

41. DfwG Jahrestagung 2025

7. – 9. Oktober 2025

Sammlung Farbenlehre an der TU Dresden
Bürogebäude Zellescher Weg (BZW) | Zellescher Weg 17 | 01069 Dresden



Programm und Kurzfassungen der Vorträge

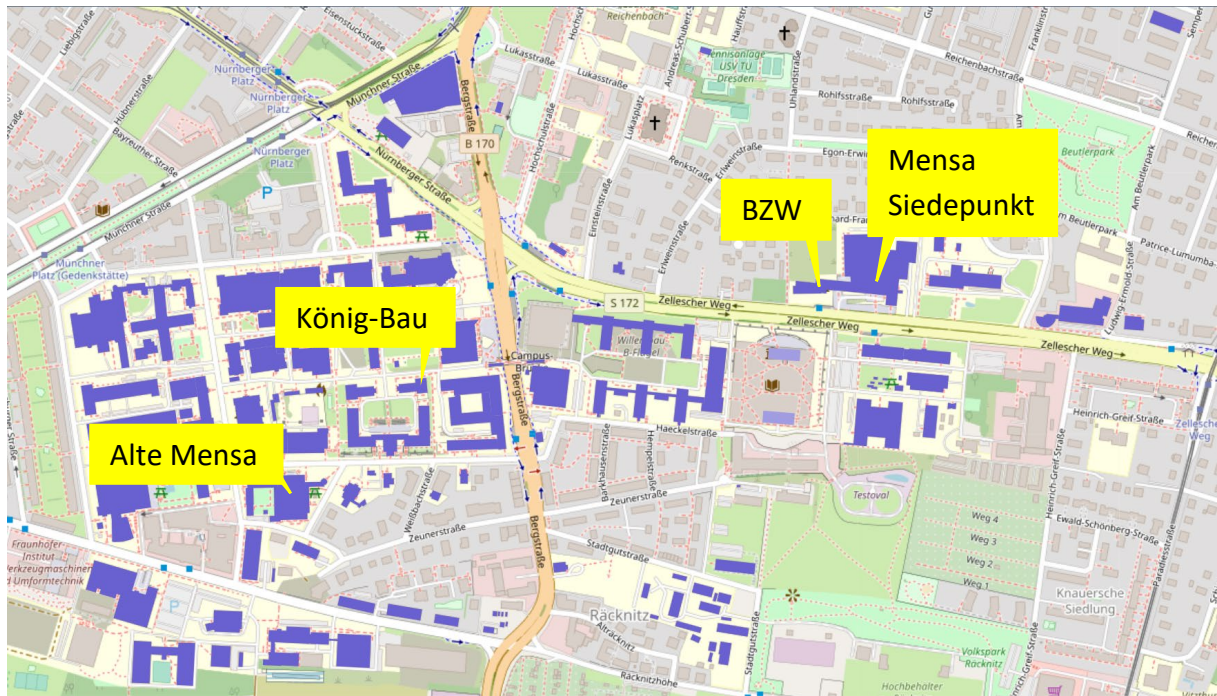
Inhalt

Programm der DfwG-Jahrestagung 2025.....	3
<i>Programm Mittwoch, 8. Oktober 2025</i>	<i>4</i>
<i>Tagesordnung der Hauptversammlung</i>	<i>5</i>
<i>Programm Donnerstag, 9. Oktober 2025.....</i>	<i>6</i>
Vortragskurzfassungen.....	8
Workshop: <i>Gleichabständige Farbstufung an Bildschirmen</i>	<i>8</i>
Workshop: <i>Farbsysteme in Architektur, Kunst und Gartengestaltung</i>	<i>9</i>
Farbe in Dresden. Lehre, Forschung und Vermittlung.....	9
Spektrale und lichttechnische Charakterisierung historischer Farbkataloge der TU Dresden am Beispiel „Baumanns Neue Farbtonkarte – System Prase Block No. 1“	9
Untersuchung einiger Materialien zu Wilhelm Ostwalds Farbenlehre.....	10
Lippenbekenntnisse – ich sehe Rot!.....	11
Vergleich von fünf Spektralphotometern für die Untersuchungen von Zahnmaterial <i>Comparison of five laboratory spectrophotometers used for dental material research</i>	<i>11</i>
Farbwechselmechanismen von Kopffüßern zur Entwicklung farbwechselnder Materialien .	12
Spektrale Optimierung von Licht- und Pigmentfarbmischungen zur gezielten Erzeugung von Metamerie-Effekten	13
Eine lineare CCT-Skala zur verbesserten Modellierung der Weißwahrnehmung in lichttechnischen Anwendungen.....	13
Sparkle – ein Flop?	14
Helmholtz-Reziprozität und Effektpigmente	15
LED-basierte Strahlungsquellen für die metrologische Anwendung in der Gonioreflektometrie.....	15
HDR in der Praxis – Farb- und Leuchtdichtemessung auf HDR-Displays, HDR und backlit-Print, Updates zu Anwendungsprogrammen und Dateiformaten	16
Entwicklung von gleichabständigen Farbreihen bei verschiedenen visuellen Beobachtungsbedingungen an Bildschirmen.....	17
Entwicklung eines prozessübergreifenden Verfahrens zur Bewertung der Druckqualität	18
Untersuchung unterschiedlicher Farbanpassungsstrategien bei der Reproduktion auf Medien mit unterschiedlichem Aufhelleranteil.....	18

Programm der DfwG-Jahrestagung 2025

7. bis 9.10.2025, | Sammlung Farbenlehre an der TU Dresden |

Bürogebäude Zellescher Weg (BZW) | Zellescher Weg 17 | 01069 Dresden | A017/ A251



Lageplan zur Orientierung in Dresden, im König-Bau (Bergstraße 66c) befindet sich die Historische Farbstoffsammlung, im Bürogebäude Zellescher Weg (BZW) die Sammlung Farbenlehre und die Kustodie



Bürogebäude Zellescher Weg (BZW) mit Sammlung Farbenlehre, Kustodie und Mensa Siedepunkt

Programm Mittwoch, 8. Oktober 2025

- 9:00 *Workshop:*
(1) Gleichabständige Farbstufung an Bildschirmen **Raum A251/252**
(2) Farbsysteme in Architektur, Kunst und Gartengestaltung

- 11:50 Führung in der Kustodie
 im BWZ



- 12:00 Registrierung/ Mittagessen Foyer A017

- 13:00 Eröffnung der DfwG-Jahrestagung
*Begrüßung durch DfwG-Präsidenten Dr. Andreas Kraushaar & Grußworte der
Gastgebers Prof. Ralf Weber (TU Dresden)*

Farbe in Architektur und Kunst

- 13:15 *Ralf Weber (TU Dresden)*
Farbe in Dresden. Lehre, Forschung und Vermittlung
- 14:00 *Lena Nicklaus (HTWK Leipzig)*
Spektrale und lichttechnische Charakterisierung historischer Farbkataloge der
TU Dresden am Beispiel „Baumanns Neue Farbtonkarte – System Prase
Block No. 1“
- 14:25 *Christoph Herm (HfBK Dresden)*
Untersuchung einiger Materialien zu Wilhelm Ostwalds Farbenlehre
- 14:50 *Werner Rudolf Cramer (Münster)*
Lippenbekenntnisse – ich sehe Rot!
- 15:15 *Kaffeepause*

Farbe interdisziplinär

- 15:40 *Friedrich Johannes Fleiner (UKR Regensburg)*
Vergleich von Spektralphotometern für die Untersuchungen von Zahnmaterial
- 16:05 *Kazim Hilmi Or (Hamburg)*
Farbwechselmechanismen von Kopffüßern zur Entwicklung farbwechselnder
Materialien
- 16:30 *Gruppenfoto & Pause*

Tagesordnung der Hauptversammlung

1. Genehmigung der Tagesordnung
2. Genehmigung des Protokolls der DfwG-Mitgliederversammlung am 9. Oktober 2024 (DfwG-Report 5/2024)
3. Bericht des Präsidenten
4. Ehrungen und Vergabe des DfwG-Förderpreises
5. Kassenbericht 2024 des Schatzmeisters (DfwG-Report 3/2025)
6. Bericht der Kassenprüfer (DfwG-Report 3/2025)
7. Bericht der Sekretärin
8. Entlastung des Vorstands für das Geschäftsjahr 2024
9. Wahl des Vorstands
10. Wahl der Kassenprüfer
11. Verschiedenes
 - Bericht zur CIE 2025
 - Anpassung der Beitragsordnung
 - Unterstützung für den wissenschaftlichen Nachwuchs
 - Tagungsorte für zukünftige Jahrestagungen
12. Termin und Tagungsort der nächsten Mitgliederversammlung

18:45 Ende der Mitgliederversammlung

19:30 Tagungsabend

BRAUEREIAUSSCHANK WATZKE am Goldenen Reiter

Hauptstraße 1 | 01097 Dresden



Programm Donnerstag, 9. Oktober 2025

Raum A251/252

Farbe in der Lichttechnik

- 9:00 *Malte Stiehl (HWK Hamburg)*
Spektrale Optimierung von Licht- und Pigmentfarbmischungen zur gezielten Erzeugung von Metamerie-Effekten
- 9:25 *Brandon Fobugwe (TU Darmstadt)*
Eine lineare CCT-Skala zur verbesserten Modellierung der Weißwahrnehmung in lichttechnischen Anwendungen
- 9:50 *Julian Klages (TU Darmstadt)*
Kulturelle Unterschiede in der präferierten Farbwiedergabe unter variierenden Adaptationsbedingungen: Vergleich zweier psycho-physikalischer Studien in Deutschland und China
- 10:15 *Kaffeepause*

Appearance - mehr als Farbe

- 10:15 *Werner Rudolf Cramer (Münster)*
Sparkle – ein Flop?
- 11:10 *Tatjana Quast (PTB Braunschweig)*
Helmholtz-Reziprozität und Effektpigmente
- 11:35 *Irina Santourian (PTB Braunschweig)*
LED-basierte Strahlungsquellen für die metrologische Anwendung in der Gonioreflektometrie
- 12:00 *Mittagessen und Führungen*



Historische Farbstoffsammlung (Führungen 12:30 Uhr & 13:15 Uhr je 15 Personen), König-Bau, Bergstraße 66c, Ein interessantes Video zur Sammlung ist hier zu sehen:

<https://tu-dresden.de/mn/chemie/die-fakultaet/farbstoffsammlung>



*Führung durch die Fachbereiche Restaurierung und Konservierung an der HfBK Dresden
13:15 Uhr bis 14:00 Uhr Hochschule für Bildende Künste Dresden (HfBK), Güntzstraße 34*

Farbe bei HDR und Druck

- 14:30 *Florian Süßl (HSB Berlin)*
HDR in der Praxis – Farb- und Leuchtdichtemessung auf HDR-Displays, HDR und backlit-Print, Updates zu Anwendungsprogrammen und Dateiformaten
Klaus Richter (TU Berlin)
Entwicklung von gleichabständigen Farbreihen bei verschiedenen visuellen Beobachtungsbedingungen an Bildschirmen
- 15:00 *Andreas Kraushaar, Nick Zhou (Fogra)*
Entwicklung eines prozessübergreifenden Verfahrens zur Bewertung der Druckqualität
- 15:25 *Moritz Feil (Fogra)*
Untersuchung unterschiedlicher Farbanpassungsstrategien bei der Reproduktion auf Medien mit unterschiedlichem Aufhelleranteil
- 15:50 Verabschiedung
- 16:00 Ende der Tagung

Vortragskurzfassungen

Workshop: Gleichabständige Farbstufung an Bildschirmen

Klaus Richter (TU Berlin), Thorsten Lemke (Lemkesoft), Florian Süßl (BHT Berlin), Steffen Görlich (JETI, Jena), Udo Krüger (TechnoTeam, Ilmenau)
klaus.richter@mac.com; lemke@lemkesoft.de, fsuessl@bht-berlin.de,
steffen.goerlich@jeti.com, udo.krueger@technoteam.de

Gleichabständige Grau- und Farbstufungen spielen bei der grafischen Gestaltung und auch bei der Bildwiedergabe eine große Rolle, etwa bei Tortendiagrammen, in denen unterschiedlich helle graue Felder aneinandergrenzen und deutlich voneinander unterscheidbar sein müssen, oder bei der Wiedergabe von Bildern mit bildwichtigen hellen oder dunklen Stellen. Werden beispielsweise dunkle Motivpartien zu stark abgedunkelt, erscheinen sie flächig schwarz, und Details gehen verloren.

Bei der Wahrnehmung der Abstufungen spielen neben der Helligkeitseinstellung des Bildschirms die Lichtverhältnisse eine große Rolle. Mit Helligkeitssensoren ausgestattete Laptops bieten deshalb eine automatische softwaregestützte Anpassung der Helligkeitswiedergabe an.

Um die Einstellungen selbst justieren zu können – etwa auf älteren Computern ohne Helligkeitssensoren oder wenn die Automatik nicht genutzt werden soll – konzipierte Klaus Richter Softwaretools, die eine manuelle Justage der Grau- und Farbabstufung „auf Sicht“ ermöglichen. Thorsten Lemke realisierte diese im DfwG-Workshop genutzten Programme unter den Namen „Output Linearization“, und „Gamma Adjuster“.

Anfangs nur für den gewöhnlichen Farbwertebereich (8 bit; 0 bis 255) und weit verbreitete SDR-Displays (Standard Dynamic Range) realisiert, unterstützt die im Workshop verwendete neue „Output Linearization“-Version auf geeigneten Displays auch den HDR-Bereich (High-Dynamic-Range). Damit könnte das Programm zukünftig auch für die Untersuchung der Helligkeitswahrnehmung oberhalb des auf Diffusweiß begrenzten Bereichs von CIELAB verwendet werden.

Im Hands-On-Workshop im Rahmen der AG Farbbildverarbeitung werden zuerst Einsatz und Handhabung der beiden Programme kurz vorgestellt. Anschließend können die Teilnehmer selbst gleichabständige Grau- und Farbreihen mit dem Programm „Output Linearization“ einstellen. Mit Blick auf Untersuchungen zur Gleichabständigkeit im HDR-Bereich (Erweitern der L^* -Kurve) werden zudem mit unterschiedlichen Messsystemen Lichtmessungen der erstellten Grau- und Farbreihen und des Umgebungslichts durchgeführt.

Die korrekte Durchführung und sinnvolle Bewertung der punkt- und orts aufgelösten Leuchtdichte- und Farbmessungen auf Displays ist sehr anspruchsvoll, weshalb die Display-Lichtmessung den zweiten Schwerpunkt des Workshops bildet.

Workshop: Farbsysteme in Architektur, Kunst und Gartengestaltung

Ralf Weber (TU Dresden) – farbe@mailbox.tu-dresden.de

Der Workshop geht der Frage nach, welche Rolle der systematische Umgang mit Farbwissen in den Künsten spielt – in Malerei, Architektur und Gartengestaltung. Wird Farbe auf der Leinwand, an einer Gebäudefassade oder in der Anordnung von Pflanzen primär durch subjektive künstlerische Vorlieben bestimmt, oder spielen übergeordnete Farbbordnungen und kompositorische Prinzipien eine Rolle?

Untersucht wird dabei, in welchem Maße Entwicklungen der Malerei auf Architektur und Gartengestaltung einwirken – und umgekehrt, wie architektonische oder gartenkünstlerische Gestaltungsweisen auf die bildende Kunst zurückwirken.

Der Beitrag beleuchtet die Relevanz farbkompositorischen Wissens in den genannten Disziplinen sowohl aus historischer als auch aus aktueller Perspektive.

Farbe in Dresden. Lehre, Forschung und Vermittlung

Ralf Weber (TU Dresden) – ralf.weber@tu-dresden.de

Die TU Dresden verfügt mit dem Schwerpunkt „Farbe“ über ein in Deutschland und Europa einzigartiges Profil. Im Zentrum steht das interdisziplinäre Programm Intensivwochen Farbe, das Architektur, Landschaftsarchitektur, Berufspädagogik, Design und Lehramt miteinander verbindet. Ziel ist es, Farbe in ihren gestalterischen, kulturellen und pädagogischen Dimensionen erfahrbar zu machen und sowohl in der Lehre als auch in der Forschung nachhaltig zu verankern.

Parallel zu diesem Lehr- und Forschungsprogramm wurde 2006 die Sammlung Farbenlehre gegründet, die seither kontinuierlich erweitert wird. Darüber hinaus bildet die Konferenzreihe Dresdner Farbenforum, die ein breites Themenspektrum rund um Farbe abdeckt, einen weiteren Fokus.

Diese drei Aktivitäten – Lehre, Sammlung und Konferenzen – bündeln sich zu einem klar profilierten Schwerpunkt „Farbe“. Perspektivisch soll dieser in einem gemeinsamen Gebäude auf dem zentralen Campus der TU Dresden verortet werden, um Lehre, Forschung und Vermittlung dauerhaft zu verknüpfen und sichtbar zu machen.

Spektrale und lichttechnische Charakterisierung historischer Farbkataloge der TU Dresden am Beispiel „Baumanns Neue Farbtonkarte – System Prase Block No. 1“

Lena Nicklaus (HTWK Leipzig) - lena.nicklaus@stud.htwk-leipzig.de

Die digitale Erfassung wissenschaftshistorischer Farboxponate stellt einen zentralen Schritt zur langfristigen Sicherung ihres informations- und kulturhistorischen Werts dar. Insbesondere moderne Messtechnologien eröffnen vielversprechende Möglichkeiten für die präzise, schonende und reproduzierbare Dokumentation solcher Exponate, die sich oftmals durch fragile und sehr unterschiedliche Materialeigenschaften auszeichnen. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit wurde die Eignung des

Mehrwinkel-Spektralphotometers MA-T12 in Kombination mit der Pantora-Software des Unternehmens X-Rite zur spektralen und lichttechnischen Erfassung historischer Farbexponate untersucht. Als Fallbeispiel diente die Farbtonkarte „Baumanns Neue Farbtonkarte – System Prase Block No.1“ aus der Sammlung Farbenlehre der TU Dresden. Das MA-T12 kombiniert zwölf Messwinkel mit einer integrierten Digitalkamera und wird aufgrund seiner Vielseitigkeit in industriellen Bereichen wie der Automobilindustrie eingesetzt.

Ziel der Arbeit war es, geeignete Messparameter zu identifizieren sowie die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu bewerten. Dazu wurden umfassende Messreihen unter variierenden Bedingungen durchgeführt, bei denen insbesondere der Einfluss von Untergrund, Umgebungslicht und Probenhomogenität untersucht wurde. Zusätzlich erfolgte eine Referenzmessung mit dem Spektrometer CAS 120 von Instrument Systems, um die spektralen Ergebnisse des MA-T12 einordnen zu können.

Der Vortrag gibt Einblick in die methodische Vorgehensweise und stellt zentrale Ergebnisse vor: Das MA-T12 erwies sich als leistungsfähiges Messsystem mit hoher Wiederholgenauigkeit, sofern die Farbflächen eine ausreichende Größe und Ebenheit aufweisen. Die erfassten Daten wurden in einem digitalen Archiv zusammengeführt, das künftig als Grundlage für farbmimetrische Analysen, Reproduktionen oder konservatorische Entscheidungen genutzt werden kann. Abschließend werden auch die Grenzen des Systems – insbesondere bei glänzenden, kleinen oder geometrisch komplexen Proben – kritisch beleuchtet.

Untersuchung einiger Materialien zu Wilhelm Ostwalds Farbenlehre

Christoph Herm (HfBK Dresden) – herm@hfbk-dresden.de

Wilhelm Ostwald (1856 – 1932, Nobelpreisträger) hat ab dem Jahr 1917 seine Farbenlehre vorgestellt und durch zahlreiche Materialien veranschaulicht und bekannt gemacht. Dazu zählen Materialien zur Farbenlehre (Farbkörper, Farbenatlas in verschiedenen Ausführungen), Farbnormen (in verschiedenen Ausführungen), künstlerisches Material (Farborgeln in verschiedenen Ausführungen, „Farbplatten“ und Malkästen) sowie Publikationen zur Farbenlehre (z.B. die „Farbenfibel“). Eine Sonderstellung nehmen Pastellstifte ein, mit denen Ostwald bereits ab 1902 experimentierte. In materieller Hinsicht kamen dafür zunächst mit Farbstoffen getränkte Papiere und später farbige Pigmentpulver zur Verwendung, die weitgehend von Ostwald und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern selbst hergestellt wurden. Aufgrund der Farbsättigung kam den synthetischen Farbstoffen bzw. Pigmenten eine besondere Bedeutung zu. Der Vortrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Ausführungen der Materialien. Von Interesse ist zum einen die Zusammensetzung der Materialien, die zunächst auf der Grundlage der Literatur vorgestellt wird. Eigene Analysen wurden an Pastellen, Farborgeln und Farbenfibel ausgeführt. Zum anderen spielte die Lichtbeständigkeit insbesondere der bunten Farbmuster schon zur Entstehungszeit eine große Rolle. Eigene Untersuchungen an Pulverorgeln und einer Farbfibel wiesen grundsätzlich eine hohe Lichtempfindlichkeit nach. Die vorgestellten experimentellen Ergebnisse beruhen auf Arbeiten von Sefkan Atak, Alexandra Bridarolli, Annegret Fuhrmann und Thomas Prestel.

Lippenbekenntnisse – ich sehe Rot!

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

Wenn man Personen Farben aus einem Farbkreis vorlegt und fragt, welche Farbe die Eigenschaft “natürlich” widerspiegelt, so wird fast immer das Grün dieses Farbkreises gewählt. Würde man den Farbkreis heller oder dunkler gestalten, so würde trotzdem das jeweilige Grün gewählt. So gibt es keine exakte Kombination von Farbe und Eigenschaft.

Aus diesem Grund habe ich eine Zusammenstellung von Rottönen erstellt, wobei ich sechs intensive Farben von Orangerot bis Pinkrot sowie deren Aufhellungen und Abdunklungen und ein Grau und ein Braun zusammengestellt habe. So mussten die Probanden auch bei “natürlich” ein Rot aus dieser Palette wählen. Insgesamt sollten die Probanden etwa 150 Eigenschaftsbegriffen einem Rot zuordnen. Zusätzlich wurden zahlreiche weitere persönliche Daten erfasst, wie Alter, Geschlecht, Präferenzen usw.

Die Fragebögen wurden in Deutschland, der Schweiz und Österreich verteilt. Insgesamt haben etwa 900 Personen am Test teilgenommen – manche mehrfach. Etwa 200.000 Daten kamen auf diese Weise zusammen. Viele bisherigen und heutigen Untersuchungen beruhen meist auf einer Handvoll an Testpersonen, die auch aus dem gleichen Kreis – Niveau, Lebensstil usw. – stammen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen sind nicht repräsentativ.

Die Auswertungen konnten sowohl bezogen auf die Eigenschaftsbegriffe als auch bezogen auf die persönlichen Daten durchgeführt werden. Es wurde außerdem ein Modell entwickelt, das unsere innere Einstellung mit unserer eigenen Außendarstellung vergleicht. Da keine Testperson zwischen den Eigenschaften und den vorgelegten Farben eine Verbindung erkannte, waren die Ergebnisse plausibel. Stereotype und allgemeine Vorstellungen blieben außen vor.

Vorgestellt werden ausgewählte Beispiele, die die unterschiedlichen und individuellen Einflüsse auf das Testergebnis darstellen. Diese Ergebnisse werden auch in die nächste Ausgabe der “Encyclopedia of color, dyes and pigments” als zusätzliches Kapitel einfließen.

Vergleich von fünf Spektralphotometern für die Untersuchungen von Zahnmaterial

Comparison of five laboratory spectrophotometers used for dental material research

Friedrich Johannes Fleiner, Martin Rosentritt (UKR Zahnärztliche Prothetik, Regensburg)
friedrich.fleiner@ukr.de

Purpose

The aim of the study was to investigate the comparability of different spectrophotometers regarding color readings of different dental materials.

Materials and methods

Five spectrophotometers (CM-3500d, CM-36dG, CM-5 (all Konica-Minolta, JP), Ci7800 (X-Rite, US), Datacolor Spectro 1050 (Datacolor, CH) were used to measure wavelength discrete spectral curves (max. range 360 – 780 nm) of four different dental materials (glass ceramic, denture base material,

titan, composite) in different settings (one side each and over black/light background for denture base material).

Each specimen (diameter = 1 cm, thickness = 2 mm) was measured stationary, three times per setting (n=6). Measurements followed standardized calibration protocols. CIE L*, a* and b* were calculated (D65/10°) to determine color differences (ΔE^*).

Statistics: Pearson correlation (PC), inter quartile range (IQR), t-test ($\alpha = 0.05$).

Results

Quantitative comparability was dependent on instrument combinations resulting in ΔE^* values between 1.2 ± 1.7 for DC 1050 vs. CM-36dG and 13.4 ± 5.8 for DC 1050 vs. CM-3500d. Significant linear correlations (PC > 0.9) between four individual instrument pairs were identified. As CM-3500d was identified as an outlier (IQR > 1.5), it was excluded for further analysis. ΔE^* values ranged between 2.7 – 7.5 (glass ceramic), 2.0 – 3.0 (denture base material), 4.2 – 7.5 (titan), and 2.6 – 3.2 (composite).

Farbwechselmechanismen von Kopffüßern zur Entwicklung farbwechselnder Materialien

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

Hintergrund:

Kopffüßer wie Tintenfische und Kraken sind für ihre außergewöhnliche Fähigkeit zum schnellen und kontrollierten Farbwechsel bekannt. Diese Fähigkeit dient vor allem der Tarnung und Kommunikation und beruht auf komplexen biologischen Strukturen. Das Verständnis dieser Mechanismen bietet wertvolle Impulse für die Entwicklung bioinspirierter Materialien mit dynamisch anpassbaren optischen Eigenschaften.

Methoden:

Eine selektive Literaturübersicht in IEEE Xplore, PubMed, CrossRef, Scopus, Google Scholar, Semantic Scholar und Web of Science unter Berücksichtigung von RCTs (Randomisierte kontrollierte Studien) und Metaanalysen ist durchgeführt worden. Diese Übersicht analysiert die physiologischen Grundlagen des Farbwechsels bei Kopffüßern, insbesondere die Rolle von Chromatophoren, Iridophoren und Leukophoren. Zudem werden aktuelle Forschungsansätze betrachtet, die diese biologischen Prinzipien technisch nachbilden, etwa durch die Entwicklung photonischer Beschichtungen, Polymerverbundstoffe und nanostrukturierter Materialien auf Basis von Reflectin-Proteinen.

Ergebnisse:

Die Untersuchung zeigt, dass die drei Zelltypen unterschiedliche Mechanismen zur Farbveränderung nutzen: Chromatophoren ermöglichen durch Muskelkontraktionen schnelle Farbwechsel, während Iridophoren und Leukophoren strukturelle Farbänderungen durch Lichtstreuung und -interferenz erzeugen. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden verschiedene biomimetische Materialien entwickelt, die ähnliche Anpassungsfähigkeiten aufweisen. Diese Materialien zeigen großes Potenzial in Bereichen wie adaptiver Tarnung, responsiven Displays und sensorischen Anwendungen.

Schlussfolgerungen:

Die biologischen Farbwechselmechanismen der Kopffüßer liefern eine wertvolle Grundlage für die Entwicklung innovativer, dynamischer Materialien. Die Verbindung von biologischem Verständnis und

materialwissenschaftlicher Umsetzung eröffnet vielfältige technologische Anwendungsfelder. Zukünftige Forschung wird sich auf die Optimierung der Funktionalität und Integration dieser Materialien in praktische Systeme konzentrieren.

Schlüsselwörter:

Kopffüßer, Farbwechselmechanismen, biomimetische Materialien, Chromatophoren, Strukturfärbung

Spektrale Optimierung von Licht- und Pigmentfarbmischungen zur gezielten Erzeugung von Metamerie-Effekten

Malte Stiehl (HWK Hamburg) – Malte.Stiehl@haw-hamburg.de

Metamerie – das Phänomen, dass spektral unterschiedliche Materialien unter bestimmten Lichtbedingungen farbgleich erscheinen – wird in technischen Kontexten meist als zu vermeidendes Problem behandelt. In der vorliegenden Bachelorarbeit wird hingegen ein entgegengesetzter Ansatz verfolgt: das gezielte Herbeiführen von Metamerieeffekten im Zusammenspiel mit einer multispektralen Lichtquelle für künstlerische Zwecke. Dabei werden die Bedingungen erforscht, unter denen sich farbgleiche Pigmentmischungen unter einer definierten Lichtfarbe bei wechselnden Spektren sichtbar verändern, ohne dass sich der wahrgenommene Farbtort der Lichtquelle selbst verändert.

Hierfür wurden zunächst 16 verschiedene Lichtmischungen erzeugt, die alle denselben Farbtort (etwa 4000 K bzw. $x = y = 0,38$) aufweisen, sich jedoch spektral deutlich unterscheiden. Diese Mischungen wurden mithilfe eines Optimierungsverfahrens unter Verwendung eines achtkanaligen LED-Scheinwerfers berechnet. Im nächsten Schritt wurden Pigmentkombinationen bestimmt, die unter einer dieser Lichtmischungen einen konstanten Farbtort aufweisen, unter anderen jedoch möglichst große Farbunterschiede zeigen.

Zur Berechnung kam die Zwei-Konstanten-Theorie nach Kubelka-Munk zum Einsatz, basierend auf zuvor ermittelten Absorptions- und Streukoeffizienten. Die Ergebnisse wurden mit dem gewichteten Metamerie-Index nach Nimeroff-Yurow sowie dem Farbabstand ΔE_{00} bewertet. Ziel der Arbeit ist es, für verschiedene Farbbereiche (z. B. Blau, Grün, Gelb, Rot) exemplarische Metameriepaare zu entwickeln und deren Farbverhalten unter unterschiedlichen spektralen Bedingungen messtechnisch zu analysieren. Die Ergebnisse sollen zur Erforschung neuer künstlerischer Darstellungstechniken beitragen, bei denen Farbveränderung als gezieltes Gestaltungsmittel eingesetzt wird.

Eine lineare CCT-Skala zur verbesserten Modellierung der Weißwahrnehmung in lichttechnischen Anwendungen

Brandon Fobugwe; Julian Klabes; Tran Quoc Khanh (TU Darmstadt)
fobugwe@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Weißer Lichtquellen werden häufig mit der ähnlichsten Farbtemperatur (Correlated Color Temperature, CCT) beschrieben. Die CCT-Skala ist jedoch nicht proportional zu den wahrgenommenen Farbabständen. Diese Nichtlinearität erschwert eine präzise Modellierung der Weißwahrnehmung und schränkt die Aussagekraft von Modellen auf Grundlage der CCT-Skala ein. Beim derzeitigen Stand der Forschung wird die Wahrnehmung von Weiß in der Regel in zweidimensionalen Farbräumen, wie z. B.

im CIE1976-Farbdigramm, modelliert. Es besteht der Verdacht, dass solche Modelle in einigen Fällen ungenau sind, insbesondere wenn die Datenbasis klein ist. Es stellt sich daher die Frage, ob es möglich ist, die CCT-Skala so zu transformieren, dass diese proportional zu den wahrgenommenen Farbabständen sind. Eine solche Linearisierung könnte eine präzisere Modellierung der CCT-Skala ermöglichen und damit deren Einsatz in praktischen Beleuchtungsanwendungen optimieren. Die vorgeschlagene Methode zur Linearisierung der CCT-Skala basiert auf einem Ansatz, der von der Histogrammegalisierung aus der Bildverarbeitung inspiriert ist. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass mit dieser Transformation eine Transformationsfunktion entwickelt werden kann, die eine gleichmäßige und wahrnehmungsgerechte Verteilung der weißen Farbreize ermöglicht. Diese Funktion kann auch für die Planung und Durchführung von Beleuchtungsexperimenten von großem Nutzen sein.

Kulturelle Unterschiede in der präferierten Farbwiedergabe unter variierenden Adaptationsbedingungen: Vergleich zweier psychophysikalischer Studien in Deutschland und China

Julian Klables; Brandon Fobugwe; Tran Quoc Khanh (TU Darmstadt)

klables@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Ziel dieser Arbeit ist es, kulturelle Unterschiede in der präferierten Farbwiedergabe bei künstlicher Beleuchtung unter unterschiedlichen Adaptationsbedingungen zu untersuchen. Hierzu wurden zwei kontrollierte psychophysikalische Probandenstudien durchgeführt: Eine in Deutschland (Darmstadt) mit Variation der Adaptationsbeleuchtungsstärke (50, 500, 5000 lx - bei konstanter CCT), und eine in China (Wuhan) mit Variation der CCT (3200, 4500, 6500 K bei konstanter E_v).

Beide Studien nutzten ein entkoppeltes Beleuchtungssystem mit getrennt steuerbarer Adaptations- und Objektbeleuchtung, um gezielt optimierte Chroma- und Hue-Verschiebungen von Testobjekten darzustellen. Die subjektiven Präferenzbewertungen wurden für vier TM-30-Farbtonbereiche (1: Rot, 4: Gelb, 6: Grün, 12: Blau) erhoben und die allgemein präferierte Wiedergabe mittels bivariater Gaußfunktionen modelliert.

Diese methodisch konsistente Herangehensweise ermöglicht eine kulturübergreifende Analyse bevorzugter Farbdarstellungen in Abhängigkeit der Adaptationsbedingungen und liefert eine Grundlage für die Entwicklung kontextsensitiver Bewertungsmetriken und nutzerorientierten Beleuchtungslösungen.

Sparkle – ein Flop?

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

Ende der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts entwickelte DuPont ein laborinternes Messgerät für Metallics, die damals mehr und mehr in der Autoserienlackierung eingesetzt wurden. Dieses "DuPontmac" besaß eine Beleuchtung bei 45° und Messwinkel bei 15°, 45° und 110° vom entsprechenden Glanzwinkel. Mit diesen Winkeln und den entsprechenden Helligkeitswerten stellte David H. Altman den Flop-Index auf. Hiermit wollte er das Verhalten der Metallics beschreiben. Allerdings sagt das Resultat dieser Formel nichts über die Pigmente – hier insbesondere über Aluminiumpigmente – aus,

da der Wert von vielen Faktoren der Applikation abhängt, sowohl vom Applikationsmaterial als auch von der Applikationsmethode.

Ähnlich verhält es sich mit den Sparkle-Werten. Auch diese sind keine physikalischen Messwerte, sie spiegeln nur unsere Empfindung wider.

Anfang der 2000er Jahre veröffentlichte Merck ein neues Weißpigment auf der Basis von Alumina. Aufgrund fehlender Kenntnisse konnten die Farbspezialisten der Autoindustrie dieses neue Pigment nicht farbmetrisch charakterisieren. Deshalb wurde die Arbeitsgruppe TARBAM gebildet, die eine Sparkle-Bestimmung festlegen sollte. BYK hat diese Bestimmung mit Hilfe von S/W-Fotos durchgeführt, wobei aus baulichen Gründen die drei Beleuchtungswinkel – die Kamera ist in der Normalen platziert – auf beiden Seiten der Normalen untergebracht sind. Wir haben ein Instrument gebaut, welches unter fünf Winkeln beiderseits der Normalen beleuchten kann.

Zur Einführung des neuen Pigmentes wurde die Idee einer BRDF-Berechnung veröffentlicht. Diese Idee wurde einige Jahre später kopiert und von anderen Instituten vorgestellt. Die BRDF-Berechnung und auch die BYK-Sparklewerte sagen über den Sparkle aber nichts aus, denn dieser ist wie der Flop-Index von vielen, nicht erfassten Faktoren abhängig. Vorgestellt werden mehrere Beispiele, wie die Applikationsmaterialien und -methoden Einfluss nehmen.

Helmholtz-Reziprozität und Effektpigmente

Tatjana Quast, Kai-Olaf Hauer (PTB Braunschweig) – tatjana.quast@ptb.de

Ein grundlegendes Prinzip bei der Reflexion von Licht an einer Oberfläche ist die Helmholtz-Reziprozität. Vereinfacht gesagt bleibt die Reflexionscharakteristik einer Oberfläche unverändert, wenn man die Richtung des einfallenden und reflektierten Lichts austauscht. Ist die Helmholtz-Reziprozität erfüllt, kann man die Reflexionseigenschaften also sowohl in einer bestimmten als auch der inversen Geometrie messen und erhält in beiden Fällen das gleiche Ergebnis.

Goniochromatische Effektpigmente weisen eine stark winkelabhängige Reflexionscharakteristik und winkelabhängigen Farbeindruck auf. Zu deren Charakterisierung werden typischerweise Multigeometrie-Messgeräte verwendet, um diese Eigenschaften zu erfassen. Die dafür empfohlenen Geometrien sind in verschiedenen Normen festgelegt. Ob allerdings die ursprünglichen oder inversen Geometrien genutzt werden, hängt von dem jeweiligen Multigeometrie-Messgerät ab.

Inwiefern bei der Reflexionsmessung solcher Pigmente die Helmholtz-Reziprozität erfüllt ist, wird in diesem Beitrag diskutiert. Es wird anhand einiger Beispieldpigmente gezeigt, welche Abweichungen zwischen ursprünglicher und inverser Geometrie auftreten können und welchen Farbdifferenzen diese entsprechen. Zum Vergleich werden auch Messungen an nicht-goniochromatischen farbigen Reflexionsnormalen präsentiert.

LED-basierte Strahlungsquellen für die metrologische Anwendung in der Gonioreflektometrie

Irina Santourian (PTB Braunschweig) – irina.santourian@ptb.de

Mit dem technischen Fortschritt in der LED-Technologie erschließen Leuchtdioden zunehmend neue Anwendungsfelder und werden Teil von anspruchsvollen messtechnischen Aufgaben. Hier wird ein

Einblick in die Promotionsarbeit „LED-basierte Strahlungsquellen für die metrologische Anwendung in der Gonioreflektometrie“ gegeben und die Entwicklung, Charakterisierung und Integration eines LED-basierten Kugelstrahlers (LED Sphere Radiator, LED-SR) in das robotergestützte Gonioreflektometer der PTB vorgestellt. Im Fokus stehen die spektrale Abdeckung (360–430 nm), die zeitliche Stabilität sowie die Homogenität des Strahlungsfeldes. Vergleichsmessungen mit einem konventionellen Halogen-Kugelstrahler zeigen das Potenzial des LED-SR insbesondere im UVA-Bereich.

Ein detailliertes Unsicherheitsbudget gemäß GUM wird für Messungen des absoluten spektralen Strahldichtefaktors exemplarisch anhand keramischer Proben analysiert. Darüber hinaus ermöglicht die hohe Strahlungsleistung des LED-SR weitere Einsatzmöglichkeiten, wie erstmals aufgrund des verbesserten Signal-Rausch-Verhältnisses in diesem Messaufbau durchführbare Fluoreszenz- und Polarisationsuntersuchungen unterhalb von 430 nm. Weitere Anwendungen, wie der gepulste Betrieb und die spektrale Erweiterbarkeit, unterstreichen die Vielseitigkeit und Modularität dieser neuen Strahlungsquelle für das Gonioreflektometer.

HDR in der Praxis – Farb- und Leuchtdichtemessung auf HDR-Displays, HDR und backlit-Print, Upates zu Anwendungsprogrammen und Dateiformaten

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

Der erste Teil des Vortrags widmet sich grundsätzlichen Herausforderungen bei HDR-Farb- und Leuchtdichtemessungen, insbesondere Messungen auf Displays. Die HDR-Darstellung erzeugt deutlich höhere Leuchtdichten, wodurch kamera- und objektivabhängige Effekte wie Streulicht und Spiegelungen im Objektiv verstärkt werden. Diese Effekte können die Messergebnisse erheblich verfälschen. Hinzukommen kommen spezifische Eigenschaften von HDR-Displays: Je nach Größe und Anzeigedauer verringern diese die Leuchtdichte heller Bildbereiche – trotz identischer Ansteuerung der Farbwerte – um eine Überlastung zu vermeiden. Dies erschwert insbesondere die Reproduzierbarkeit bei Wiederholmessungen und damit die metrologische Bewertung von HDR-Inhalten.

Für den Druckbereich scheint auf den ersten Blick Ähnliches zu gelten wie für SDR-Displays: Aufgrund fehlenden Headrooms erscheint eine HDR-Darstellung nicht möglich. Es gibt jedoch eine interessante Nischenanwendung, die HDR-Effekte im Druck erlaubt: hinterleuchtete Drucke (Backlit-Prints), wie sie beispielsweise auf Messen eingesetzt werden. Die zentrale Herausforderung besteht darin, dass aktuelle Druck-Workflows keine HDR-Inhalte unterstützen – weder bei der Erstellung noch bei der Ausgabe der Druckdaten. Deshalb gibt es auch noch keine etablierten Methoden für das Tone-Mapping zu SDR- und unterschiedlichen HDR-Ausgabebedingungen. Professionelle Druckanwendungen basieren auf PDF-, bzw. PDF/X-Datenformaten sowie ICC-Colormanagement in der Version 4. In diesen Standards ist der für HDR typische Headroom zwischen dem diffusen Referenzweiß herkömmlicher Bilddaten und der Spitzenhelligkeit (Peak White) von HDR-Inhalten noch nicht definiert.

Im Gegensatz dazu wird auf Webseiten und in mobilen Anwendungen der professionelle Einsatz von HDR-Inhalten bald standardmäßig möglich sein. Denn mit der Einführung von HDR in allen OS26-Betriebssystemen schafft Apple die Grundlage dafür, dass HDR-Inhalte mit den Apps und Anwendungsprogrammen auf HDR-fähigen Apple-Geräte ausgegeben werden können. Die konsequente HDR-Unterstützung im führenden mobilen Betriebssystem Android dürfte folgen. Zudem ist im ISO TC 42 die Arbeit am HDR-Standard ISO/CD 22028-5 (HDR und WCG, Wide Colour Gamut) weit fortgeschritten

und ISO 21496-1 (Gain Map) wurde bereits veröffentlicht – wichtige Voraussetzungen für eine einheitliche Implementierung von HDR.

Entwicklung von gleichabständigen Farbreihen bei verschiedenen visuellen Beobachtungsbedingungen an Bildschirmen

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

1. Komplementäre Bildschirmfarben und TUBLIN-Metrik für chromatische Adaptation.

Die Bildschirmprimärfarben RGB und CMY sind komplementär. Diese antagonistischen Farben haben im TUB-Modell des Farbensehens besondere Eigenschaften. Zum Beispiel beschreibt eine lineare TUBLIN-Metrik die chromatische Adaptation der komplementären Ostwald-Farben an die Leuchtdichte und Farbart (D65, D50, A) von Bildschirmweiß, s. <https://farbe.li.tu-berlin.de/igk4/igk41-7n.pdf>

2. Qualitätserniedrigung der Bildschirmfarben sowohl durch Reflexion des weißen Umgebungslichts als auch durch Streuung in den Augenmedien

Alle Bildschirmfarben am ergonomischen Arbeitsplatz nach ISO 9241-306 werden mit 4% Reflexion des weißen Umgebungslichtes gemischt. Ein Regularitätsindex $0 \leq g^* \leq 100$ nach ISO 15775 kennzeichnet die Ausgabequalität der angestrebten gleichabständigen Stufung. Die Qualität von $g^* = 100$ ohne Reflexion erniedrigt sich auf $g^* = 71$ für 4% Reflexion.

3. Simulation von 15 Qualitätsstufen auf 16 oder nur einer Seite in zwei pdf-Dateien

Zwei Dateien simulieren die Farbänderung auf 16 Seiten oder nur einer Seite, siehe <https://standards.iso.org/iso/9241/306/ed-2/AE49/AE49L0NP.pdf> oder <https://farbe.li.tu-berlin.de/ign8/ign8l0np.pdf>

Die Änderung wird durch Potenzfunktionen mit 15 verschiedenen Werten Gamma beschrieben. Am ergonomischen Arbeitsplatz erscheint in der Regel die Ausgabe mit dem gestrichelten roten Rand und dem relativen Gammawert $g_r = 0,775$ gleichabständig.

4. Qualitätserhöhung mit Software GammaAdjuster

Die Software GammaAdjuster erzeugt mit dem inversen Gammawert $g_i = 1/0,775 = 1,3$ die gleichabständige Ausgabe für die Normdatei nach ISO 9241-306. Die Qualität steigt von $g^* = 71$ auf $g^* = 97$ für die Normdatei mit dem roten Rand.

5. Qualitätserhöhung mit Software OutputLinearization

Eine Software OutputLinearization erzeugt eine individuelle gleichabständige Stufung. Zum Beispiel Änderungen im Workflow von der Datei bis zur Ausgabe oder durch zunehmende Reflexion in den Augenmedien mit dem Alter des Beobachters werden ausgeglichen. Die Qualität steigt immer von nahe $g^* = 71$ für 4% Reflexion auf nahe $g^* = 97$ für alle Beobachtungsbedingungen, zum Beispiel für aneinandergrenzende Farben wie in CIEDE2000 anstelle separater Farben wie in CIELAB. Die Anwendung der Software OutputLinearization erzeugt eine visuell gleichabständige Stufung, zum Beispiel für Adaptation an das Weiß der SDR-Leuchtdichte 142 cd/m^2 oder das Spitzenweiß der HDR-Leuchtdichte 1000 cd/m^2 nach ISO 22028-5:2023.

Ein Beobachter erzeugt mit der Software Output Linearization neun gleichabständige Stufen der Reihe Schwarz N – Weiß W durch Variation der rgb-Werte zwischen 0 und 1. Diese w-Metrik mit Daten $w = r = g = b$ gilt auch angenähert für 12 andere Reihen N-RGBCMY und RGBCMY-W. Zum Beispiel die

Reihe N-R mit den Werten $(r,0,0)$ und $0 \leq r = w \leq 1$ erscheint mit der w-Metrik gleichabständig, siehe <https://farbe.li.tu-berlin.de/igp6/igp61-6a.pdf> Siehe <https://farbe.li.tu-berlin.de/tubws25d.pdf> für weitere Information,

Entwicklung eines prozessübergreifenden Verfahrens zur Bewertung der Druckqualität

Andreas Kraushaar, Nick Zhou (Fogra) – kraushaar@fogra.com

Der Vortrag berichtet über ein abgeschlossenes IGF-Projekt. In diesem Projekt wurde eine einheitliche, modulare Bewertungsmethode entwickelt. Mithilfe dieser Methode können aus den Farbwerten des Druckkontrollstreifens empfindungsgemäße, eindimensionale Qualitätsindizes von 0 bis 100 berechnet werden. Die Methode basiert auf dem vierfarbigen Offset- und Digitaldruck und wurde Ende 2024 als ISO-Projekt eingebracht, daher der Kurzname „ISO-Score“. Dazu wurden unterschiedliche Bewertungsmethoden implementiert und mit experimentellen und synthetischen Datensätzen verglichen.

Auf Basis der Untersuchung unterschiedlicher Einflussgrößen wurde auf die Verwendung der densitometrischen Tonwertzunahme verzichtet und neben den Farbwerten ausschließlich die kolorimetrische Tonwertzunahme (CTV) verwendet. Somit können unterschiedliche Messbedingungen (z. B. mit und ohne POL-Filter) oder auch Spektralmessungen vermieden werden. Für die Berechnung genügen die CIELAB-Farbwerte einer Messbedingung. Dies ist beispielsweise bei der Erstellung einer Bewertung auf Basis eines ICC-Profiles hilfreich.

Um eine einfache Implementierung zu ermöglichen, wurden Tonwertfelder verwendet, die in fast allen praxisüblichen Kontrollstreifen vorkommen. Optional können auch Tonwertfelder in die Berechnung integriert werden.

Das Auswerteverfahren und die erstellte Webanwendung erlauben die Umrechnung jedes proprietären Index in den neuen „ISO-Index“. Dadurch können Kunden die Scorewerte verschiedener Lösungen miteinander vergleichen.

Untersuchung unterschiedlicher Farbanpassungsstrategien bei der Reproduktion auf Medien mit unterschiedlichem Aufhelleranteil

Moritz Feil; Andreas Kraushaar (Fogra) – feil@fogra.com

Mit dem Ziel, die Regeln für eine empfindungsgemäße Farbtransformation zwischen einer OBA-freien bzw. -armen Vorlage und einer OBA-haltigen Nachstellung zu entwickeln, werden in diesem IGF-Projekt etablierte Farbanpassungsstrategien getestet. Die Grundidee dieser Anpassungsstrategie ist die Annahme des Farbortes, den der Nutzer unter den konkreten Bedingungen als perfekt weiß und farbstichfrei empfindet, also den Bereich seines Sehfeldes, auf den er sich adaptiert hat.

Eine üblicherweise vorgenommene Farbangleichung ist insbesondere für helle Farben nicht möglich. Der Farbunterschied zwischen einer neutralen Referenz (z. B. CIELAB: 95, 0, -2) und einem aufhellertypischen Auflagenpapier (z. B. CIELAB: 95, 3, -14) ist nicht zu überwinden. Es gilt also, eine Umsetzung zu erzielen, die trotz hoher und unvermeidbarer DE-Farbabstände, insbesondere im Papierton, eine möglichst ähnliche und neutrale Farbnachstellung ermöglicht.

Der Vortrag berichtet über aktuelle Zwischenergebnisse beim Vergleich unterschiedlicher Algorithmen. Der Fokus liegt hierbei auf der Umsetzung der Graubalanceerhaltung samt der Farben, die im Farbumfang des Zielgamuts enthalten sind. Dies ist in den hier verwendeten Profile-Makern jeweils ein Parameter mit unterschiedlichen Ausprägungen. Die konkrete Einstellung wird bei der Berechnung der perzeptiven Umrechnungstabellen berücksichtigt, die bei der späteren Profilanwendung und der Wahl des Rendering Intents zum Einsatz kommen. Zusätzlich werden Experimente vorgestellt, die zeigen, wie Probanden ausgewählte Farben auf einen Bedruckstoff mit hohem Aufhelleranteil umsetzen. Abschließend werden Modellansätze präsentiert, die eine solche empfindungsgemäße Bewertung in Abhängigkeit des Aufhelleranteils des Zielmediums ermöglichen.

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



Proof GmbH



This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

1. Oktober 2026 zu Gast an der TU Darmstadt.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT