierten spektralen Hellempfindlichkeitsfunktionen („Cone-fundamental-based spectral luminous efficiency functions“) $V_F(\lambda)$ und $V_{F,10}(\lambda)$. Diese Funktionen sind Teil eines neuen Sets von Spektralwertfunktionen („colour matching function“) $\bar{x}_F(\lambda)$, $\bar{y}_F(\lambda)$, $\bar{z}_F(\lambda)$ bzw. $\bar{x}_{F,10}(\lambda)$, $\bar{y}_{F,10}(\lambda)$, $\bar{z}_{F,10}(\lambda)$ die eine neue, nicht mit dem alten System kompatible Farbmetrik definieren. Eine Umrechnung zwischen dem traditionellen farbmetrischen CIE-Normalbeobachter von 1931 (bzw. für 10°-Sehfelder von 1964) und den neuen Systemen ist nur möglich, wenn die zugrunde liegende Spektralverteilung bekannt ist, nicht aber allein aus den Farbwerten X, Y, Z („tristimulus values“) oder den Farbwertanteilen x, y („chromaticity coordinates“).

Die 2006 von der CIE publizierten Zapfen-Grundfunktionen $\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ und $\bar{s}(\lambda)$ beschreiben die spektralen Absorptionsgrade der drei Zapfentypen, multipliziert mit dem altersabhängigen spektralen Transmissionsgrad der Augenlinse und dem feldgrößenabhängigen spektralen Absorptionsgrad des gelben Flecks im Sehzentrum (der Makula). Aus den Zapfen-Grundfunktionen lassen sich durch Linearkombination sowohl neue photometrische als auch neue farbmetrische Normalbeobachter für 2°- bzw. 10°-Sehfelder berechnen, die bis jetzt erst mal für eine mittlere, 32-jährige, auf die Lichtart D65 adaptierte Person definiert wurden. Dadurch dass sowohl die Altersabhängigkeit der spektralen Linsentrübung als auch die Feldgrößenabhängigkeit der spektralen Makulatransmission bekannt sind, lassen sich zusätzlich für beliebige Kombinationen von Feldgröße und Altersgruppe weitere Beobachter definieren. Die Grundlage für die Zapfen-Grundfunktionen bilden die Farbgleichstudien von Stiles und Burch (1959) und neuere Untersuchungen von Stockman et al. (2000) an farbenblinden Testpersonen. Letztere gab es zwar bereits früher (z. B. 1886 durch König und Dieterici), aber es blieb unbekannt, wie weit die spektralen Zapfenempfindlichkeiten bei Farbenblinden mit denjenigen von Farbnormalsichtigen übereinstimmen. In den Studien von Stockman et al. konnte dies bei der Auswahl der Testpersonen anhand von Genanalysen sichergestellt werden.

Die Einführung einer neuen Photometrie und einer neuen Kolorimetrie wirft natürlich die Frage nach den Vor- und Nachteilen auf (siehe Vortrag von Tobias Schneider). Vorteile ergeben sich für wissenschaftliche Fragestellungen, insbesondere, wenn das Alter und/oder die Feldgröße variieren, sowie im kurzwelligen (blauen) Spektralbereich, da sich dort die größten Änderungen in den Funktionen zeigen. Für die Praxis mag die Einführung einer neuen Generation von Messgeräten zu aufwendig sein (siehe Teil Udo Krüger). Es ist daher sinnvoll, nicht

die alten Systeme durch die neuen ersetzen zu wollen, sondern die alten Systeme für besondere Fragestellungen und für wissenschaftliche Zwecke mit den neuen zu ergänzen.

Udo Krüger: Teil 2: Der Standpunkt der Metrologie

Nach einer kurzen Einführung in das Thema Messen von Licht und die Beschreibung der Rückführung im Bereich der Photometrie wird im Vortrag im Wesentlichen auf die Fragestellung eingegangen, welche praktischen Auswirkungen eine neue Standardwichtungsfunktion hat.

Das betrifft in erster Linie natürlich die Möglichkeiten der Messung, d. h. die Frage, wie könnte man die Messgeräte verändern bzw. welche Messprinzipien kann man wie anpassen? Auf der anderen Seite muss man natürlich auch die Frage stellen, wie groß die Veränderung der photometrischen und kolorimetrischen Messwerte beim Übergang auf eine neue Wirkfunktion ist?

Auf der Basis aktueller Modelle wird demgegenüber auch die Streuung der spektralen Empfindlichkeit innerhalb von Beobachtermodellen (sowohl im *LMS*-Farbraum als auch im *XYZ*-Farbraum) betrachtet und die daraus resultierenden Streuungen in photometrischen und kolorimetrischen Messwerten berechnet.

Fazit:

- Auch im Bereich der aktuellen Rückführungskette können Messungen mit der $V_F(\lambda)$ -Funktion (oder einer Reihe anderer Wichtungsfunktionen) bewertet werden, die entsprechenden Größen müssen nur sinnvoll bezeichnet werden (z. B. L_F) und erhalten als Einheit auch auf cd basierte Einheiten.
- Wichtungen mit $V_F(\lambda)$ führen zu 4-6% höheren photometrischen Werten und zu Differenzen in Farbkoordinaten $<0,01$ (für den x, y -Farbraum) bei der Vermessung weißer leuchtstoffbasierter LEDs.
- Ein Umstieg der Standardwichtungsfunktion von $V(\lambda)$ auf $V_F(\lambda)$ würde hingegen einen erheblichen technischen Aufwand erfordern und weitreichende Änderungen in der Rückführung bedeuten. Die Verwirrung in der Community ist auch sichergestellt, die durch die kleinen Änderungen in den Messwerten nicht gerechtfertigt werden kann.
- Für wissenschaftliche Anwendungen oder spezielle Aufgabenstellungen können aber jederzeit auch die neu vorgeschlagenen *LMS*-basierten Wichtungsfunktionen genutzt werden.

Diskussion: Neue, zapfenbasierte Farbmetriken? - Sicht der Teilnehmer

Andreas Kraushaar (Fogra) – Kraushaar@fogra.org

Im ersten Themenblock widmen wir uns einem kontroversen Thema, nämlich der neuen Zapfen-basierten Farbmetriken. Während Physiologen von der verbesserten Beschreibung des Sehsystems begeistert sind, warnen Vertreter der industriellen Anwendung vor großen Herausforderungen bei der praktischen Umsetzung - bis hin zum Verlust der Candela aus dem SI-System. Daher werden beide Perspektiven beleuchtet und eine anschließende Diskussion ermöglicht es allen Teilnehmern, sich ein umfassendes Bild über den aktuellen Stand sowie die Vor- und Nachteile einer *LMS*-basierten Farbmetriken zu machen.

Qualitätskontrolle mittels Farbmessstechnik in industriellen Anwendungen

Joachim Hueber (MICRO-EPSILON Eltrotec) – Joachim.Hueber@micro-epsilon.de

Die Farbmessung spielt eine entscheidende Rolle in vielen industriellen Anwendungen, da sie die Qualität und Konsistenz von Produkten sicherstellt. In Branchen wie der Automobilindustrie, der Lebensmittelverarbeitung, der Textilindustrie und der Oberflächenveredelung ist die präzise Farbkontrolle unerlässlich, um den hohen Standards und den Erwartungen der Kunden gerecht zu werden.

In der Automobilindustrie beispielsweise ist die Farbprüfung wichtig, um sicherzustellen, dass die Lackierungen und Oberflächenbehandlungen einheitlich sind und alle Anbauteile zueinander passen und ein ansprechendes Gesamtbild ergeben. Hersteller verwenden relative und absolute Farbmesssysteme, um die Farbgenauigkeit zu überprüfen und Abweichungen zu identifizieren, die während des Produktionsprozesses auftreten können. Dies hilft nicht nur, ästhetische Mängel zu vermeiden, sondern auch die Markenidentität zu wahren.

In der Lebensmittelindustrie ist die Farbmessung ebenfalls von großer Bedeutung. Die Farbe von Lebensmitteln kann ein Indikator für Rezeptur und Inhaltsstoffe sein. Unternehmen nutzen Farbmessgeräte, um sicherzustellen, dass die Produkte die gewünschten Farbstandards erfüllen, was sowohl für die Verbraucherakzeptanz als auch für die Einhaltung von Vorschriften entscheidend ist.

Die Farbgebung von Materialien wird aber auch zur Unterscheidung von einzelnen Produkten und Funktionen als Kennzeichnung genutzt. Hierbei wird mit Farbsensoren zum einen überprüft, ob die Farbe entsprechend richtig ist und zum anderen werden die Teile in gleichartige Verpackungen sortiert.

In Zeiten zunehmenden Umweltbewusstseins und steigender Rohstoffkosten wird die effiziente Nutzung von Ressourcen immer wichtiger. Präzise Farbsensoren sind eine innovative Lösung, um genau dieses Ziel zu erreichen. Durch den Einsatz von Farbsensoren kann die Materialverschwendung erheblich reduziert werden. Farbabweichungen und Fehlproduk-

tionen werden frühzeitig erkannt, sodass Produktionsabläufe effizienter gestaltet und Rohstoffe optimal genutzt werden können. Dies führt nicht nur zu einer Senkung der Produktionskosten, sondern leistet auch einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz.

Insgesamt ist die Farbmessung in industriellen Anwendungen ein unverzichtbares Werkzeug, das dazu beiträgt, die Qualität, Konsistenz und Ästhetik von Produkten zu sichern. Durch den Einsatz moderner Technologien und präziser Messmethoden können Unternehmen sicherstellen, dass ihre Produkte den höchsten Standards entsprechen und die Erwartungen der Kunden übertreffen.

Bewertung von OLED-Displays und Virtual-Reality-Technologie für präzisionskritische Sehexperimente

**Korbinian Kunst, David Hoffmann, Nestor Pavlovic, Weiliang Wang,
Tran Quoc Khanh (TU Darmstadt) – kunst@lichttechnik.tu-darmstadt.de**

Viele Experimente in der Sehwissenschaft erfordern eine präzise Kontrolle über die physikalischen, farbmtrischen und photometrischen Eigenschaften des präsentierten Lichts sowie den Kontrast der Objekte in der Szene. Um hochqualitative, kritische Wahrnehmungsstudien durchzuführen, muss sichergestellt werden, dass die verwendeten Displays für diese Experimente geeignet sind. In dieser Arbeit untersuchen wir einen OLED-Monitor (SAMSUNG GQ65S93CAT OLED 4K TV) und ein Virtual-Reality-Headset (HTC Vive Pro) mit OLED-Technologie auf ihre Eignung. Bewertet werden die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte, die Linearität der Leuchtdichte, die Unabhängigkeit und Additivität der Kanäle, die Kontrastverhältnisse (ein/aus und simultan), die Farbgenauigkeit, der Farbraum und die zeitliche Stabilität der Displays. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem minimalen lokalen Kontrast und der Frage, ob die Technologie in der Lage ist, nächtliche Autofahrten realitätsnah abzubilden. Die Ergebnisse sind vielversprechend: Einige kommerzielle OLED-Geräte scheinen geeignet und preisgünstig für viele präzisionskritische Wahrnehmungsexperimente zu sein. Allerdings beeinflussen spezifische Monitoreinstellungen das Verhalten des Displays kritisch, daher wird eine sorgfältige Kalibrierung nach wie vor dringend empfohlen.

Glanzstudien an metallischen Druckproben

**Carl Fridolin Weber (Heidelberger Druckmaschinen AG / TU Darmstadt)
carlfridolin.weber@heidelberg.com**

Im Rahmen meiner Dissertation wurde der Glanz metallisierter Oberflächen, die durch Drucken erzeugt wurden, untersucht. Zunächst wurden verschiedene Glanzmessgeräte auf ihre Eignung für Glanzmessungen im Kontext der Arbeit geprüft und miteinander verglichen.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Untersuchung, wie unterschiedliche Druckparameter den Glanz von Druckfarben mit Aluminiumpigmenten beeinflussen. Im Fokus standen hierbei

der Flexodruck und UV-härtbare Farben. Besonders der Einfluss des Zeitintervalls zwischen dem Drucken und der Härtung der Farben wurde untersucht, um zu analysieren, wie sich die gedruckten Schichten und damit auch der Glanz im Laufe der Zeit veränderten.

Zusätzlich wurden psychophysikalische Versuche zur Wahrnehmung des Glanzes von metallisch bedruckten Proben durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Proben sowohl Laien als auch Experten aus der Druckindustrie gezeigt. Es wurde untersucht, wie diese den Glanz, die Schärfe der Bildspiegelung und den metallischen Eindruck bewerteten und inwieweit sich diese Bewertungen in den gemessenen Werten widerspiegelten.

Moderne Appearancemessung am Beispiel des Rhopoint Aesthetix

Christian Dietz (Rhopoint Instruments Germany) – christian.dietz@rhopointinstruments.de

Der Vortrag befasst sich mit den neuesten Entwicklungen und Technologien zur Messung von Oberflächenqualität und visueller Erscheinung.

Unter dem Aspekt „Messen wie man sieht, und sehen, wie man misst“ wird das Rhopoint Aesthetix als innovatives Messgerät vorgestellt, das die visuellen Eigenschaften einer Oberfläche präzise erfassen kann. Neben klassischen Parametern wie Glanz und Haze bietet das Gerät erweiterte Messungen, die wichtige visuelle Effekte wie Welligkeit oder Sparkle genauer quantifizieren.

Diese Parameter sind entscheidend für die Wahrnehmung der Qualität von Oberflächen, insbesondere in Branchen wie der Automobilindustrie, der Kosmetik und der Kunststofftechnik.

Im Vortrag wird erläutert, wie das Rhopoint Aesthetix die optischen Eigenschaften von Oberflächen detailliert analysiert und wie diese Messungen dazu beitragen können, bestehende Qualitätsstandards zu optimieren. Zudem wird betont, wie die Kombination von verschiedenen Messgrößen eine ganzheitliche Bewertung der Oberflächenqualität ermöglicht.

Zusammenfassend zeigt der Vortrag den aktuellen Stand der Messgerätetechnik im Bereich der Oberflächenmessung und welche Herausforderungen in der Appearancemessung moderne Gerätschaften lösen können.

Appearance-Bestimmung im europäischen Kontext – Rückblick und Ausblick

Tatjana Quast (PTB Braunschweig) – tatjana.quast@ptb.de

Die zuverlässige Bestimmung der „visual appearance“ – des visuellen Erscheinungsbildes - ist eine Aufgabe, die für viele Anwendungsgebiete wichtig ist, u. a. in der Druck- und Papierindustrie, in der Automobilindustrie, für Textilien und Kosmetika, in der Lebensmittelindustrie,

Medizintechnik oder Computergrafik. Gleichzeitig ist diese Aufgabe hochkomplex, weil es sich um eine multidimensionale Messgröße handelt, die von zahlreichen Einflussfaktoren abhängt.

Um die notwendigen Messungen auf eine fundierte metrologische Basis zu stellen, gibt es seit 2012 ein europäisches Konsortium, das dieses Thema in fortlaufenden Projekten bearbeitet. In diesem Vortrag wird ein Überblick über die bisher erreichten Meilensteine dieser Projekte gegeben.

Eine Übersicht über das aktuell laufende Projekt „xD Diff – Multidimensional optical diffusion for the measurement of appearance“ zeigt, welche Fragenstellungen zur Bestimmung der Appearance momentan das Forschungsgebiet dominieren und welche Entwicklungen in Zukunft zu erwarten sind.

Weiterentwicklung der globalen Farbkommunikation für LED-basierte, UV-arme Abmusterbedingungen in der modernen Druck- und Medienproduktion

Andreas Kraushaar (Fogra) – Kraushaar@fogra.org

Die Farbspezifikation erfolgt in allen färbenden Industrien mit D65 oder D50 einschließlich des jeweils vorhandenen UV-Anteils. Die Farbkommunikation in der vorwiegend klein- und mittelständischen Druckindustrie hat mit der D50-basierten Farbmessung (M1, ISO 13655) und der D50-basierten Abmusterung (P1, ISO 3664) seit Jahren eine exzellente Übereinstimmung von Vorlage und Druck erreicht. Dies gilt auch für Oberflächen ohne optische Aufheller, die nicht auf den UV-Anteil im Mess- und Beobachtungslicht reagieren.

Die weltweite Umstellung von Leuchtstofflampen auf UV-freie LED-Technik in der Allgemeinbeleuchtung verändern derzeit die Art und Weise der Farbkommunikation in bisher nicht gekannter Qualität. Dies hat zur Folge, dass fluoreszierende Oberflächen, wie viele grafische Papiere mit optischen Aufhellern, deutlich weniger angeregt werden und somit in Innenräumen anders erscheinen als spezifiziert.

Die bevorstehende Normung einer weiteren Abmusterbeleuchtung neben D50 ohne UV-Anteil (D50noUV) stellt den gesamten Produktionsprozess vor viele Herausforderungen. Sowohl kleine Agenturen und Verlage als auch Druckdienstleister im Akzidenz-, Verpackungs- und Industriedruck stehen z. B. vor der Frage, wie sie ihre Prüfleuchten, Abstimmulte, Messgeräte, Workfloweinstellungen und Qualitätsvorgaben rechtzeitig umstellen bzw. anpassen können.

In diesem Vortrag werden die aktuell entwickelten Arbeitshilfen für den Umgang mit der neuen Lichtumgebung (D50noUV) vorgestellt. Ziel hierbei ist die Entwicklung eines praxistauglichen, international konsensfähigen und objektiven Bewertungssystems für D50noUV. Der Einfluss der Beleuchtung ohne UV-Anteil auf die Farbwirkung führt zu Anpassungen sowohl bei der Datenaufbereitung neuer Druckaufträge als auch bei bestehenden D50-basierten Workflows.

Von den optischen Eigenschaften der Materialien zum Rendering des Farbeindrucks im 3D-Druck

Alexander Kissel (ILM), Philipp Nguyen (ILM) und Julie Klein (Fogra) –
alexander.kissel@ilm-ulm.de, philipp.nguyen@ilm-ulm.de, Klein@fogra.org

Der graphische 3D-Druck hat das Ziel, die visuelle Erscheinung eines gedruckten Objekts möglichst genau nachzustellen. Um dies zu erreichen, spielen nicht nur die Farbe und die Geometrie eine wichtige Rolle, sondern unter anderem auch die Transluzenz. Die Drucker verwenden dafür verschiedenfarbige Grundmaterialien, neben den aus dem 2D-Druck bekannten Farben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz existiert auch ein transparentes und ein stark streuendes weißes Material. Im Druck wird das Objekt aus diesen Grundmaterialien zusammengesetzt, sowohl die Farbe als auch die Transparenz kann dadurch variiert werden. In solchen trüben Medien muss bei einer physikalisch korrekten Beschreibung die Volumenstreuung des Lichts beachtet werden.

Mit dem Fokus auf die Simulation dieser Lichtvolumenstreuung in heterogenen Materialien für den 3D-Druck wird ein IGF-Forschungsprojekt zusammen von dem Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik an der Universität Ulm (ILM), dem Fraunhofer IGD und der Fogra bearbeitet. Für einen Forschungs-Renderer werden die intrinsischen optischen Eigenschaften der Grundmaterialien verwendet, um die Erscheinung eines gedruckten Objekts zu rendern. In gängigen Design-Tools hingegen kann der Parameter Alpha, der mit den physischen Materialmessungen verbunden ist, für die Visualisierung verwendet werden.

In diesem Vortrag wird zuerst die Messung der optischen Eigenschaften vorgestellt und die Erkenntnisse über die mögliche Vorhersage der Eigenschaften bei einer Mischung von Materialien sowie die Alterung der Materialien erläutert. Mit dem komplett charakterisierten Set an Druckmaterialien ist es nun erstmals möglich, die Farbe eines komplexen heterogenen 3D-gedruckten Objekts auf rein physikalischer Basis vorherzusagen. Dies erfolgt über ein Rendering mittels Monte-Carlo-Simulation, deren Details erläutert werden. Die gerenderten Bilder wurden anschließend mit fotografierten 3D-gedruckten Proben verglichen und sind in der Farbe nicht mehr zu unterscheiden. Schließlich wird dieses Rendering aus dem Forschungs-renderer mit dem Rendering von gängigen Rendering-Software verglichen, sowohl für die Farbe als auch für die Transluzenz. In Zusammenarbeit mit der ETH Zürich entstand das Rhopoint ID, ein modernes, bildbasiertes Messsystem für die zuvor genannten und weitere Parameter der Transmissions-Appearance, wie Anisotropie oder Waviness. Darüber hinaus bietet die Technologie weitere Vorteile. Sei es bei der Charakterisierung des Abstandsverhaltens transluzenter Materialien für die Automatisierung oder die Übertragbarkeit der Werte zwischen Labor zur Inline-Messung.

Farbmetrische Wiedergabe von Leuchtdichte und Farbart von rgb*-Bildern auf SDR- und HDR-Displays durch ein TUB-Farbsehmodell

Klaus Richter (TU Berlin) – klaus.richter@mac.com

Die farbmetrische Darstellung der Leuchtdichte und Farbart des Originals ist ein Hauptziel der Fotografie. In der Regel ist eine relative farbmetrische Wiedergabe der Leuchtdichte ausreichend. Die Farbart ändert sich nicht mit der Leuchtdichte. Mit zunehmender Displayreflexion des Umgebungslichtes ändert sich auch die Farbart.

Ein weiteres Hauptziel ist die gleiche relative Stufung im Vergleich zum Original. Andernfalls fehlen wichtige Informationen. Zur Beschreibung der Bildqualität wird der Regularitätsindex g^* nach ISO/IEC 15775, Anhang G, vorgeschlagen.

In dieser Veröffentlichung wird eine physiologische s-förmige Rezeptor-Erregungsfunktion $F_{ab}(x_r)$ als Grundlage für das TUB-Farbsehmodell mit der logarithmischen relativen Leuchtdichte $x_r = (L/L_u)$ verwendet. Die Ableitung $F_{ab}(x_r)/dx$ der s-förmigen Erregungsfunktion $F_{ab}(x_r)$ erzeugt den Leuchtdichtekontrast $(L/\Delta L)$. Die Integration von $\left(\frac{L}{\Delta L}\right) dx$ erzeugt wieder die Erregungsfunktion $F_{ab}(x_r)$.

Zwischen dem Displayweiß W und dem Kopfweiß $P2$ (5fache Leuchtdichte im Vergleich zu W) erhöhen sich die Helligkeitsfunktionen L_{CIELAB}^* bzw. $L_{ITU-ISO}^*$ kontinuierlich. Die s-förmige TUB-Rezeptorerregungsfunktion $F_{ab}(x_r)$ ist jedoch durch eine Hyperbelfunktion begrenzt. Der zugehörige HDR-Kopfraum von maximal 20% ist sehr begrenzt im Vergleich zu 82% (*CIELAB*) und 72% (ISO 22028-5). Oberflächenfarben erscheinen nach ISO 22028-5 viel zu dunkel und erfordern Kinobetrachtung ohne Displayreflexion im Dunkelraum.

Zur visuellen Skalierung zwischen Schwarz N , Displayweiß W und Kopfweiß $P2$ (40 cd/m², 200 cd/m² und 1000 cd/m²) dienen TUB-Prüfvorlagen ähnlich ISO 9241-306, siehe z. B. unter <https://standards.iso.org/iso/9241/306/ed-2/AE49/AE49LONP.PDF> .

Berechnungen mit einer inversen Skalierung dienen zur gleichmäßig gestuften Ausgabe mit optimaler Bildqualität.

Dieser Veröffentlichung kann unter <http://farbe.li.tu-berlin.de/dislum25d.pdf> in Deutsch und unter <http://color.li.tu-berlin.de/dislum25e.pdf> in Englisch heruntergeladen werden.

HDR in der Praxis – Update zu Dateiformaten, Bildbearbeitung und Ausgabe

Florian Süßl (HS Berlin) – fsuessl@bht-berlin.de

Bei der DfwG-Jahrestagung 2023 standen im Hands-On-HDR-Workshop der AG Farbbildverarbeitung wichtige HDR-Begriffe und -Prinzipien und vor allem die Live-Demonstration von „High-Dynamic-Range“-Bildern bei der Ausgabe auf HDR-Displays im Mittelpunkt.

Der professionelle Einsatz von HDR-Bildern auf Webseiten und in mobilen Anwendungen scheitert zwar nach wie vor an der eingeschränkten HDR-Unterstützung durch die jeweiligen Betriebssysteme und Webbrowser. Aber es gibt wesentliche Fortschritte bei der Bearbeitung, Speicherung und Ausgabe von HDR-Bildern, die im Vortrag vorgestellt werden sollen.

Für den Praxiseinsatz besonders wichtig sind Verbesserungen der HDR-Unterstützung in Adobe Camera RAW und die Verfügbarkeit neuer hardwarekalibrierbarer HDR-Monitore von EIZO und ASUS, die für die Bearbeitung im professionellen Umfeld nötig sind.

Das aktuelle Apple-Betriebssystem macOS 14 erleichtert Software-Entwicklern von Anwendungsprogrammen die Implementierung der HDR-Darstellung von SDR-Bildern mit Gain-Maps durch die optionale betriebssystemseitige Konvertierung in HDR-Bilder mit der PQ-Transferfunktion und dem ICC-Profil ITU Rec.2020. Außerdem findet die Standardisierung der Gain-Map im TC 42 der ISO für das Tone-Mapping zwischen SDR- und HDR-Darstellung Eingang in Bilddatenformate wie JPEG XL, HEIC, AVIF und PNG.

Weitere HDR-Standardisierungsaktivitäten laufen beim International Color Consortium (HDR-ICC-Profile) und unter maßgeblicher Beteiligung von Adobe in der PDF association (HDR in PDFs).

Psychophysiologische Indikatoren der Wirkung von verschiedenfarbigen Lichtreizen

Lone Marleen Schindler (HAW Hamburg) – loneschindler@gmx.de

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde die psychophysiologische Wirkung von farbigen Lichtreizen (Rot und Blau) an 23 Versuchspersonen untersucht.

Aus der Literatur ist bekannt, dass rote und blaue Farbreize einen Einfluss auf das vegetative Nervensystem des Körpers haben. Bei Präsentation eines roten Lichtreizes stieg die Atemfrequenz der Testpersonen deutlich an und die Herzratenvariabilität nahm ab. Ein blauer Lichtreiz hingegen führte zur deutlichen Zunahme der Herzratenvariabilität. Diese physiologischen Reaktionen wurden mithilfe eines Elektrokardiogramms aufgenommen. Aus der Herzratenvariabilität und der Atemfrequenz kann auf sympathische (aktivierend) und parasympathische (erhaltend und erholend) Aktivitäten des vegetativen Nervensystems geschlossen werden.

Die Untersuchungen erfolgten in einem Versuchsraum mit weißen Wandflächen und einem Fenster (Auslassung in der Wandfläche) vorne in der Mitte. Zu diesem Fenster hin ausgerichtet

saßen die Versuchspersonen und betrachteten die beiden im Fenster dargebotenen Farbreize Rot und Blau. Diese wurden durch zwei Farb-Panele und einer Tageslichtleuchte erzeugt, die das Fenster von hinten beleuchteten. Dadurch entstand eine gleichmäßige Farbfläche mit den Testreizen Rot (634 nm Peak-Wellenlänge) und Blau (451 nm Peak-Wellenlänge). Rot und Blau wurden einzeln jeweils durch zwei Wiederholungen insgesamt drei Minuten dargeboten. Davor, dazwischen und zum Schluss fand eine neutrale Phase (weißes Licht mit einer ähnlichsten Farbtemperatur von 4758 K) statt. Die Darbietungsreihenfolge von Rot und Blau wurde für die Hälfte der Teilnehmenden getauscht. Im hinteren Bereich des Raumes befanden sich LED-Scheinwerfer, die die Helligkeit des Versuchsraumes erhöht haben, um den Helligkeitskontrast zwischen der Farbfläche und der weißen Wand zu verringern. Untersucht wurden insgesamt Beleuchtungsstärken am Auge von 50 lx bis 119 lx. Diese korrespondieren mit Leuchtdichten auf dem Fenster im Mittel zwischen 56 cd/m² und 164 cd/m².

Während der gesamten Reizdarbietungsdauer wurden mithilfe eines Elektrokardiogramms physiologische Daten (Herzratenvariabilität, Atemfrequenz und Respiratorische Sinusarrhythmie) bestimmt sowie durch die Self-Assessment-Manikin-Befragungsmethode psychologische Daten zur Bewertung der Emotionen (Zufriedenheit und Anspannung) erhoben.

In den Ergebnissen zeigen sich unter Berücksichtigung mehrerer Einflussfaktoren im Vergleich zum roten Lichtreiz beim blauen Lichtreiz tendenziell eine erhöhte parasympathische Aktivität und ein subjektiv entspannteres und zufriedeneres Wohlbefinden. Die Ergebnisse stimmen zum Teil mit denen aus früheren Untersuchungen überein.

Insgesamt ist zu sehen, dass die Darbietungsreihenfolge einen starken Einfluss darauf hat, ob sich Wirkungen aufgrund der verschiedenen Lichtreize zeigen. Zudem wird deutlich, dass die individuellen Konstitutionen der Versuchspersonen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen und dass es wichtig ist, so viele Einflussfaktoren wie möglich bei der Auswertung zu berücksichtigen. Außerdem spricht dieses Versuchsdesign insgesamt eher parasympathische als sympathische Reaktionen des Körpers der Versuchspersonen an.

Dieses Versuchsdesign kann unter Anpassung einiger Rahmenbedingungen ein geeignetes Mittel sein, um die Wirkung von farbigen Lichtreizen auf den Körper zu untersuchen. Durch weitere Versuche mit einer größeren Anzahl an Teilnehmenden können die hier tendenziellen Ergebnisse im besten Fall bestätigt werden. Dafür sind interdisziplinäres Zusammenarbeiten und eine transparente Darlegung der Versuchsbedingungen notwendig.

Warum ist die plasmonische Farbbildung ein Game Changer?

Kazim Hilmi Or (Hamburg) – hilmi.or@gmail.com

Zweck: Es gibt zwei herkömmliche Arten, wie Farben erzeugt werden: durch Pigmente und durch Licht selbst. Diese Art der Farberzeugung weist einige „klassische“ Eigenschaften auf. Plasmonische Farben haben einige Eigenschaften, die über dieses „klassische“ Farbwissen hinausgehen.

Methoden: Die Entstehung von Farben in Pigmenten, Licht- und plasmonischen Farben wird verglichen.

Ergebnisse: Bei Pigmentfarben werden von den einfallenden Lichtstrahlen nur die nicht absorbierten reflektiert. Die Kombination der reflektierten Elemente ergibt die Farbe der Oberfläche. Bei hellen Farben gibt es zwei Möglichkeiten: Erstens kann die Lichtquelle selbst eine bestimmte Farbe(n) haben. Die zweite Möglichkeit besteht darin, farbige Pigmentfilter zu verwenden, um die Farben herauszufiltern und nur die erwarteten Farben übrig zu lassen. In beiden herkömmlichen Systemen (Pigmente und Licht) kann es keine Lichtwellenlängen geben, die nicht in der Lichtquelle enthalten sind. Plasmonische Farben basieren auf der Resonanz von Oberflächenplasmonen. Oberflächenplasmonresonanz ist die Resonanzschwingung, die an der Grenzfläche zwischen dem Material mit negativer und positiver Permeabilität auftritt und durch die Anregung von Transmissionslichtelektronen in Metallen oder photonischen Kristallen mit einfallendem Licht verursacht wird. Somit können Farben ohne Pigmente und ohne die Notwendigkeit einer zusätzlichen Lichtquelle erzeugt werden. Vereinfacht ausgedrückt kann das Licht aus der Umgebung durch seinen Weg auf plasmonischen Oberflächen aus Metallatomen in seiner Wellenlänge verändert werden, wodurch neue Wellenlängen (Farben) entstehen, die im einfallenden Licht nicht enthalten sind. Diese plasmonischen Oberflächen sind meist einige wenige Atome/Moleküle dick. Plasmonische Farben werden seit über tausend Jahren als Glasmalerei in religiösen und anderen Gebäuden verwendet. In Buntglasfenstern werden einige Metallsalze verwendet, um bestimmte Wellenlängen des einfallenden Lichts zu blockieren. Die Farbe entsteht also ohne Pigmente. Es handelt sich um eine Technik, die mit nanotechnologischen Filtern, der Absorption und Streuung von Licht, durchgeführt wird. Dank des Einsatzes von Software und Nanotechnologie auf hohem Niveau kann sie heute zur Farbproduktion für viele verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Die Erzeugung von Bildschirmfarben mit plasmonischen Farben als Methode nutzt das Umgebungslicht anstelle von LED-Bildschirmen, die viel Energie benötigen. Weil sie das Licht aus der Umgebung nutzen, kann dies als Technologie der nahen Zukunft angesehen werden. Andererseits kommen Biosensoren mit Oberflächenplasmonenresonanzsystemen aufgrund ihres geringen Energiebedarfs zum Einsatz. Sogar Laser werden mit den plasmonischen Farben gebaut. Die Tatsache, dass zur Erzeugung plasmonischer Farben weniger Energie benötigt wird und keine Abfallpigmente entstehen, macht diese Methode umweltfreundlich.

Schlussfolgerungen: Die nanotechnologische Nutzung der plasmonischen Farbbildung ist ein Game Changer. Um Farben zu erzeugen, werden keine Pigmente benötigt und es fallen nur sehr wenige Abfallstoffe (Metallsalze) an. Die benötigten Oberflächen oder Schichten sind sehr dünne und stabiler als herkömmliche Systeme. Für die Herstellung wird viel weniger Energie benötigt.

From $L^*a^*b^*$ to RGB and back

Werner Rudolf Cramer (Münster) – wrcramer@muenster.de

Bewegt man sich in verschiedenen Farbräumen, so sind Besonderheiten und Einschränkungen beim Wechsel zu beachten. Das gilt insbesondere bei Anwendungen mit Interferenz- und Aluminiumpigmenten beispielsweise in Lacken oder Kunststoffen. Die Farbe und die Helligkeit dieser Pigmente ist winkelabhängig: Nahe am Glanz kann ihre Helligkeit sehr hoch sein und über der von Weiß liegen. Die Farbe ändert sich bei bunten Interferenzpigmenten in Abhängigkeit des Beleuchtungswinkels. Je nach Pigment kann diese Abhängigkeit und damit die Farbverschiebung unterschiedlich groß sein. Entfernt man sich von Glanznähe, so ändern sich die Farb- und Helligkeitswerte. Diese Eigenschaften sind bei der Umrechnung von $L^*a^*b^*/XYZ$ in RGB zu beachten, da sich mathematisch RGB -Werte ergeben können, die höher als 255 sind. Außerdem akzeptieren Softwareprogramme zur Umrechnung keine L^* -Werte höher als 100. Aus diesem Grund müssen die Ergebnisse der Umrechnungen der Farbwerte in RGB -Werte plausibel sein, damit die Abhängigkeit von der Beobachtungsgeometrie gleich bleibt.

Verschiedene Umrechnungen werden an Beispieldpigmenten gezeigt, deren Farben und Helligkeiten außerhalb des $sRGB$ - oder $AdobeRGB$ -Gamuts liegen. Einschränkungen werden aufgezeigt wie auch mögliche Lösungen. Beim Fotografieren solcher Pigmente entstehen keine schwarzen Löcher in der Aufnahme, die Bildinformationen werden automatisch in den $sRGB$ oder $AdobeRGB$ eingefügt. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch Interferenzpigmente sowohl für die Serien- als auch für die Reparaturlackierung im automobilen Bereich eingesetzt. Diese Pigmente basierten auf einem Glimmerplättchen als Trägermaterial, das mit einem starkbrechenden Metalloxid wie Titandioxid ummantelt war. Farbmetrisch wurde es wie Aluminium-pigmentierte Lacke mit dem damals neuen Messgerät gemessen, das nur einen Beleuchtungswinkel besaß.

Im Jahre 2000 wurde ein Unterausschuss des amerikanischen ASTM gegründet, der im Jahre 2008 eine „Standard Test Method for Multiangle Color Measurement for Interference Pigments“ herausbrachte, in der eine zweite Beleuchtung bei 15° sowie ein zusätzlicher Differenzwinkel von -15° definiert wurden. Die Basisgeometrien blieben dieselben wie im Jahre 1995.

Seitdem sind verschiedene neue Interferenzpigmente entwickelt worden, teilweise mit unterschiedlichen Trägermaterialien und teilweise auf Basis neuer Produktionsverfahren. Auch neue Interferenzpigmente, deren Farbverläufe auf Brechung basieren, „erblickten das Licht der Welt“. Obwohl hier ganz neue Effekte entstanden, wurden und werden diese Pigmente farbmetrisch mit den „alten“ Messgeometrien behandelt.

Hierbei geht das Prinzip, dass ich das messen möchte, was ich sehe, verloren (WYSIWYG). Die Pigmente (diffraktive Pigmente) besitzen einen Farbwechsel (Regenbogen) weniger in Abhängigkeit des Beleuchtungswinkels, sondern im Bereich von $\pm 35^\circ$ vom Glanzwinkel. Diesen Bereich erfassen die aktuellen portablen Messgeräte nicht.

Im Vortrag wird diese Problematik anhand von Versuchsbeispielen aufgezeigt.

Danksagung

Herzlichen Dank für die Übernahme von Studierendenpatenschaften für die Teilnahme von Studierenden und jungen Wissenschaftlern an der DfwG-Jahrestagung an die Firmen:

TechnoTeam
Bildverarbeitung GmbH



MICRO-EPSILON Eltrotec
GmbH



MIPA SE



Einladung

*Auf Wiedersehen zur DfwG-Jahrestagung 2025!
Die DfwG ist am 8. und 9. Oktober 2025 zu Gast
an der TU Dresden in der Sammlung Farbenlehre.*