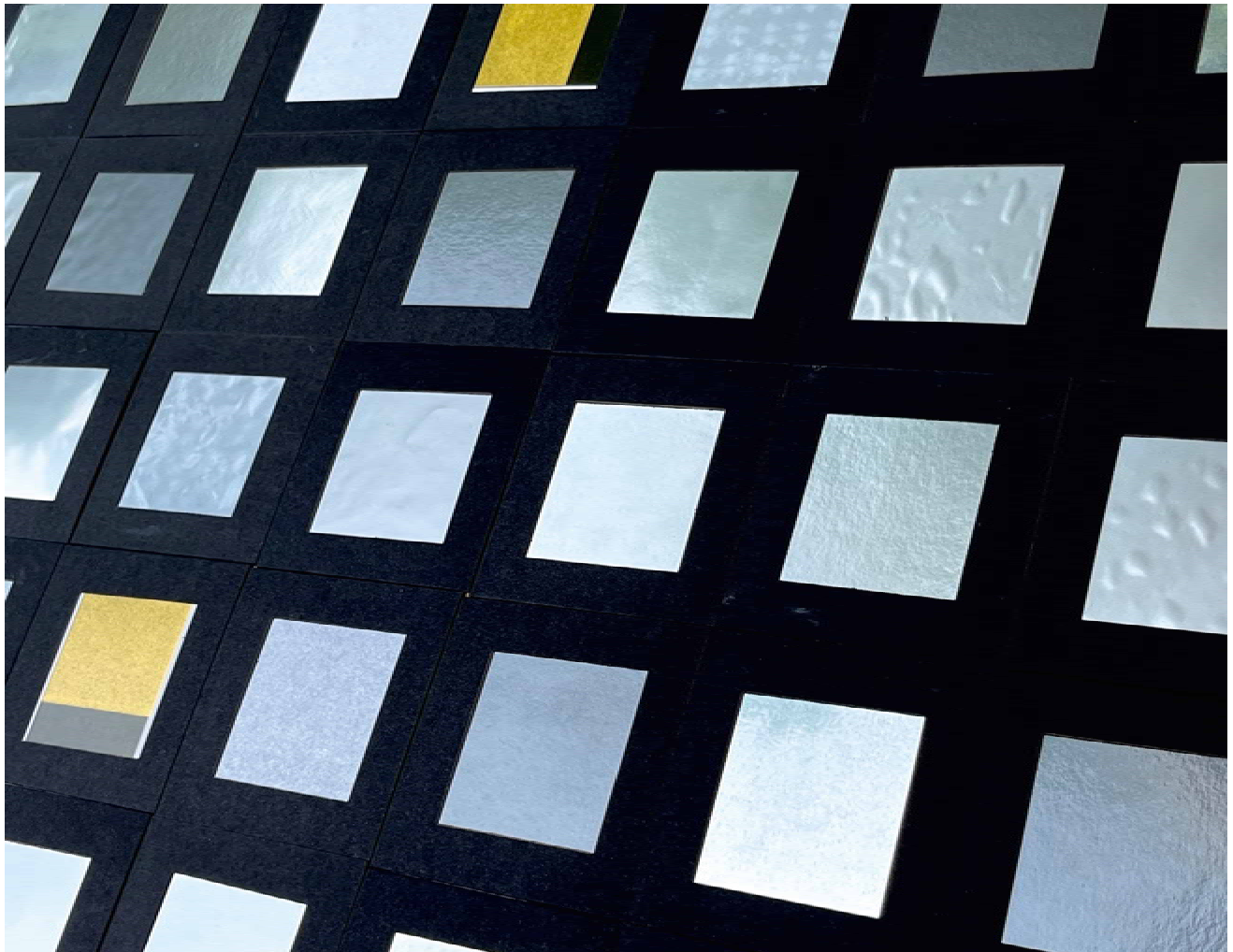


ISSN 1860-2835

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

Verantwortlich: Dr. Andreas Kraushaar



Glanzmemory – paarweise besitzen die Karten den gleichen Glanz und die gleiche Farbe

**Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe**



Inhaltsverzeichnis

<i>Impressum.....</i>	<i>4</i>
<i>Liebe Farbgemeinde!</i>	<i>6</i>
<i>40. DfwG - Jahrestagung im Jubiläumsjahr in Göppingen - Rückblick</i>	<i>8</i>
<i>Protokoll der Mitgliederversammlung</i>	<i>20</i>
<i>Bericht der Kassenprüfer.....</i>	<i>25</i>
<i>Ein Wunsch an die Farbgemeinde</i>	<i>26</i>
<i>100 Jahre $V(\lambda)$: Wie macht man eine erfolgreiche Helligkeitsempfindungsfunktion noch besser?.....</i>	<i>28</i>
<i>Von $V(\lambda)$ zu $V_F(\lambda)$: Risiken und Nebenwirkungen für Radiometrie, Photometrie und Kolorimetrie</i>	<i>34</i>
<i>Risks and side effects for radiometry, photometry and colorimetry – The metrology point of view!</i>	<i>51</i>
<i>Quality control using color measurement technology in industrial applications</i>	<i>65</i>
<i>Bewertung von OLED-Displays und Virtual-Reality-Technologie für präzisionskritische Sehexperimente</i>	<i>72</i>
<i>Siegfried Rösch (1899-1984) - Ein farbwissenschaftlicher Bogenschlag zu Goethe</i>	<i>82</i>
<i>Auch das noch!.....</i>	<i>101</i>

Impressum

Präsident

Dr. Andreas Kraushaar

Telefon 089/43182335

E-Mail kraushaar@fogra.org

Vize-Präsident

Prof. Dr. Christoph Schierz

Telefon 03677/693731

E-Mail christoph.schierz@tu-ilmenau.de

Schatzmeister

Dr. Carsten Steckert

Telefon 030/6032554

E-Mail carsten.steckert@gmx.de

Sekretärin

Dr. Karin Bieske

Telefon 03677/693737

E-Mail karin.bieske@tu-ilmenau.de

Geschäftsstelle

*Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
(DfwG)*

c/o Technische Universität Ilmenau

Fakultät für Maschinenbau

Fachgebiet Lichttechnik

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

Deutschland

Bankverbindung

IBAN: DE81 1005 0000 2060 0235 83

Arbeitsgruppenleiter

Farbbildverarbeitung

Dr. Andreas Kraushaar

Telefon 089/43182335

E-Mail kraushaar@fogra.org

Farbmetrik und Grundlagen

Prof. Dr. Christoph Schierz

Telefon 03677/693731

E-Mail christoph.schierz@tu-ilmenau.de

Appearance

Christian Dietz

Telefon 09337/9004799

E-Mail christian.dietz@rhopointinstruments.de

Multigeometrie

Dr. Alfred Schirmacher

Telefon 05171/81360

E-Mail alfred.schirmacher@gmail.com

Internet

www.dfwg.de

ISSN 1860-2835

Verleger und Herausgeber

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Vereinsregister

VR 4979 NZ, Amtsgericht Charlottenburg (Berlin)

Redaktion und Layout

Werner Rudolf Cramer

Druckbetreuung

Andreas Kraushaar

Titelfoto

Fridolin Weber

Für die Inhalte von fachlichen Artikeln sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Liebe Farbgemeinde!

"Die Welt braucht gute Nachrichten, sorgen Sie für eine." Den Slogan hat Ulrich Wickert im Kontext seines Engagements für das Kinderhilfswerk Plan International geprägt. Ich finde, er bringt die ganzen persönlichen und fachlichen Erfahrungen und Erlebnisse unserer letzten Jubiläums-Jahrestagung in der Stauferstadt Göppingen ziemlich gut auf den Punkt. Mit mehr als 50 Teilnehmern inklusive sieben Erstteilnehmern war es eine rundum gelungene Veranstaltung. Der Abend im Barfüßer Brauhaus hat alle mit ausreichend Lokalkolorit eingestimmt. Im Farbworkshop haben die Hersteller ihre einsatzbereiten Farbmessgeräte aus dem letzten Jahrhundert sowie aktuelle Modelle gezeigt. So konnte man gut sehen, wie schnell sich die Farbmessung entwickelt hat. Ein echt gutes Format, das wir sicher nicht zum letzten Mal gesehen haben.



Eine weitere tolle Neuigkeit war die Laudatio von Carmen Lang vom Gastgeber MICRO-EPSILON, gefolgt von der Übergabe eines 50-Jahre-Geburtstagskuchens.

Am ersten Tag unserer Jahrestagung ging es um Paartherapie. Es ging um die Beziehung zwischen der Hellempfindung $V(\lambda)$ und der Farbmeterik (1931 Normalbeobachter), die in sechs Jahren ihr 100-Jähriges, sprich ihre Himmelshochzeit, feiern. Während Tobias Schneider von Instrument Systems die Ehe am Kriseln sieht, wobei die LMS-basierte Farbmeterik hier verliebte Nasenlöcher macht, sprechen Udo Krüger (Technoteam) und Christoph Schierz (TU-Ilmenau) von weiteren glücklichen und gelingenden Jahren – wobei die zapfenbasierte Farbmeterik sehr wohl selektive Anwendungen in der Forschung findet. Lesen Sie alle drei spannenden Beiträge in diesem Report und bilden Sie sich Ihre Meinung.

Nach der Mitgliederversammlung und einer interessanten Stadtführung machte der Festabend seinem Namen alle Ehre und stand bis auf ausbleibende Tanzeinlagen den anekdotischen Erzählungen vergangener Abende nichts nach. Eindrückliche Erinnerungen aus der Geschichte schilderte Frank Rochow in bekannter unterhaltsamer Art in seiner Laudatio an die DfwG. Anschließend habe ich noch ein Quiz mit 20 spontanen Fragen aus unserer 50-jährigen Geschichte durchgeführt, wobei mir die Festschrift ja viele Steilvorlagen bot.

Die Märklin-Bar im Hotel Hohenstaufen legte der frühen Bettruhe einen Stock zwischen die Gleise. Diese Bar, ausgestattet wie ein kleines Bergidyll – Holz aus einem Schweizer Chalet, schwäbischer Sandstein-Kamin und winzige Eisenbahnlandschaften unter den Tischen – schuf eine Atmosphäre, in der es fast unmöglich war, sich auf nur einen Absacker zu beschränken.

Am zweiten Tag ging es um die Themen Appearance, HDR und Drucktechnik. Diese Beiträge sind dann Thema in den Reports im nächsten Jahr. Wir haben weitere gute Nachrichten, nämlich die Verleihung der beiden Förderpreise. Ich gratuliere ganz herzlich Carl Fridolin Weber (Heidelberger Druckmaschinen) und Lone Schindler (HAW Hamburg) zu ihren Auszeichnungen. Ein weiteres Highlight war die Hausführung durch den Gastgeber, bei der auch eine Carrera-Autorennbahn zum Einsatz kam. Aber ich will jetzt noch nicht zu viel vorwegnehmen, was die vielen Bilder und Beiträge in diesem Report angeht.

Zwei Beiträge aus der Jahrestagung haben es noch in diesen Bericht geschafft. Es sind die „Qualitätskontrolle mittels Farbmessung in der industriellen Anwendung“ vom Hausherrn Jocham Hueber sowie die „Bewertung von OLED-Displays und Virtual-Reality-Technologie für präzisionskritische Sehexperimente“ von Korbinian Kunst (TU Darmstadt).



Den fachlichen Abschluss bildet Eckhard Bendin mit seinem Beitrag über Siegfried Rösch "Ein farbwissenschaftlicher Bogen-schlag zu Goethe". Seine gute Nachricht bestand aber nicht nur aus den vielen Beiträgen zum DfwG-Report, sondern auch in einem sehr persönlichen Geschenk an mich als DfwG-Präsidenten. Es handelt sich um ein signiertes Exemplar des "Color Compendium" des japanischen Künstlers Kunihiko Sugiyama. Darin findet man aufwändig aufbereitete und wunderschön gestaltete Abbildungen zu den unterschiedlichsten Farbsystemen aus 2500 Jahren.

In der etablierten Schlusskolumne schreibt Werner Rudolf Cramer noch über die Diskriminierung von Farbfehlsichtigen.

Bekanntermaßen gibt es neben dem Licht auch Schatten. Leider hat uns die Nachricht vom Tod unseres Gründungsmitglieds Prof. Dr. Gerhard Bersick erreicht. Unsere herzliche Anteilnahme geht an seine Familie.

Ich freue mich über fünf Reporte in diesem Jahr und wünsche uns allen, dass wir im Kleinen und Großen für die ein oder andere gute Nachricht sorgen.

Bleiben Sie zuversichtlich!

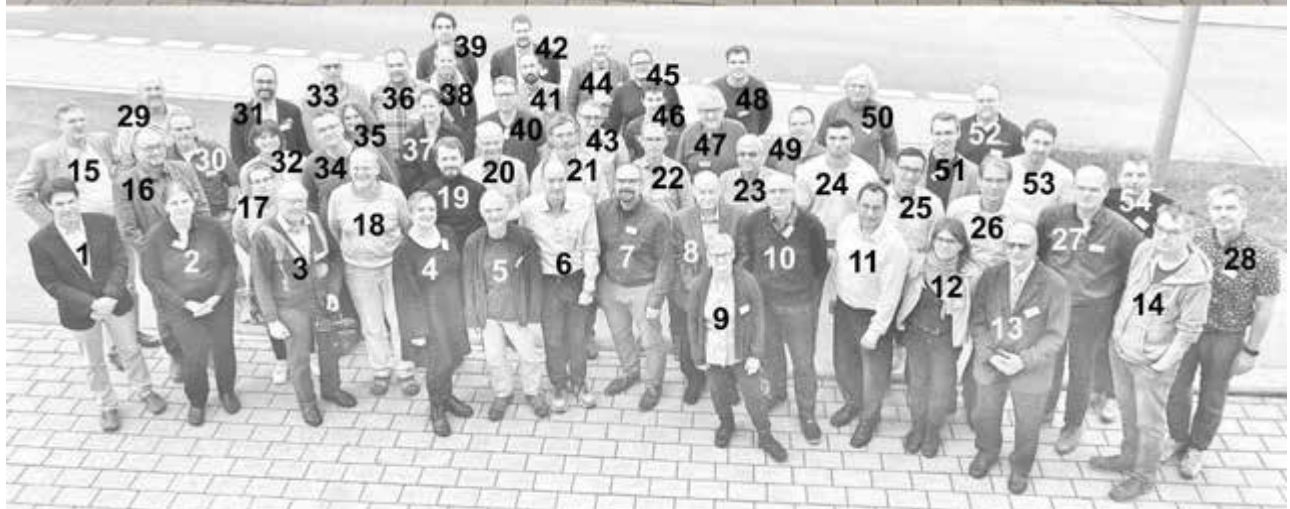
Andreas Kraushaar

40. DfwG - Jahrestagung im Jubiläumsjahr in Göppingen - Rückblick

Karin Bieske, Fotos: Werner Rudolf Cramer, Karin Bieske, Andreas Kraushaar

Am 9. und 10. Oktober 2024 fand bei der MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH in Göppingen die diesjährige DfwG-Jahrestagung statt. 2024 ist ein Jubiläumsjahr. Die DfwG, gegründet am 24. Oktober 1974, feiert ihr 50-jähriges Bestehen, die $V(\lambda)$ -Funktion wurde vor 100 Jahren 1924 international definiert. Vor 60 Jahren, 1964, erfolgte die Festlegung des 10° -Normalbeobachters und in diesem Jahr findet die 40. DfwG-Jahrestagung statt. Genug gute Gründe zum Feiern und Anlass für Rückblicke und innovative Perspektiven.

Die Tagung brachte 56 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Deutschland, Italien, Österreich und der Schweiz zusammen, darunter erfreulich viele junge Menschen und einige Mitglieder, die das erste Mal an einer DfwG-Jahrestagung teilnahmen.



1ff: Kenneth Martin, Carolin Liedtke, Bernhard Hill, Tatjana Quast, Christian Weickhardt, Rafael Oser, Ralf Baumgarten, Christoph Schierz, Karin Bieske, Alfred Schirmacher, Markus Barbieri, Katharina Jungnitsch, Frank Rochow, 14ff: Steffen Görlich, Werner Rudolf Cramer, Klaus Wolf, Lone Schindler, Christian Greim, Tobias Schneider, Benno Petschik, Klaus Wobser, Andreas Kraushaar, Wolfgang Schlenker, Korbinian Kunst, Friedrich Fleiner, Armin Seitz, 27ff: Klaus Wiesner, Florian Süßl, Manfred Binder, David Pryor, Felix Schmollgruber, Julie Klein, Oliver Korten, Martin Zach, Silke Meißenburg, Carsten Knippschild, Alexandra Gerhardy, Beate Villmann, Philipp Nguyen, 40ff: Jens Eckerich, Sergej Becker, Joachim Hueber, Rainer Lickert, Antonio Rossi, Michael Gall, Alexander Kissel, Peter Hubner, Christian Gall, Florian Nowak, Detlef Ruschin, Fridolin Weber, Christian Dietz, Bjarne Grunenberg, Udo Krüger

Am Abend vor der Tagung folgten 38 Gäste der Einladung zum traditionellen Vorabendtreffen, das im Barfüßer Brauhaus stattfand. In gemütlicher Atmosphäre wurden regionale Bierspezialitäten verkostet, gutes Essen genossen und interessante Gespräche geführt. Schon alleine die unterschiedliche Farbe der verschiedenen Biersorten bot sich zum Fachsimpeln an. Ich staune immer wieder, wie viele Nuancen es gibt.



Vorabendtreffen im Barfüßer Brauhaus: in geselliger Atmosphäre bot sich die Gelegenheit für ein Kennenlernen und fachliche und persönliche Gespräche, die manchmal durch das umfangreiche Vortragsprogramm bei der Tagung zu kurz kommen

Im Vorfeld der Tagung fand ein dreistündiger Workshop zur Entwicklung der Farbmessung statt. Die Vorträge gaben eine fundierte Einführung in historische, aktuelle und zukünftige Ansätze für Messmethoden zur Farbmimetrik. Herzlichen Dank allen Akteuren für ihre spannenden Beiträge! Sie werden Schwerpunkt des Reports 1/2025 sein.



Ein großes Interesse fand der Workshop zur Farbmessung damals, heute und morgen



Joachim Hueber berichtet von der Entwicklung von der Dreibereichsmesstechnik hin zu spektral aufgelösten Messung bei Micro-Epsilon (links), Albin Baranauskas zeigte, wie die Anforderungen der Druckindustrie die Geräteentwicklung bei TECHKON in den letzten 40 Jahren vorangetrieben hat (rechts)



Historische Geräte zeigen die Entwicklung in den letzten Jahren, Neuentwicklungen den Stand der Technik

Traditionell eröffnete der Präsident die Tagung, und es folgte eine Begrüßung durch die Gastgeber. Carmen Lang, Geschäftsführerin der MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH, überraschte mit einer Laudatio und einer Geburtstagstorte zum Jubiläum:



„Liebe Vorstandsmitglieder, liebe Mitglieder, liebe Gäste, es ist mir eine große Freude, Sie alle heute hier willkommen zu heißen. Was für ein besonderer Anlass! 50 Jahre Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft – das ist wahrlich ein Grund zum Feiern. Herzlichen Glückwunsch zu diesem beeindruckenden Jubiläum!

Seit nunmehr einem halben Jahrhundert trägt die DfwG mit ihren Arbeiten und Entdeckungen maßgeblich dazu bei, die Welt der Farben in all ihren Facetten besser zu verstehen. Von der Untersuchung, wie wir Farben wahrnehmen, über die Messung und Standardisierung von Farben bis hin zu den vielfältigen Anwendungen in so unterschiedlichen Bereichen wie Design, Kunst, Medizin und Industrie – die DfwG hat sich als leuchtender Stern in der Wissenschaft etabliert und diese Entwicklung entscheidend mitgeprägt.

Ein Jubiläum wie dieses ist nicht nur eine Gelegenheit, stolz auf die bisher erreichten Erfolge zurückzublicken, sondern auch voller Optimismus nach vorne zu schauen. Die Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft steht für Innovation und wird in der Branche hochgeschätzt. Ihr Forschergeist bleibt ungebrochen, und die Stimmen der Koryphäen, die hier tätig sind, werden weltweit gehört.

Besonders in der digitalen Welt, die sich ständig weiterentwickelt, spielen Farbtechnologien eine zunehmend zentrale Rolle. Ob in der Bildverarbeitung, in der präzisen Farbabstimmung oder in der Gestaltung virtueller Welten – auch hier setzt die DfwG auf modernste Technologien wie künstliche Intelligenz, um stets an vorderster Front mitzuwirken.

Was mich immer wieder beeindruckt, ist die enorme Leidenschaft, die Sie in Ihre Arbeit stecken. Die Seminare, Workshops und Jahrestreffen, die Sie organisieren, bieten einen unverzichtbaren Raum für den Austausch von Wissen und Ideen. Jedes Mal bin ich begeistert von den wissenschaftlichen Vorträgen und neuen Erkenntnissen. Und ich freue mich jedes Mal darauf, diese wertvollen Inhalte in gedruckter Form zu erhalten – zum Nachlesen, Staunen und Weiterdenken.



Carmen Lang überreicht eine Geburtstagstorte

Zum Schluss möchte ich noch einmal von Herzen gratulieren – an alle Mitglieder, Forscherinnen und Forscher, und alle, die in den letzten 50 Jahren die DfwG zu dem gemacht haben, was sie heute ist. Lassen Sie uns diesen Meilenstein feiern und gespannt auf all das blicken, was die Zukunft noch für uns bereithält.

Herzlichen Glückwunsch und auf die nächsten 50 Jahre voller Farbe, Wissenschaft und Innovation!“



In der Kaffeepause wurde die leckere Torte bis auf den letzten Krümel verputzt. Vielen Dank für den Genuss!

An den beiden Tagungstagen wurden 15 Vorträge gehalten zu den Themenschwerpunkten *Farbmessung*, *Appearance*, *HDR & Farbdruck* sowie *Farbe interdisziplinär*. Vielen Dank an alle Referentinnen und Referenten für ihre tollen Beiträge! Ganz besonders spannend fand ich den ersten Themenblock „Farbmessung – Grundlagen“. Mit den Beiträgen von Tobias Schneider, Christoph Schierz und Udo Krüger wurde die Diskussion über die Chancen, Folgen und Risiken eines möglichen Übergangs zu einer neuen zapfenbasierten Farbmessung eröffnet, die derzeit international geführt wird. Die Beiträge sind in dieser Ausgabe enthalten.



Tobias Schneider zeigte Zukunftsperspektiven für die Weiterentwicklung von $V(\lambda)$ (CIE XYZ) durch den Übergang zu einer neuen LMS-basierten Metrik auf (links), Udo Krüger sah kaum Vorteile und eher Probleme aus Sicht der Messtechnik (rechts)



Ein voll besetzter Schulungssaal im Hause Micro Epsilon mit aufmerksamen Zuhörern.

Am Mittwochnachmittag fand die DfwG-Mitgliederversammlung statt. Details sind im Protokoll zusammengefasst und im Anschluss an diesen Beitrag im Report nachzulesen.

Während der Versammlung wurden langjährige Mitglieder für ihre zwanzig- und dreißig-jährige Zugehörigkeit zur DfwG geehrt, und es erfolgten die Verleihungen der DfwG-Förderpreise 2024. Mit dem Förderpreis wurde Lone Marleen Schindler für ihre Bachelorarbeit an der HAW Hamburg „Psychologische Indikatoren der Wirkung von verschiedenfarbigen Lichtreizen“ geehrt. Dr.-Ing. Carl Fridolin Weber erhielt Preis für seine an der TU Darmstadt verfasste Dissertation: „Studies on Gloss of Printed Surfaces“. Das auf dem Titelbild dargestellte Glanzmemory wurde aus eigenen, im Rahmen der Arbeit gefertigten Druckproben gebastelt.



Christian Dietz ist seit 20 Jahren DfwG-Mitglied (links), Ehrung von Lone Schindler (Mitte) und Fridolin Weber (rechts) mit dem DfwG-Förderpreis 2024



Pünktlich zu unserer Jahrestagung ist die Festschrift *50 Jahre DfwG* als Report 4/2024 erschienen. Ihre rechtzeitige Fertigstellung, war nur dank der Beiträge der Autoren sowie der redaktionellen Mitarbeit und großartigen Unterstützung von Frank Rochow und Werner Rudolf Cramer möglich. Danke Andi, für deinen unerschütterlichen Optimismus, dass die Druckfassung rechtzeitig vor unserer Tagung in den Druck gehen kann – ich hatte zwischenzeitlich meine Zweifel. Ellen Stockmar hat der Festschrift ein farbenfrohes und ansprechendes Layout verliehen und in mehreren Nachschichten die Druckfassung erstellt.

Dankeschön dafür!

Im Jubiläumsjahr war es ein besonderes Bedürfnis, den vielen Aktiven in der DfwG herzlich für ihr Engagement zu danken. Sei es für ihre Arbeit im Vorstand, in den DfwG-Arbeitsgruppen, in den Divisionen der CIE, in Gremien, in der Redaktion des DfwG-Reports, in der Vergabekommission oder als Kassenprüfer, als Ratgeber und Freund, der immer ansprechbar ist – all das macht die DfwG lebendig und trägt zur erfolgreichen Arbeit unseres Vereins bei. Ein Dankschön auch denjenigen, die uns beim Logo-Entwurf und Layout-Gestaltung unterstützen, sowie jenen, die unseren Webauftritt pflegen.



V.l.n.r.: Florian Süßl, Andreas Kraushaar, Werner Rudolf Cramer, Felix Schmollgruber, Christoph Schierz, Detlef Ruschin, Frank Rochow, Christian Dietz, Alfred Schirmacher

Nach der Mitgliederversammlung stand eine Stadtführung durch Göppingen auf dem Programm. Wir konnten Göppingen als Stauferstadt, Wasserstadt und Spielzeugstatt erleben. Ein kurzweiliger Spaziergang durch die Stadt bot interessante Details.



Auffallend asymmetrisch das Erscheinungsbild der Oberhofenkirche, das zweitälteste Bauwerk der Kernstadt aus dem 15. Jahrhundert und das Wappen mit Gäbele, Gitterle, Vögele, Fischele



Die Treppe der Freude oder Rebenstiege im Schlossturm

Anschließend folgte ein festliches Abendessen im Hotel Hohenstaufen.



Impressionen vom Festabend



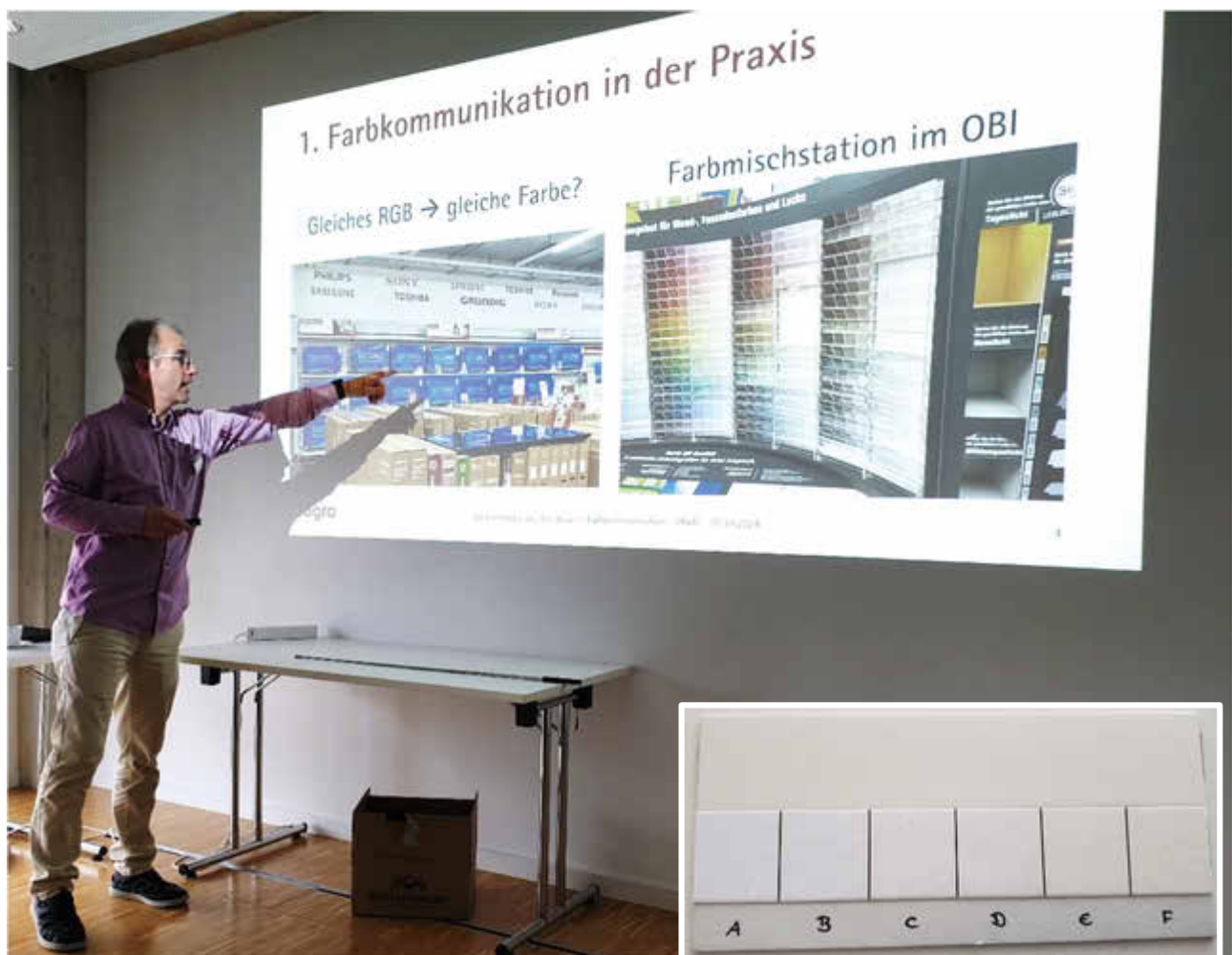
Laudatio auf 50 Jahre DfwG von Frank Rochow kurzweilig präsentiert

Andreas Kraushaar hatte eine Jubiläums-Quiz vorbereitet, dass am Ende Tatjana Quast knapp für sich vor Team Farbenblind (Florian Süßl) und Marcus Barbieri entscheiden konnte. TechnoTeam sponserte dankenswerter Weise die 100 Jahre V(λ)-Shirts für die Gewinner. Danke für den kurzweiligen und schönen Abend!

Auch der zweite Tagungstag bot viele interessante Vorträge aus unterschiedlichen Themenfeldern rund um die Farbe.



Julie Klein, Philipp Nguyen und Alexander Kissel: Von den optischen Eigenschaften der Materialien zum Rendering des Farbeindrucks im 3D-Druck



Andreas Kraushaar: Weiterentwicklung der globalen Farbkommunikation für LED-basierte, UV-arme Abmusterbedingungen in der modernen Druck- und Medienproduktion, rechts: Testchart UV/noUV

Die Laborführung am Mittag gab Einblicke in die präzise Farbmessung und industrielle Anwendungsmöglichkeiten, die bei MICRO-EPSILON entwickelt werden.



In die Carrerabahn sind Farbsensoren und Sensoren für die Oberflächenbewertung oder die Schwingungsmessung bei der Kurvendurchfahrt integriert. Großen Spaß machte die Wettfahrt, ohne Ausfälle am schnellsten die Autos durch die kurvenreiche Strecke zu manövrieren.



Spannende Einblicke boten die Laboraufbauten und Demonstratoren



Werner Rudolf Cramer weiß anschaulich über die Messung an Interferenzpigmenten zu berichten

Spannende Beiträge und Diskussionen aus Forschung und Industrie sowie die Networking-Möglichkeiten trugen zum Gelingen unserer Tagung bei. Danke an alle Vortragenden und Akteure für ihre Beiträge und den Teilnehmenden für ihr Interesse! Die Kurzfassungen zu den Vorträgen und das Tagungsprogramm sind für Interessierte im Archiv DfwG-Jahrestagungen auf der Webseite zu finden.

Bleibende Eindrücke, neue Ideen und Erfahrungen hat die Tagung in Göppingen hinterlassen. Es war wieder sehr schön. Der herzliche Dank gilt MICRO-EPSILON Eltrotec für die Gastfreundschaft, die Einblicke in ihre Tätigkeitsfelder und die tolle Unterstützung während der Tagung!

Mit inspirierenden Ideen und vielfältigen Themen freuen wir uns auf eine weitere spannende Veranstaltung im kommenden Jahr. Die DfwG-Jahrestagung 2025 findet in der Sammlung Farbenlehre an der TU Dresden statt. Bitte unterstützen Sie uns dabei, wieder eine tolle Tagung auf die Beine zu stellen. Bringen Sie sich ein mit Ihren Ideen, Beiträgen und Ihrer Unterstützung.



Protokoll der Mitgliederversammlung

**Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe**



Geschäftsstelle c/o Dr.-Ing. Karin Bieske, Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Lichttechnik, PF 10 05 65, 98684 Ilmenau
Tel: 0367769-3737, Fax: 0367769-3733, E-Mail: Sekretariat@DfwG.de www.dfwg.de
Vereinsregister VR 4979 Nz, Amtsgericht Charlottenburg (Berlin)

Datum und Ort der Versammlung: 9. Oktober 2024, Göppingen
Beginn der Versammlung: 16:00 Uhr
Ende der Versammlung: 17:15 Uhr

Anwesende Mitglieder laut Anwesenheitsliste:

Markus Barbieri	Joachim Hueber	Antonio G. Rossi
Ralf Baumgarten	Katharina Jungnitsch	Detlef Ruschin
Karin Bieske	Julie Klein	Christoph Schierz
Manfred Binder	Carsten Knippschild	Lone Schindler
Werner R. Cramer	Oliver Korten	Alfred Schirmacher
Christian Dietz	Andreas Kraushaar	Wolfgang Schlenker
Jens Eckerich	Udo Krüger	Felix Schmollgruber
Friedrich Fleiner	Carolyn Liedtke	Tobias Schneider
Christian Gall	Silke Meißenburg	Armin Seitz
Alexandra Gerhardy	Florian Nowak	Florian Süßl
Steffen Görlich	Benno Petschik	Carl Fridolin Weber
Christian Greim	David Pryor	Klaus Wobser
Bjarne Grunenberg	Tatjana Quast	Martin Zach
Bernhard Hill	Klaus Richter	
Peter Hubner	Frank Rochow	

Vorgeschlagene Tagesordnung:

1. Genehmigung der Tagesordnung
2. Genehmigung des Protokolls der DfwG-Mitgliederversammlung vom 5. Oktober 2023 in Potsdam (siehe DfwG-Report 1/2024)
3. Bericht des Präsidenten
4. Ehrungen und Vergabe des DfwG-Förderpreises
5. Kassenbericht 2023 des Schatzmeisters (siehe DfwG-Report 3/2024)
6. Bericht der Kassenprüfer (siehe DfwG-Newsletter 3/2024)
7. Bericht der Sekretärin
8. Entlastung des Vorstandes für das Geschäftsjahr 2023
9. Verschiedenes
10. Termin und Tagungsort der Hauptversammlung mit Wahl 2025

Der DfwG-Präsident und Versammlungsleiter, Andreas Kraushaar, begrüßt die Mitglieder zur DfwG-Mitgliederversammlung. Die Einladung zur Mitgliederversammlung erfolgte fristgerecht im DfwG-Report 1/2024 sowie auf der Webseite www.DfwG.de.

zu TOP 1: Der Tagesordnung wird wie vorgeschlagen einstimmig zugestimmt.

zu TOP 2: Der Bericht über die DfwG-Mitgliederversammlung vom 5. Oktober 2023 in Potsdam, der vorab im Report 1/2024 veröffentlicht wurde, wird einstimmig genehmigt.

zu TOP 3: Der Präsident ist dankbar, dass die bisherigen AG-Leiter Dr. Alfred Schirmacher (AG Multigeometrie), Prof. Christoph Schierz (AG Farbmeterik Grundlagen), Christian Dietz und Felix Schmollgruber (AG Appearance) sowie Dr. Andreas Kraushaar (AG Farbbildverarbeitung) weiterhin in ihren Funktionen mitarbeiten. Die beiden von der Fogra gehosteten AG-Mailinglisten für die AGs Farbbildverarbeitung und Appearance werden wegen fehlenden Aktivitäten eingestellt. Das betrifft auch die an der TU Ilmenau gehostete AG-Mailinglisten für die AG Farbmeterik, Grundlagen.

Im nächsten Jahr wird der Vorstand gewählt. Gerne können Kandidaten und Kandidatinnen vorgeschlagen werden. Es werden auch engagierte Mitarbeiter gesucht, die wichtige Teilaufgaben unterstützen können: die Koordination von Mitgliedergewinnung, DfwG-Förderpreis, Studierendenpatenschaften, die Betreuung der Web-Seiten durch technischen Support für die Funktionalität des Backends oder die Organisation unserer Jahrestagungen. Ein wichtiger Punkt wäre auch die Kompetenzmatrix, die von Jürgen Neumeier vorgeschlagen wurde, umzusetzen und damit die Vernetzung innerhalb der DfwG zu unterstützen.

Der Präsident bedankt sich bei den Vertretern in den Divisionen der CIE für ihr Engagement. In der Division 1 (Vision and Colour) arbeitet Detlef Ruschin. Prof. Christoph Schierz vertritt die DfwG in der Division 3 (Interior Environment and Lighting Design). In der Division 8 (Image Technology) arbeitet Prof. Florian Süßl mit. Detlef Ruschin hat um Ablösung aus persönlichen Gründen gebeten. Hier wird ein Nachfolger gesucht. Es wird um Vorschläge an den Vorstand gebeten.

Der Vorstand ist nach CIE-Publikationen angefragt worden. Als Mitglied im dnk-cie kann die DfwG mit Rabatt CIE-Publikationen erwerben. Dieser Rabatt kann jedoch nicht an Mitglieder der DfwG weitergereicht werden. Daher wäre eine kleine Präsenzbibliothek in der Geschäftsstelle denkbar. Hierzu wird sich im Vorstand verständigt. An CIE-Publikationen interessierten Mitgliedern wird die Mitgliedschaft im dnk-cie empfohlen.

Der Präsident dankt den Vorstandskollegen für ihre Arbeit im letzten Jahr und besonders Karin Bieske für ihre außergewöhnliche Unterstützung!

Aktuell besteht der Verein aus 134 (+1) persönlichen und 45 (+2) korporativen Mitgliedern, gesamt 179 (176 Stand: 1.10.2023). Einzelne Kündigungen der Mitgliedschaften erfolgten aus Altersgründen oder sind durch berufliche Neuorientierung bedingt. Drei persönliche Mitglieder konnten seit der DfwG-Jahrestagung 2023 gewonnen werden. Neue Mitglieder sind: Frau Prof. Dr.-Ing. Carolin Liedtke von der HAW Hamburg, Herr Friedrich Johannes

Fleiner vom Universitätsklinikum Regensburg aus dem Bereich Zahnmedizin und Herr Martin Zach, der als freiberuflicher Unternehmensberater tätig ist. Herzlich willkommen in der DfwG! Eine Entwicklung der Mitgliederzahlen und die Altersstruktur sind im Report 4/2024 auf den Seiten 114 - 115 dargestellt. Die aktive Einbindung junger Mitglieder ist ein wichtiges Thema. Herzlichen Dank an die Firmen TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH, MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH und MIPA SE, die mit ihren Spenden für Studierendenpatenschaften in Höhe von je 250.- € die Teilnahme von vier Studierenden und jungen Wissenschaftlern an unseren Jahrestagungen unterstützen. Auch im kommenden Jahr steht Geld dafür zur Verfügung.

2024 begeht die DfwG ihr 50-jähriges Jubiläum. Mitglieder, die 1974 der DfwG beigetreten sind und heute noch zum Verein gehören, sind: Dr. Günter Döring (86), Dr. Friedrich Gläser (96), Dr. Fritz Heinrich, Dr. Eggert Jung (80), Klaus Todenhöfer (83) und Dr. Klaus Witt (87). Korporative Mitglieder, die am längsten zur DfwG gehören, sind: Göttinger Farbfilter GmbH (46 Jahre), Hohenstein Laboratories (44 Jahre), Datacolor GmbH (38 Jahre), Konica Minolta Sensing Europe B.V. (38 Jahre), TU Darmstadt, FG Druck (36 Jahre), Techkon GmbH (36 Jahre) und Fogra Forschungsinstitut für Medientechnologien e.V. (36 Jahre).

Anlässlich der Vereinsjubiläums wurde eine Festschrift erstellt, die als Report 4/2024 veröffentlicht wurde. Herzlichen Dank an die Redaktion (Karin Bieske, Frank Rochow und Werner Rudolf Cramer), an alle Autoren für ihre Beiträge, an die Unterstützer (Spenden von TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH und LMT Lichtmesstechnik GmbH Berlin) und an Ellen Stockmar für das Layout! Vielleicht kann jemand noch einen historischen Überblick über sein Fachgebiet ergänzen? Wir würden gerne weitere Beiträge in den nächsten Ausgaben unseres DfwG-Reports veröffentlichen. Bitte sprechen Sie den Vorstand an.

zu TOP 4: Der Präsident verliest anschließend die Namen derjenigen Mitglieder, die bereits die 30-jährige oder die 20-jährige Mitgliedschaft erreicht haben. Geehrt werden: Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Eckhard Bendin, Michael Stein und Ulrich Zabel sowie die Firma RAL gGmbH und das Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. (TITV) für ihre 30-jährige Mitgliedschaft. Christian Dietz, Klemens Kunz und Fred Olschewski gehören seit 20 Jahren der DfwG an. Urkunden und Ehrennadeln werden per Post den nicht anwesenden Mitgliedern zugesandt.

Der Förderpreis der DfwG 2024 wird an Lone Marleen Schindler für ihre Bachelorarbeit an der HAW Hamburg „Psychologische Indikatoren der Wirkung von verschiedenfarbigen Lichtreizen“ verliehen. Dr.-Ing. Carl Fridolin Weber erhält ebenfalls den DfwG-Förderpreis 2024 für seine an der TU Darmstadt verfasste Dissertation: „Studies on Gloss of Printed Surfaces“.

zu TOP 5: In Vertretung für Carsten Steckert erläutert die Sekretärin Karin Bieske den Kassenbericht 2023, der bereits im Report 3/2024 veröffentlicht wurde. Das Geschäftsjahr wurde mit einem Saldo von -1565,02 € abgeschlossen. Ein Kontostand von 14.332,03 € wurde zum Jahresende 2023 ausgewiesen.

zu TOP 6: Frank Rochow berichtet über die Kassenprüfung. Die Kassenprüfer Florian Süßl und Frank Rochow haben die Buchhaltung am 2. August 2024 durch Stichproben an den Belegen und Überprüfung aller Ausgaben geprüft. Die Kassenprüfer bescheinigen dem Schatzmeister eine transparente und übersichtliche Buchführung sowie eine korrekte Arbeit in allen Belangen. Herrn Steckert wird herzlich für seine Arbeit gedankt. Sie befürworten die Entlastung des Schatzmeisters und des gesamten Vorstandes für das Geschäftsjahr 2023. Der Bericht der Kassenprüfer wurde im DfwG-Newsletter 2/2024 und im Report 5/2024 veröffentlicht.

zu TOP 7: Die Sekretärin Karin Bieske berichtet über die wesentlichen Arbeiten seit der letzten Mitgliederversammlung.

An der Erstellung der Reports ist die Geschäftsstelle maßgeblich beteiligt. In diesem Jahre sind bereits vier Ausgaben des DfwG-Reports erschienen. Im ersten DfwG-Report 1/1992 steht: „Wenn dieses Blatt lebendig und für alle Mitglieder nützlich werden soll, ist dies ohne die Hilfe aller Mitglieder nicht möglich. Sie werden deshalb gebeten, durch Informationen, die in Ihrem speziellen Bereich anfallen, und die für einen größeren Kreis von Interesse sind, unser Vorhaben zu unterstützen.“ Bitte nutzen Sie die Möglichkeit, Fachbeiträge im DfwG-Report zu veröffentlichen. Ebenso können Sie fachlich interessante Beiträge von Nichtmitgliedern einreichen. Für den Versand der Reporte sind aktuelle Adressen erforderlich. Informieren Sie uns bitte über Änderungen. Wünschen Sie kein gedrucktes Exemplar und ist die Onlineversion im Mitgliederbereich der aktuellen Ausgabe für Sie ausreichend, dann teilen Sie dies bitte dem Sekretariat mit.

Seitens der Geschäftsstelle wird die Aktualisierung der Inhalte der Webseiten der DfwG vorgenommen. Gesuche und Angebote für Stellen, studentische Arbeiten und Praktika senden Sie gerne an sekretariat@DfwG.de. Es wird um Informationen über Fachtagungen und -veranstaltungen an das Sekretariat gebeten, damit Informationen allen Mitgliedern zur Verfügung gestellt werden können und um die Internetseiten aktuell und informativ zu halten. Gerne werden auch Berichte von Veranstaltungen und Fachbeiträge im Report veröffentlicht.

Das Sekretariat organisiert maßgeblich die Jahrestagung, Ideen für weitere Veranstaltungen und neue Formate werden gerne aufgegriffen. In diesem Jahr haben wir die 40. DfwG-Jahrestagung. Danke für das tolle Workshop-Angebot zu Farbmessstechnik! Dank an die Vergabekommission für die Nominierung der Preisträger und Preisträgerinnen! Danke für das Engagement der Gastgeber der diesjährigen Tagung MICRO-EPSILON Eltrotec GmbH für die großartige Unterstützung! Danke allen Mitwirkenden für ihre spannenden Beiträge und den Teilnehmenden, ohne Sie wäre die Tagung nicht so bunt!

Frau Bieske berichtet über ihre Teilnahme an der AIC-Tagung im November/ Dezember 2023 in Chiang Ray (Thailand). Am 15. Kongress der internationalen Gesellschaft für die Farbe nahmen 226 Personen aus 26 Ländern teil. Leider war Deutschland nur mit Frank Rochow und Karin Bieske vertreten. Ausführlich wird im Report berichtet. Der 16. AIC-Kongress Color for Future findet vom 20. bis -24. Oktober 2025 an der National Tsing Hua University Hsin-Chu, Taipei, Taiwan statt.

zu TOP 8: Nach den Berichten stellt Herr Rochow den Antrag auf Entlastung des gesamten Vorstandes für das Geschäftsjahr 2023. Der Vorstand wird von der Mitgliederversammlung ohne Gegenstimmen entlastet. Dank an den Vorstand für die geleistete Arbeit!

zu TOP 9: Die Vertreter der CIE-Divisionen 1, 3 und 8 Detlef Ruschin, Christoph Schierz und Florian Süßl werden über die Arbeit in den Divisionen im DfwG-Report berichten.

Für die Ehrung langjähriger Mitglieder ist eine Nachauflage der Ehrennadeln erforderlich. Ehrennadeln im neuen Design sind beauftragt.

zu TOP 10: Die nächste DfwG-Jahrestagung findet am 8. und 9. Oktober 2025 an der TU Dresden in der Sammlung Farbenlehre statt, mit dem Vorabendtreffen am Dienstagabend, dem 7. Oktober. Prof. Ralf Weber und unser Mitglied PD Eckhard Bendin werden Gastgeber sein. Die Hauptversammlung ist am 8.10.2025 geplant, bei der auch eine Vorstandswahl stattfindet.

Da keine weiteren Wortmeldungen erfolgen, erklärt Herr Kraushaar die Mitgliederversammlung für beendet.

Ilmenau, den 22.10.2024



Dr.-Ing. Karin Bieske
(Sekretärin) (Protokollführerin)

Aschheim, den 22.10.2024



Dr.-Ing. Andreas Kraushaar
(Präsident)

Bericht der Kassenprüfer

Frank Rochow/ Florian Süßl

*Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe*



Protokoll der Kassenprüfung für 2023

Am 02. August 2024 wurde die Prüfung der DfwG-Kasse für das Jahr 2023 von uns gemeinsam durchgeführt.

Geprüft wurden Anfangs- und Endbestand des Girokontos DE81 1005 0000 2060 0235 83 für das Jahr 2023, die Ausgabenbelege komplett sowie die Einnahmenbelege stichprobenartig für Beitragszahlungen, die von den für ein Jahr geltenden Beträgen abweichen.

Ergebnis:

Laut Auszügen der Berliner Sparkasse stimmt für das Girokonto der Bestand am 31.12.2023 (EUR 14.332,03) mit dem Endbestand überein, der sich aus dem Anfangsbestand per 31.12.2022 / 01.01.2023 (EUR 15.897,05) und den Einnahmen und Ausgaben im Geschäftsjahr 2023 ergibt.

Die Buchführung ist transparent und übersichtlich. Sowohl in der Einnahmen-/Ausgabenliste und auf den Ausgabebelegen als auch in den Kontoauszügen sind alle Kontobewegungen fortlaufend nummeriert. Einnahmen und Ausgaben sind in separaten Tabellen festgehalten. Das hat die Prüfung sehr erleichtert und angenehm gemacht. Abweichungen wurden keine festgestellt.

Zusammenfassend wird aufgrund der Prüfung der Belege für das Kalenderjahr 2023 die Ordnungsmäßigkeit der Kassenführung der DfwG bescheinigt. Wir schlagen daher vor, den Schatzmeister Carsten Steckert für das Jahr 2023 zu entlasten.

Berlin, den 02. August 2024

Dipl.-Ing. Frank Rochow
(Kassenprüfer)

Prof. Dipl.-Ing. Florian Süßl
(Kassenprüfer)

Ein Wunsch an die Farbgemeinde

Frank Rochow



Liebe Mitglieder der DfwG, es ist noch nicht lange her, dass Sie den DfwG-Report 2024/4, unser Jubiläumsheft, erhalten haben. Jetzt halten Sie den Report 2024/5 in den Händen, der über unsere Jubiläumsveranstaltung in Göppingen am 9. und 10. Oktober 2024 berichtet. Sowohl in den Artikeln der Reports als auch in den auf der Jahrestagung 2024 gehaltenen Vorträgen, Diskussionen und informellen Gesprächen spiegeln sich das lebhafte fachliche Interesse unserer Farbgemeinde wider.

Deutlich wurde auch, dass ein großes Interesse an der Historie sowohl im fachlichen als auch im persönlichen Bereich bei unseren Mitgliedern vorhanden ist. Der Artikel von Gerhard Pausch im Jubiläumsheft, die rück- und vorwärtsblickenden Beiträge der Vertreter der Messgerätehersteller und

auch die Behandlung der aktuellen Änderungsaktivitäten in Bezug auf die Grundfunktionen der Licht- und Farbmessung, gegeben durch Tobias Schneider, Christoph Schierz und Udo Krüger, zeigen, die Themen der Farbwissenschaft sind nicht nur im „Hier“ und „Jetzt“ zu bewerten, sondern es bedarf des Rück- und Ausblicks, um Zusammenhänge besser zu verstehen.

Die Resonanz auf die von mir beim Tagungsabend präsentierte Laudatio auf 50 Jahre DfwG zeigt, dass viele vergessene Fakten, persönliche Eindrücke, menschliche Anekdoten, wissenschaftliche Streitgespräche - und seien sie vermeintlich auch noch so unbedeutend - auf breites Interesse stoßen. Dieses Interesse könnten vielleicht auch Sie mit befriedigen, wenn Sie Ihre Erfahrungen und Bilddokumente, eigene und fremde Veröffentlichungen, Firmengeschichten sowie Hinweise zu (fast) vergessenen Grundlagenforschungen dem DfwG-Sekretariat zukommen lassen könnten.

Karin Bieske hat im Jubiläumsheft auf den Appell im ersten DfwG-Report von 1992 hingewiesen:

„Wenn dieses Blatt lebendig und für alle Mitglieder nützlich werden soll, ist dies ohne die Hilfe der DfwG-Mitglieder nicht möglich. Sie werden deshalb gebeten, durch Informationen, die in Ihren speziellen Bereich fallen, und die für einen größeren Kreis von Interesse sind, unser Vorhaben zu unterstützen.“

Dieses, wie auch der am Ende des Jubiläumsbands als „Vermächtnis“ aus Manfred Richters „Unterricht in der Farbenlehre in Deutschland“ von 1959 wiedergegebene Text:

„Aber freilich – mit Menschen, die sich diesem sich jetzt stürmisch entwickelnden Arbeitsgebiet nur um der günstigen Aussicht auf eine materielle Sicherung willen zuwenden, wäre unserer Sache nicht gedient. Entscheidend wird bleiben, dass sich junge Menschen mit innerer Begeisterung für ein so schönes, sinnenfrohes und so vielgestaltiges Wissensgebiet finden und sich ihm aus Lust und Liebe zur Sache verschreiben. Erst von diesen Menschen können wir hoffen, dass sie fähig sein werden, die Entwicklung wirksam voranzutreiben und die Kenntnis von den Eigenarten eines Wissenszweiges zu verbreiten, der die schönste und lieblichste aller Sinnesempfindungen zum Gegenstand hat: die Farbe“

sollte uns Ansporn sein, den Gestaltern der Zukunft der Farbwissenschaft nicht nur über aktuelles Mitarbeiten, sondern auch durch Vermittlung persönlicher Rückblicke und Erfahrungen den betrachteten zeitlichen Horizont zu erweitern.

Bitte helfen auch Sie mit, die DfwG als eine Quelle der Information über den Stand der gegenwärtigen und möglichen zukünftigen Farbwissenschaft zu optimieren und dabei den historischen Hintergrund weiterhin nicht aus der Erinnerung zu verlieren.

Danke!

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

Tobias Schneider

We bring quality to light.

Instrument Systems
KONICA MINOLTA Group

DISPLAY LED LEUCHTEN FARBE HELLIGKEIT SPECTRUM

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

Dr. Tobias Schneider – DfwG Jahrestagung 2024

100 years of $V(\lambda)$

Instrument Systems
KONICA MINOLTA Group

Inhalt

- 100 Jahre $V(\lambda)$
- (wissenschaftliche) Zukunftsperspektiven

cie
TECHNICAL REPORT
A roadmap toward better CIE colorimetry on color fundamentals

Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

2



100 Jahre $V(\lambda)$ – Eine kurze Geschichte der Photometrie

dnk-cie

Über das DnK - News - Service - Registrieren - Ihr Profil - Logout

Jubiläums-T-Shirt zum 100-jährigen Bestehen der $V(\lambda)$ -Funktion erhältlich
01.06.2024

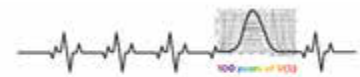
Die CIE hat sich vor 100 Jahren mit der V(λ)-Funktion etabliert, um das Lichtempfinden des Menschen zu beschreiben. Mit dieser Funktion (V(λ)) kann das Lichtempfinden des Menschen in einer mathematischen Formel ausgedrückt werden. Diese Funktion ist heute ein wichtiger Bestandteil der Photometrie und wird in vielen Bereichen der Lichttechnik eingesetzt.



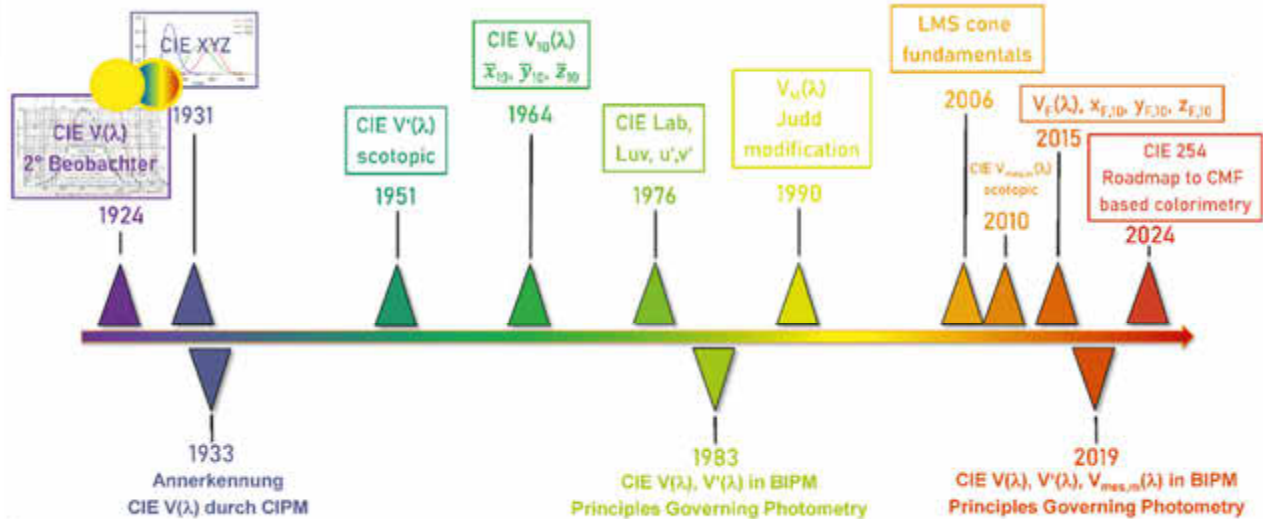
Wenn Sie Mitglied der DnK-CIE sind, können Sie das T-Shirt gegen ein paar weitere Euro zusätzlich bestellen. Auf der Rückseite steht auch über den folgenden Link: <https://dnk-cie.de/100years> in Deutsch und Englisch weitere Informationen.

Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

3

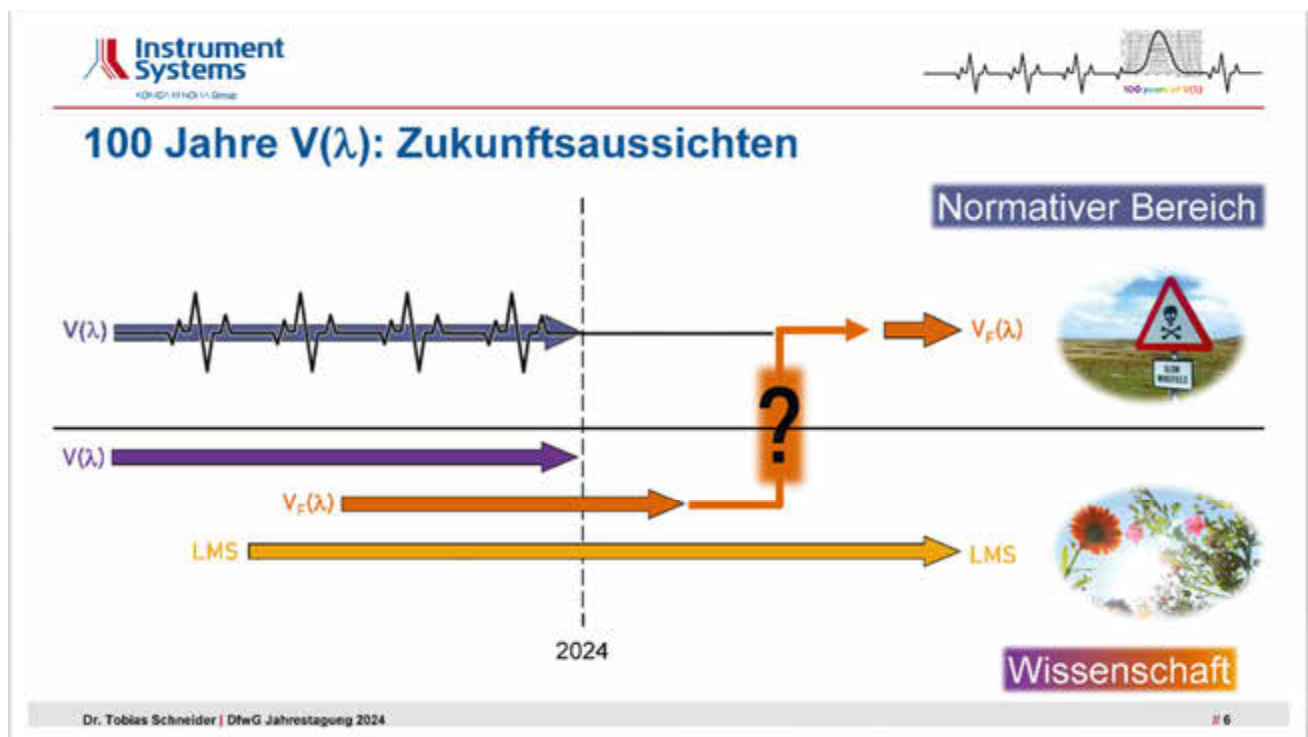
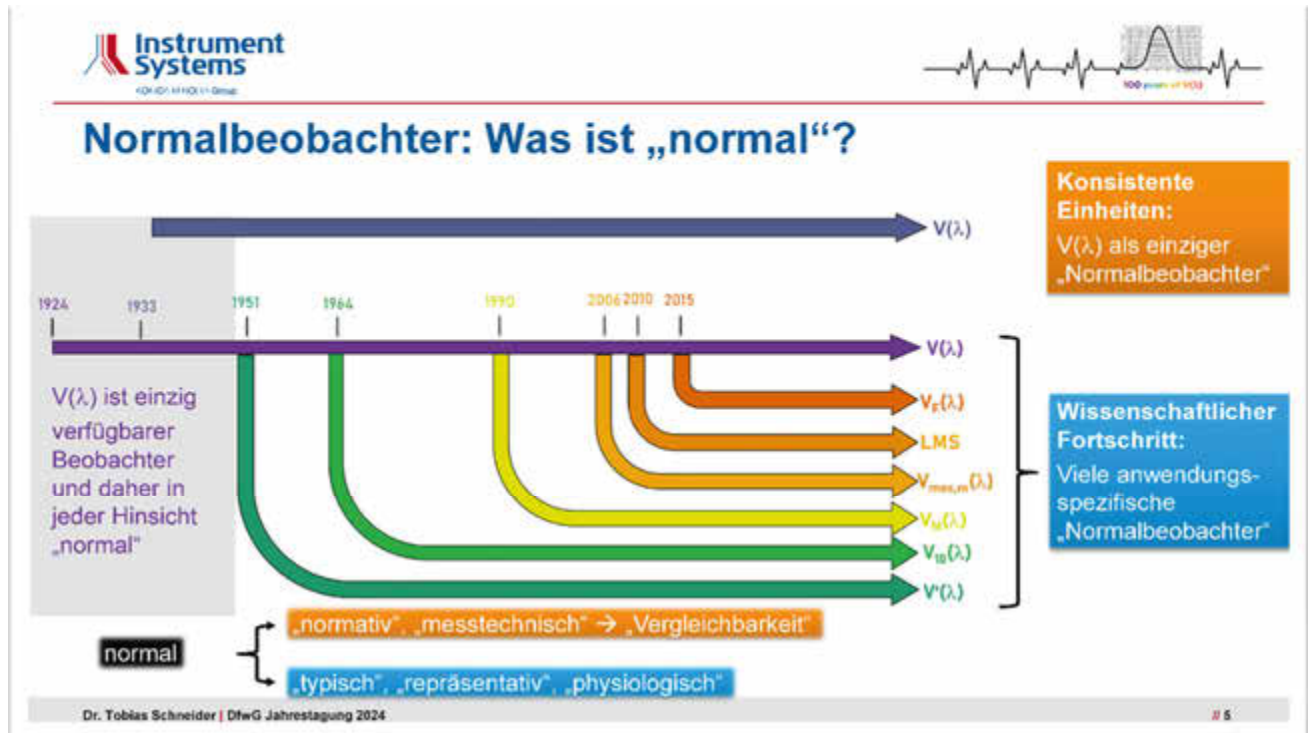


100 Jahre $V(\lambda)$: Eine kurze Geschichte der Photometrie



Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

4



Wissenschaftliche Zukunftsperspektiven



Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

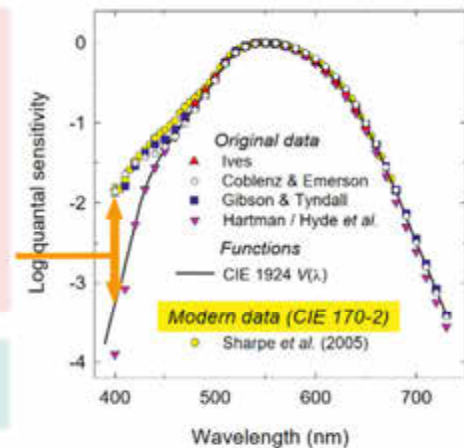
7

Was lässt sich an $V(\lambda)$ (CIE XYZ) verbessern?

- Überschaubare Datenbasis (<250, zumeist männlich und mittleren Alters) → $V(\lambda)$ ist nicht repräsentativ
- $V(\lambda)$ hat bekannte systematische Fehler bei kurzen Wellenlängen
- $V(\lambda)$ ist tabellarisch definiert und beschreibt die effektive Empfindlichkeit des gesamten Sehsystems → $V(\lambda)$ ist in Bezug auf spezifische Situationen schwer „parametrierbar“ (z.B. in Bezug auf Sichtfeld oder Alter)

Farbmetrik:

CIE XYZ (und davon abgeleitete Farbräume) haben Schwächen insbesondere bei der Vorhersage des Farbeindrucks, z.B. von Displays



Quelle: Andrew Stockman

Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

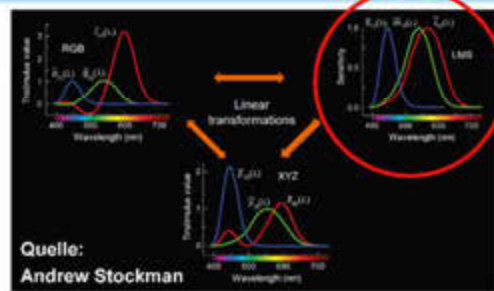
8

Wie lässt sich $V(\lambda)$ verbessern: LMS cone fundamentals

Idee:

„Color Matching“ spielt sich fundamental auf der Ebene der spektralen Empfindlichkeiten der Zapfen-Zellen (L,M,S) statt

→ Modelle für Farb-/Helligkeitswahrnehmung, insbesondere „color matching functions“, auf L-,M-,S-Empfindlichkeiten aufbauen



CIE
COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
**TECHNICAL
REPORT**

FUNDAMENTAL CHROMATICITY
DIAGRAM WITH PHYSIOLOGICAL
AXES - PART 1

cie
**TECHNICAL
REPORT**

Fundamental Chromaticity Diagram with
Physiological Axes -
Part 1: Spectral Luminance Efficiency
Functions and Chromaticity Diagram

Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

9

Wie lässt sich $V(\lambda)$ verbessern: LMS cone fundamentals

Datenbasis für L-, M-, S-Zapfen spektrale Empfindlichkeiten derzeit auch nicht repräsentativer als für die Standard „Color Matching Functions“, aber

- Funktionale Beschreibung möglich/vorhanden
- Trennung von Rezeptorempfindlichkeiten und Transmissioneigenschaften des Auges möglich. Derzeit: spektrale optische Dichte der Makula als Funktion des Gesichtsfeldes, altersabhängige spektrale optische Dichte der „Augenoptik“, spektrale Absorption der L-, M- und S-Zapfen.
- Verbesserte Hellempfindlichkeitskurve (z.B. $V_F(\lambda)$)
- Farbräume mit höherer physiologischer Genauigkeit erwartet

➔ Übergang vom Konzept des Normalbeobachter hin zu einem allgemeinen parametrisierten Beobachtermodell

➔ Übergang vom einer „repräsentativen“ Wahrnehmungsmodell zu einem vollständigen physiologischen Modell

Dr. Tobias Schneider | DfwG Jahrestagung 2024

10

Cone fundamentals: CIE roadmap

The five proposed new CIE Technical Committees can be tentatively described with the following titles:

- (i) Creation of LMS-based measures similar to some measures within the XYZ system;
- (ii) Expansion of the cone fundamental wavelength range;
- (iii) LMS-based approximately uniform colour space;
- (iv) Recommendations for a global study of cone fundamental diversity;
- (v) Colorimetric effects of cone fundamental diversity.



Verbesserung / Erweiterung des LMS basierten Beobachtermodells

Anwendung für eine verbesserte **Farbmetrik** / Photometrie




100 years of $V(\lambda)$

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Technical Reports:

- CIE TECHNICAL REPORT
- CIE TECHNICAL REPORT
- CIE TECHNICAL REPORT

Diagrams showing colorimetric data and spectral power distributions.



DfwG-Jahrestagung 2024 in Göppingen

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

Christoph Schierz

*Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Maschinenbau
Fachgebiet Lichttechnik*

Übersicht

- **Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ seit 1924**
- Die auf Zapfen-Grundfunktionen basierende Funktion $V_F(\lambda)$
- Auswirkungen der neuen Photometrie und der neuen Farbmatrik
- Zusammenfassung

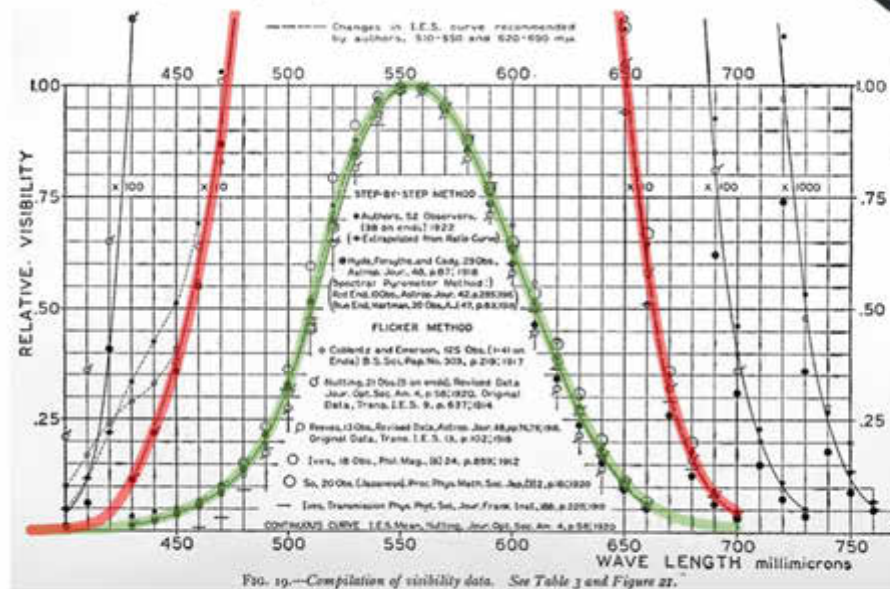
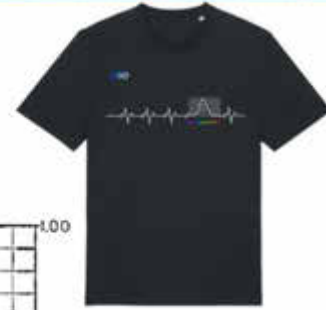
V(λ) Datengrundlage

Schritt-für-Schritt-Methode

Flimmerphotometrie

K.S. Gibson, E.P.T. Tyndall, 1923

<https://vlambda.machtgluecklich.shop/>



09.10.2024

Seite 4

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

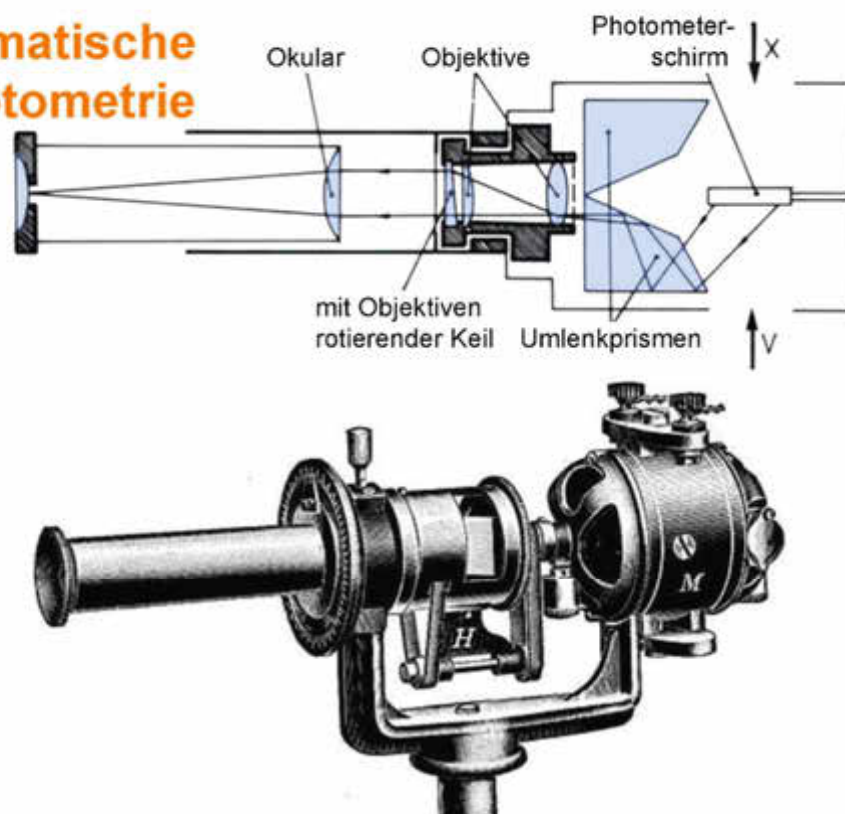
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Heterochromatische Flimmerphotometrie

Intensität



Zeit



09.10.2024

Seite 5

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Direkte heterochromatische Photometrie



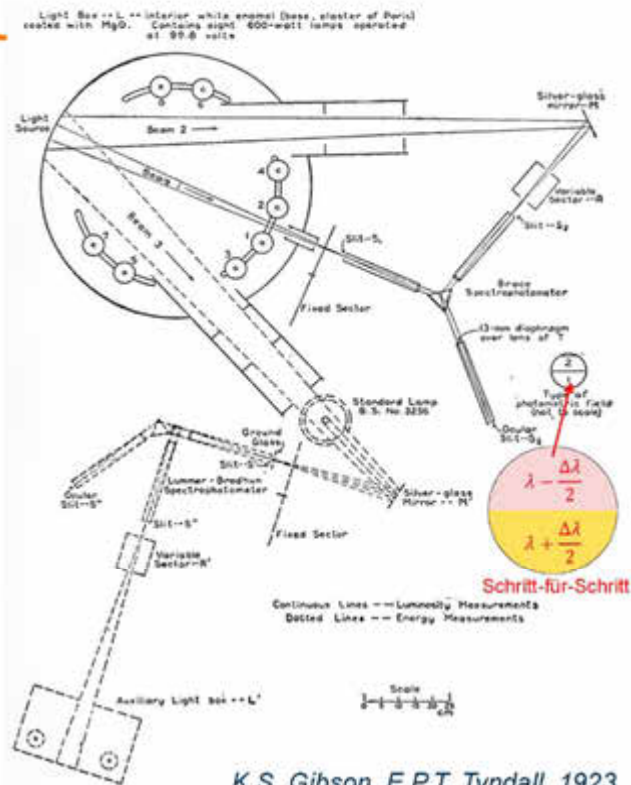
Kasson S. Gibson
(1890 – 1979)



Edward P. T. Tyndall
(1893 - 1979)



Brace Spectrophotometer



K.S. Gibson, E.P.T. Tyndall, 1923

09.10.2024

Seite 6

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad

Übersicht der Bestimmungsmethoden

P. Lennie et al., 1993

Methode	Sehreiz	Funktionsform	Additivität
Verwendung von zeitlichem oder räumlichem Wechsel			
Heterochromatische Flimmerphotometrie (HFP)	geringe Leuchtdichte	$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
Visuelle Gittersehschärfe	hohe Leuchtdichte	$V(\lambda)$ -ähnlich	nein
Bewegungsminimierung		$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
Direkte heterochromatische Photometrie			
Helligkeitsabgleich	klein	$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
Schritt-für-Schritt Helligkeitsabgleich	groß	breiter	nein
Minimal deutliche Grenze (MDB)		$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
Schachbrettmuster	3' aneinandergrenzend	$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
	3' separierte Elemente	$V(\lambda)$ -ähnlich	nein
Schwellenmethoden			
Absolute Schwelle	klein, schnell	$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
Zuwachsschwelle vor weißem Hintergrund	groß, langdauernd	Kerbe @ 570 nm	nein
Flimmerverschmelzungsfrequenz (CFF)	klein, schnell	$V(\lambda)$ -ähnlich	≈ ja
Visuelle Sehschärfe mit Landolt C	groß, langdauernd	3 breite Peaks	nein
Differenzdetektion für Gitter	geringe Leuchtdichte	$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
	1 Troland	$V(\lambda)$ -ähnlich	ja
	1000 Troland	breiter	nein @ << c^0
Beschleunigte Reaktion			
Kriterium-Reaktionszeit		$V(\lambda)$ -ähnlich	

09.10.2024

Seite 7

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Lineare Additivität

Abneys Gesetz

Die Gesamtleuchtdichte von Licht, das sich aus mehreren Wellenlängen zusammensetzt, ist gleich der Summe der Leuchtdichten seiner monochromatischen Komponenten



Sir William Abney
(1843 – 1920)

Subadditivität: $L_v(\lambda_1 + \lambda_2) < L_v(\lambda_1) + L_v(\lambda_2)$

Additivität: $L_v(\lambda_1 + \lambda_2) = L_v(\lambda_1) + L_v(\lambda_2)$

Superadditivität: $L_v(\lambda_1 + \lambda_2) > L_v(\lambda_1) + L_v(\lambda_2)$

Für ein praktikables System der Photometrie ist die Additivität unerlässlich: $V(\lambda)$ muss additiv sein, unabhängig von der Zusammensetzung der spektralen Strahldichte $L_{e,\lambda}(\lambda)$. Dies ermöglicht die spektrale Integration mit $V(\lambda)$ als Gewichtungsfunktion:

$$L_v = K_m \int_{\lambda} L_{e,\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

W. Abney et al., 1886
W. Abney, 1913

09.10.2024

Seite 8

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

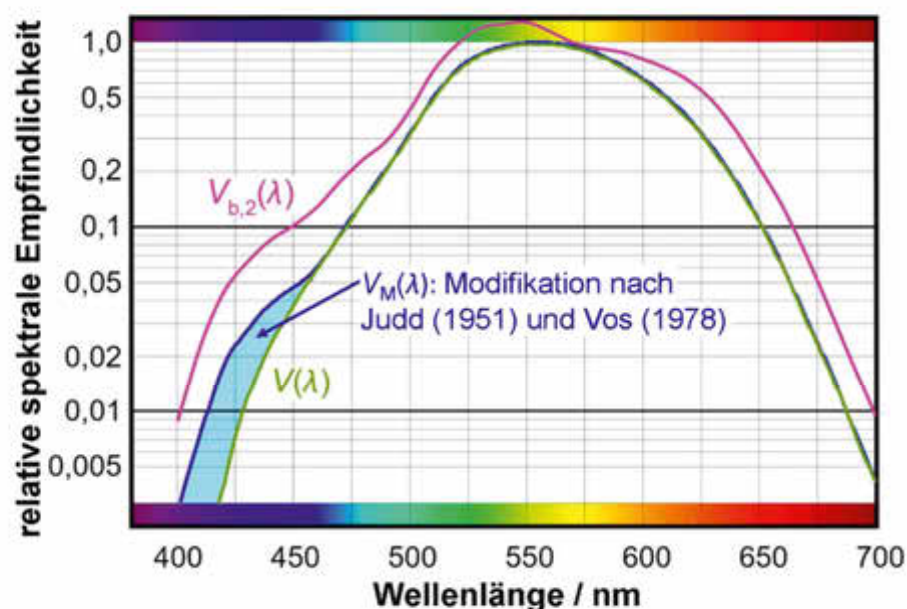


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Direkte heterochromatische Photometrie

$V_{b,2}(\lambda)$: Monochromatischer 2°-Farbreiz (nichtadditiv)

$V_M(\lambda)$: $\approx$ Monochromatische Punktlichtquelle (additiv)



CIE Report 75:1988

CIE Report 86:1990

09.10.2024

Seite 9

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

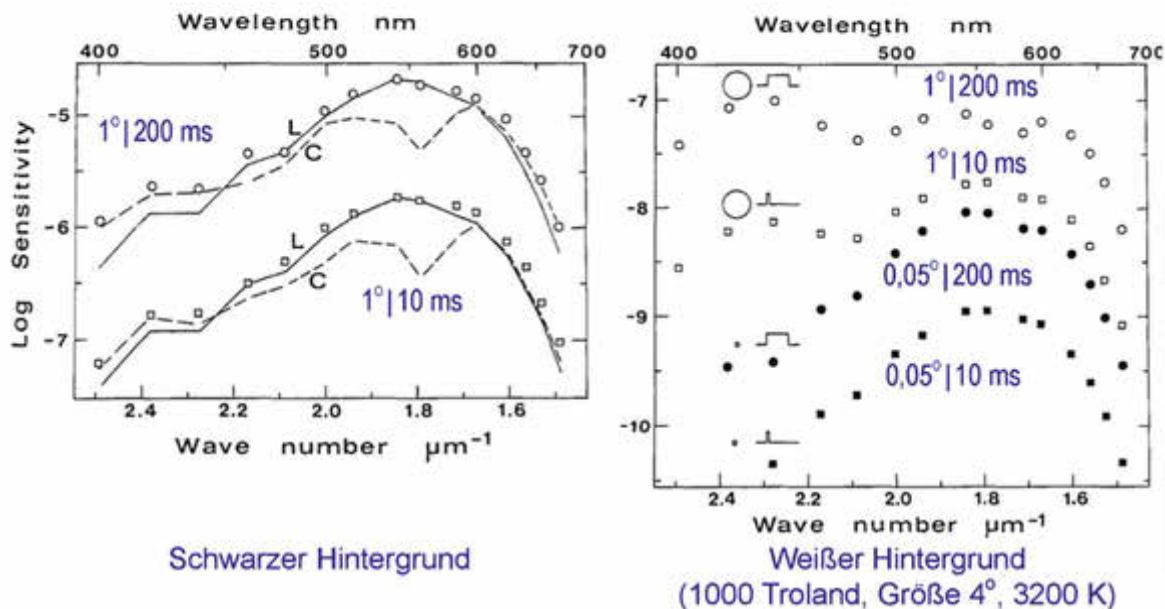


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Schwellenmethode

Absolute Schwelle auf Schwarz

Zuwachsschwelle auf Weiß



P.E. King-Smith, D. Carden, 1976

09.10.2024

Seite 10

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Spektrale Hellempfindlichkeitsgrade der CIE

Übersicht

Symbol	Einführungs-jahr	Photometrische Bedingungen Bereich, Feldgröße (Anmerkung)	Aktuelle Literaturquelle
$V(\lambda)$ $= \bar{v}(\lambda)$	1924 1931	photopisch, 2°	ISO/CIE 23539:2023 ISO/CIE 11664-1:2019
$V'(\lambda)$	1951	skotopisch, $20^\circ + 1^\circ$ [8° über Fovea]	ISO/CIE 23539:2023
$\bar{v}_{10}(\lambda)$ $= V_{10}(\lambda)$	1964 2005	photopisch, 10°	ISO/CIE 11664-1:2019 ISO/CIE 23539:2023
$V_{b,2}(\lambda)$	1988	photopisch, 2° (monochrom. Quelle)	CIE 075-1988
$V_{b,10}(\lambda)$	1988	photopisch, 10° (monochrom. Quelle)	CIE 075-1988
$V_M(\lambda)$	1990	photopisch, 2° (Judd-Vos-Korrektur)	CIE 086-1990
$V_s(\lambda)$	2011	photopisch, 2° (altersabhängig)	CIE 196:2011
$V_F(\lambda)$	2015	photopisch, 2° (Zapfen-Grundfunktion)	CIE 170-2:2015
$V_{F,10}(\lambda)$	2015	photopisch, 10° (Zapfen-Grundfunktion)	CIE 170-2:2015
$V_{mes,m}(\lambda)$	2023	mesopisch, $??^\circ$ (leuchtdichteabhängig)	ISO/CIE 23539:2023

09.10.2024

Seite 11

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

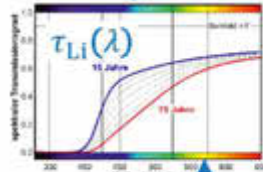


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

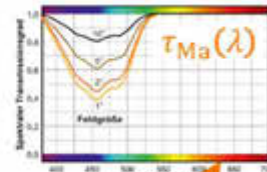
Vom Spektrum zu den Zapfenantworten

Spektrale Transmissions- und Absorptionsgrade

Spektraler Transmissionsgrad der Augenlinse



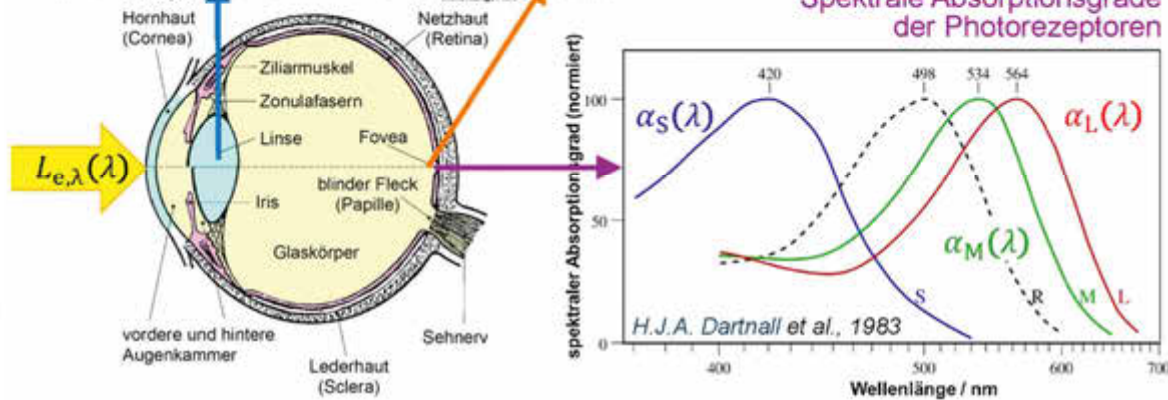
Spektraler Transmissionsgrad der Makula



Sehzapfen-Grundfunktionen
„Cone fundamentals“

$$\begin{aligned}\bar{I}(\lambda) &= \tau_{Li}(\lambda) \cdot \tau_{Ma}(\lambda) \cdot \alpha_L(\lambda) \\ \bar{m}(\lambda) &= \tau_{Li}(\lambda) \cdot \tau_{Ma}(\lambda) \cdot \alpha_M(\lambda) \\ \bar{s}(\lambda) &= \tau_{Li}(\lambda) \cdot \tau_{Ma}(\lambda) \cdot \alpha_S(\lambda)\end{aligned}$$

Spektrale Absorptionsgrade der Photorezeptoren



09.10.2024

Seite 12

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT

of science

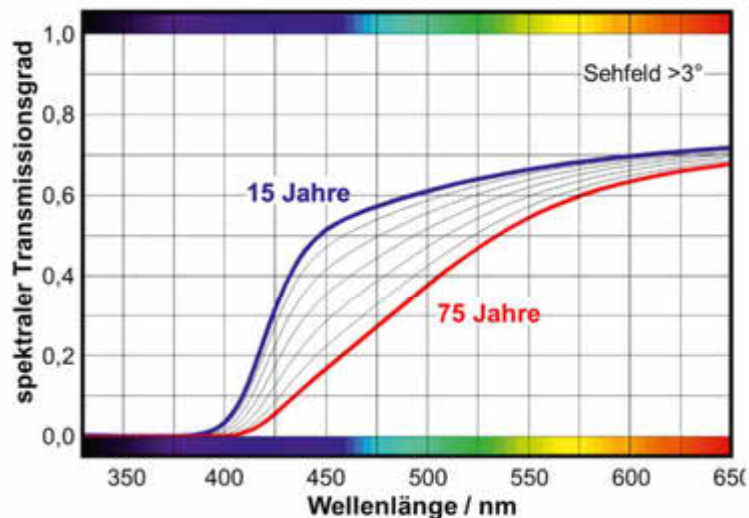
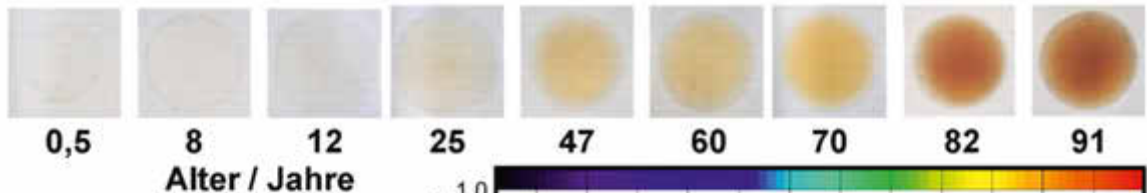
lu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

Transmissionsgrad des Auges

Abhängigkeit vom Alter

S. Lerman, 1980



van de Kraats et al., 2007

09.10.2024

Seite 13

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT

of science

lu

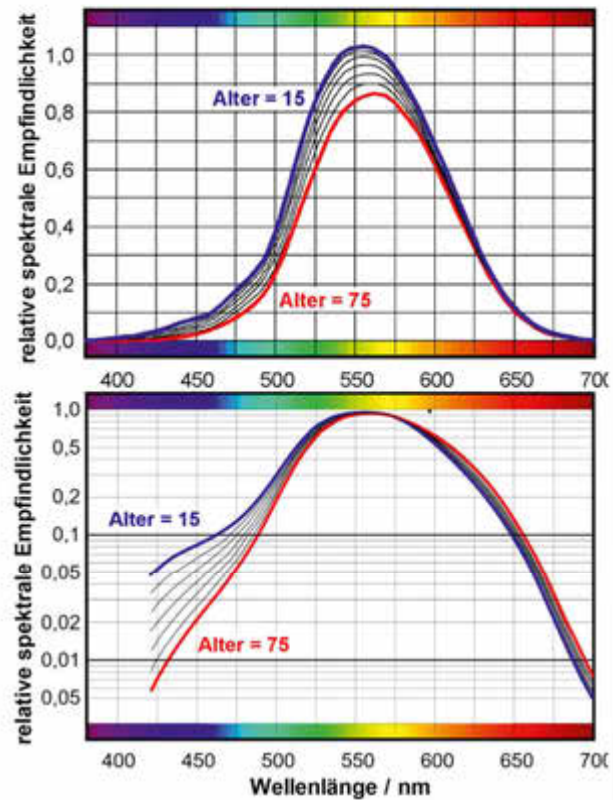
TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V_a(\lambda)$

altersabhängig,
photopisch,
2°-Sehfeld

CIE 196:2011

K. Sagawa, Y. Takahashi, 2001



09.10.2024 Seite 14

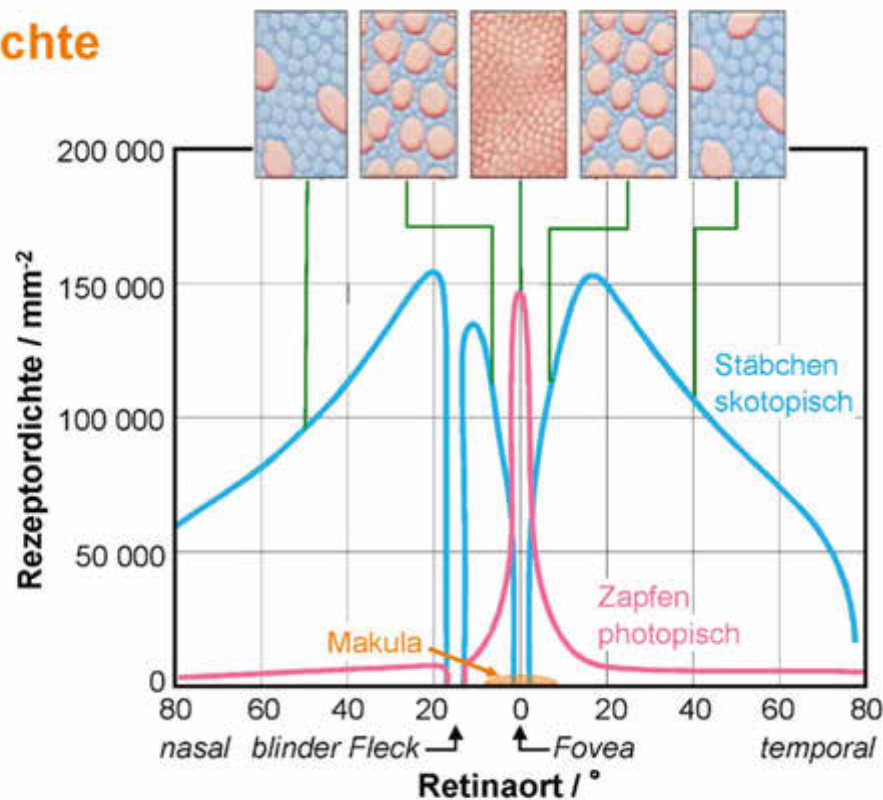
Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

tu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Rezeptordichte der Retina



G. Osterberg, 1935

09.10.2024 Seite 15

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

tu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Makula (gelber Fleck)

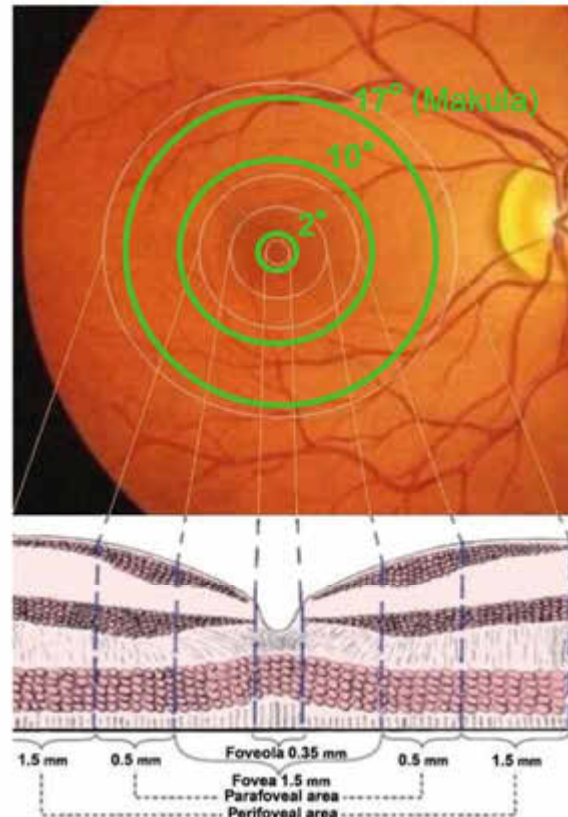
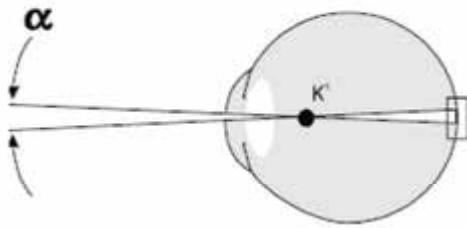
Anatomie der zentralen Retina

Sehwinkel α

z.B. 2° (0,6 mm Durchmesser)

10° (3,0 mm Durchmesser)

17° (5,0 mm Durchmesser)



09.10.2024

Seite 16

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

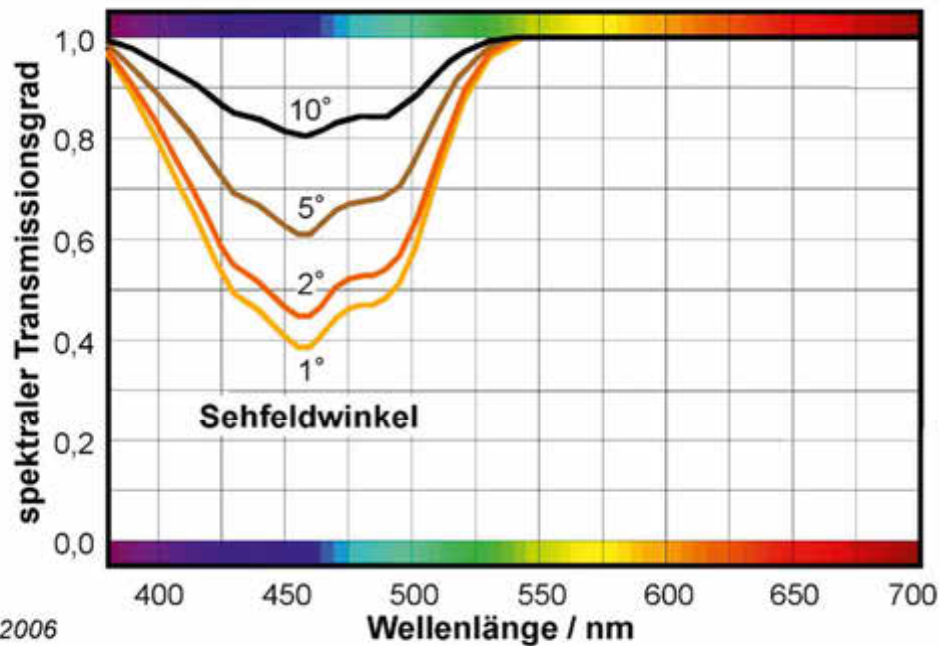
The SPIRIT
of science

lu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Makula (gelber Fleck)

Transmissionsgrad und Einfluss des Sehfeldwinkels



CIE Report 170-1:2006

09.10.2024

Seite 17

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

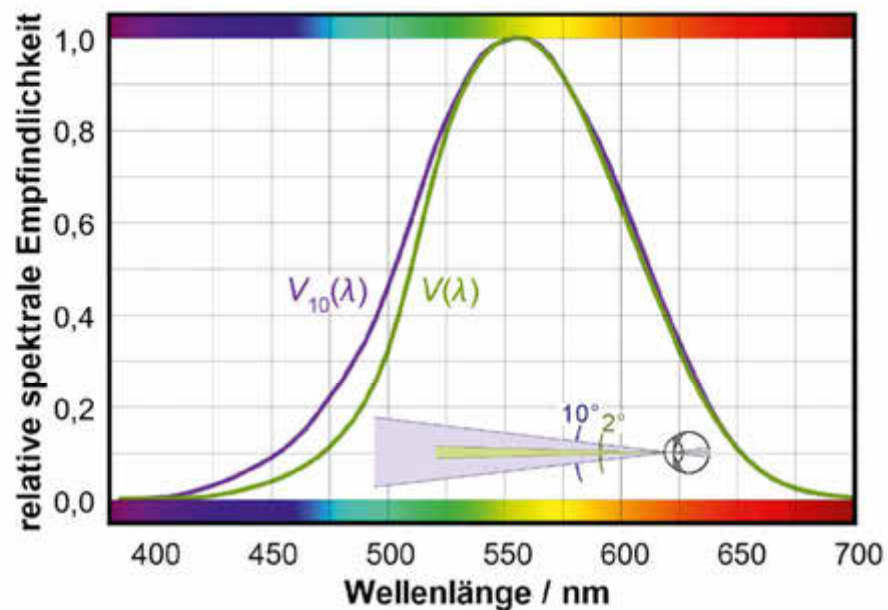
lu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad

$V_{10}(\lambda)$ photopisch (Tagsehen)
von 1964 für 10°-Sehwinkel

$V(\lambda)$ photopisch (Tagsehen)
von 1924 für 2°-Sehwinkel



ISO/CIE 23539:2023

09.10.2024

Seite 18

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

lu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Übersicht

- Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ seit 1924
- **Die auf Zapfen-Grundfunktionen basierende Funktion $V_F(\lambda)$**
- Auswirkungen der neuen Photometrie und der neuen Farbmeterik
- Zusammenfassung

09.10.2024

Seite 19

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

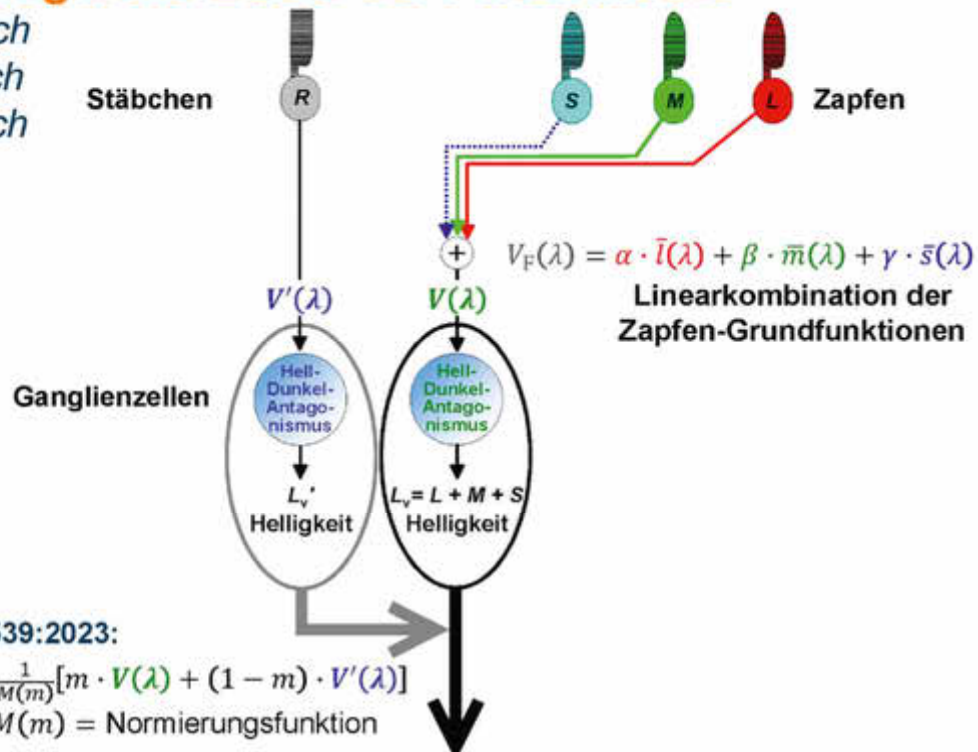
The SPIRIT
of science

lu

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Physiologische Basis der Photometrie

Photopisch
Mesopisch
Skotopisch



09.10.2024

Seite 20

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of scienceTECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

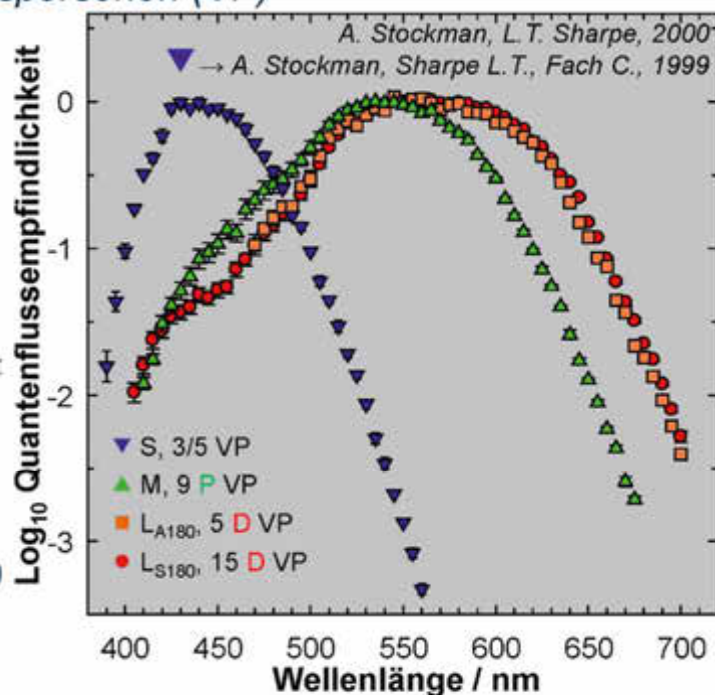
M- und L-Zapfen-Grundfunktionen

Messungen an Versuchspersonen (VP)



Andrew
Stockman

- 29 genetisch kontrollierte Dichromate (D, P; 18...45 y)
- Flimmerphotometrie 2° und 10°: 560 nm vs. λ | 25 Hz & 16 Hz
- Monochromatischer Hintergrund 430 nm | 680 cd/m² | 18°
- Gegenprüfung mit farbmetrischen Daten an 9 (2°) und 39 (10°) VP (Stiles, Burch, 1955/1959)
- Gegenprüfung mit Absorptionsspektren der Rezeptoren (Dartnall et al., 1983)



09.10.2024

Seite 21

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

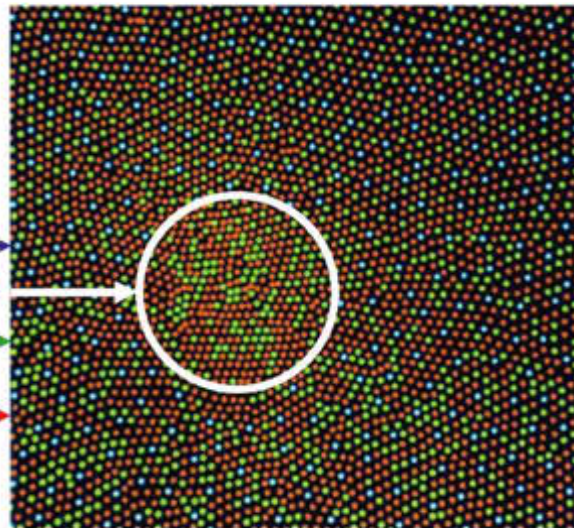
The SPIRIT
of scienceTECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Rezeptormosaik

Verteilung der Zapfentypen

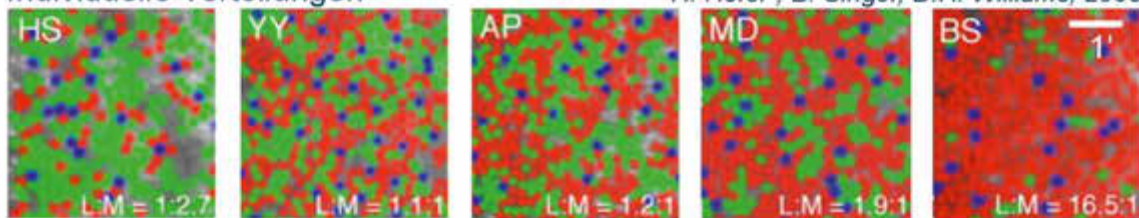
- Psychophysikalische Daten deuten darauf hin, dass die relative Anzahl der Rezeptortypen im 2°-Feld 1:17:34 beträgt (Vos, 1990).
- Bestimmt die Anzahl der Rezeptortypen die spektrale Hellempfindlichkeit?
- Offenbar nicht: entscheidend sind die individuellen absoluten Empfindlichkeiten der Rezeptortypen.

S →
Foveola
 M →
 L →



Individuelle Verteilungen

H. Hofer, B. Singer, D.R. Williams, 2005



09.10.2024

Seite 22

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

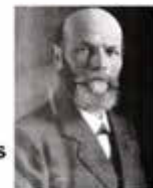


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

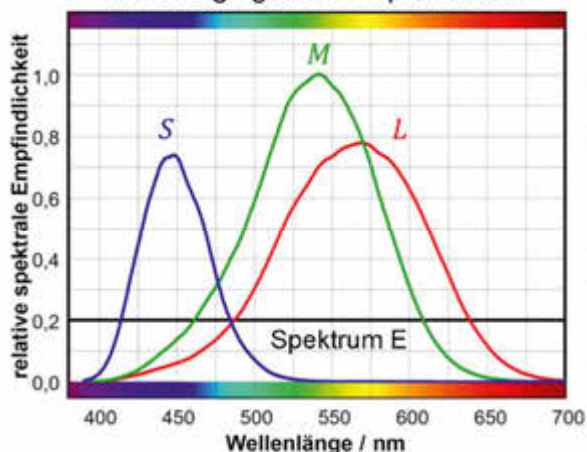
Farbumstimmung mit von Kries-Transformation

von Kries-Koeffizienten k_S , k_M und k_L

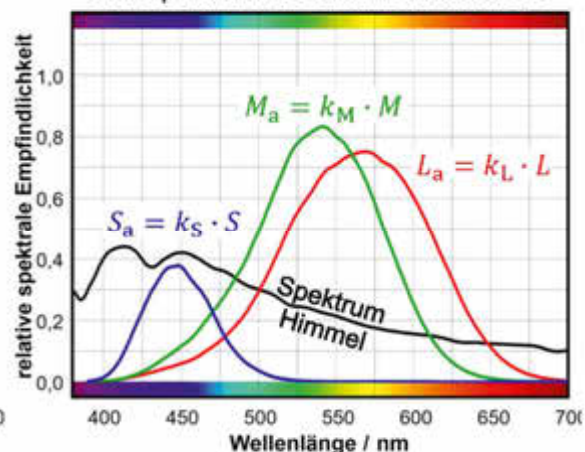
Johannes von Kries
(1853-1928)



Rezeptoren gleich stark adaptiert
auf energiegleiches Spektrum E



Farbumstimmung (Farbadaptation)
auf Spektrum des blauen Himmels



09.10.2024

Seite 23

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

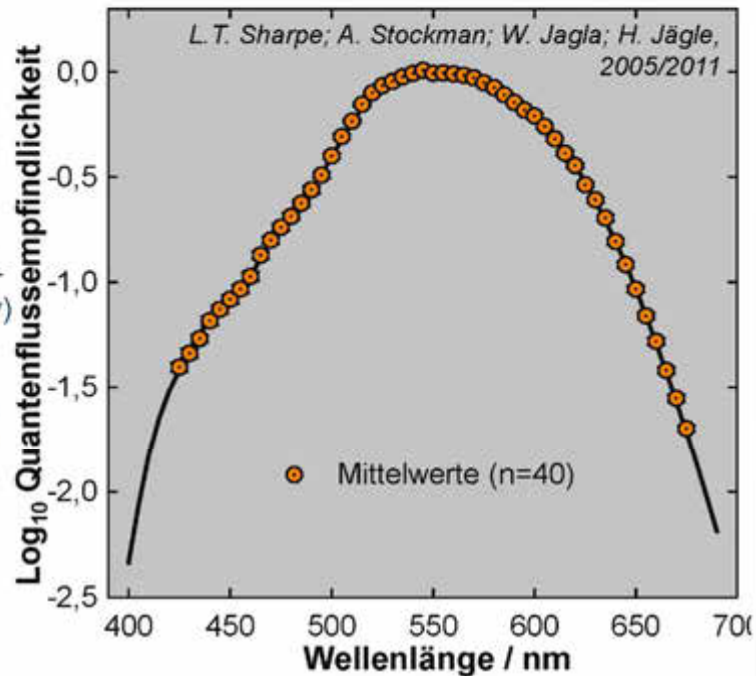
Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V^*(\lambda)$

Messungen an Versuchspersonen (VP)



Lindsay
Theodore
Sharpe

- 40 genetisch kontrollierte Trichromate (5f, 25m; 18...48y)
- Flimmerphotometrie: 560nm vs. λ | 25 Hz | 2°
- Weißer Hintergrund, äquivalent zu D65 | 566 cd/m² | 16°
- Korrektur des Sehobjekt-Einflusses auf die Farbumstimmung
- Konsistent mit einer Linearkombination der M- und L-Zapfen-Grundfunktionen



09.10.2024

Seite 24

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Neue spektrale 2°-Empfindlichkeiten

Zapfen-Grundfunktionen $\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$, $\bar{s}(\lambda)$

Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V_F(\lambda)$ für D65-Adaptation

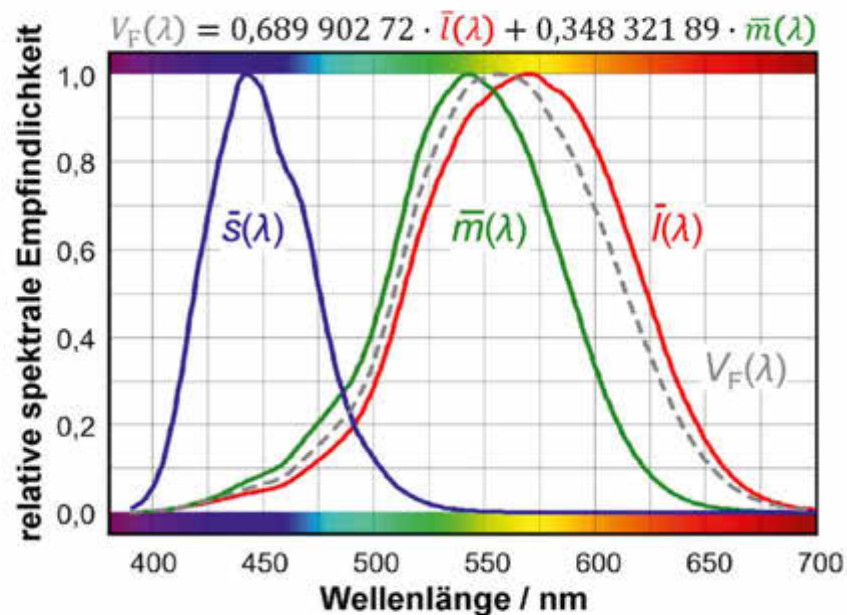
"Cone-fundamental-based luminous efficiency functions"

Definitionen auch für 10°-Sehfeldwinkel:

$\bar{l}_{10}(\lambda)$, $\bar{m}_{10}(\lambda)$, $\bar{s}_{10}(\lambda)$
und $V_{F,10}(\lambda)$

L. T. Sharpe et al., 2005
CIE 170-1, 2006

L. T. Sharpe et al., 2011
CIE 170-2, 2015



09.10.2024

Seite 25

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Übersicht

- Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ seit 1924
- Die auf Zapfen-Grundfunktionen basierende Funktion $V_F(\lambda)$
- **Auswirkungen der neuen Photometrie und der neuen Farbmatrik**
- Zusammenfassung

09.10.2024

Seite 26

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of science

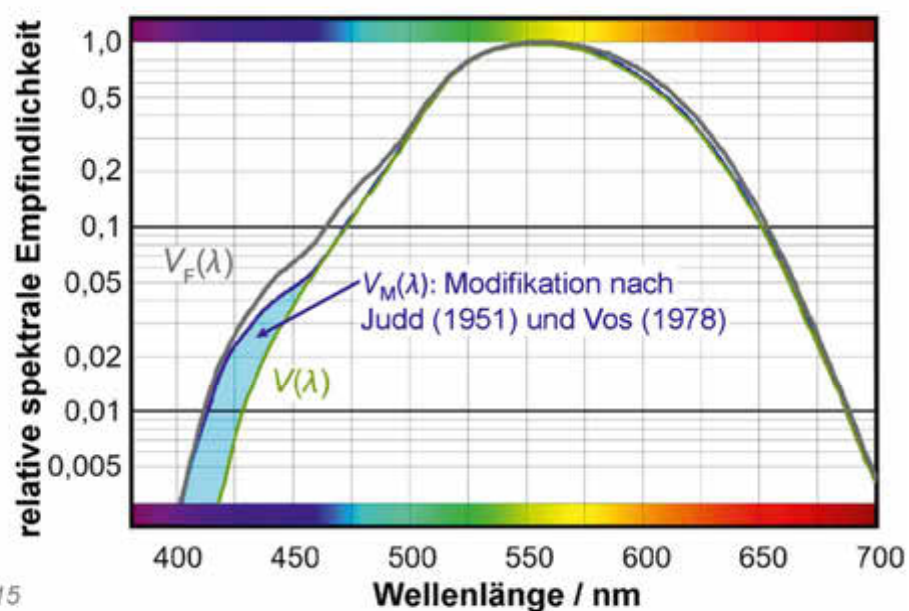


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Vergleich $V(\lambda)$ mit $V_M(\lambda)$ und $V_F(\lambda)$

$V_M(\lambda)$: CIE 1988 modifiziert

$V_F(\lambda)$: basierend auf Zapfen-Grundfunktionen



CIE Report 86:1990

CIE Report 170-2:2015

09.10.2024

Seite 27

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

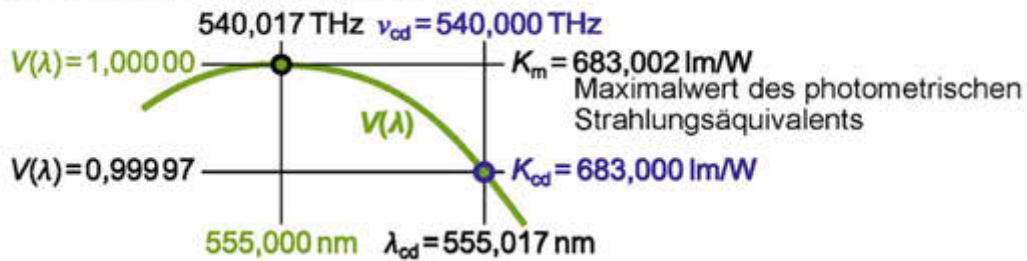
The SPIRIT
of science



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Auswirkungen bei Wechsel $V(\lambda) \rightarrow V_F(\lambda)$

Definition der SI-Einheit "Candela"

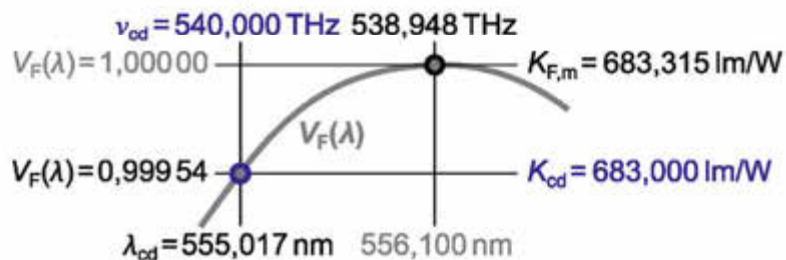


Verankert durch die Definition der Candela

Verankert durch die Definition von $V(\lambda)$

Verankert durch die Definition von $V_F(\lambda)$

→ Die SI-Einheit „Candela“ muss nicht verändert werden!



09.10.2024 Seite 28

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

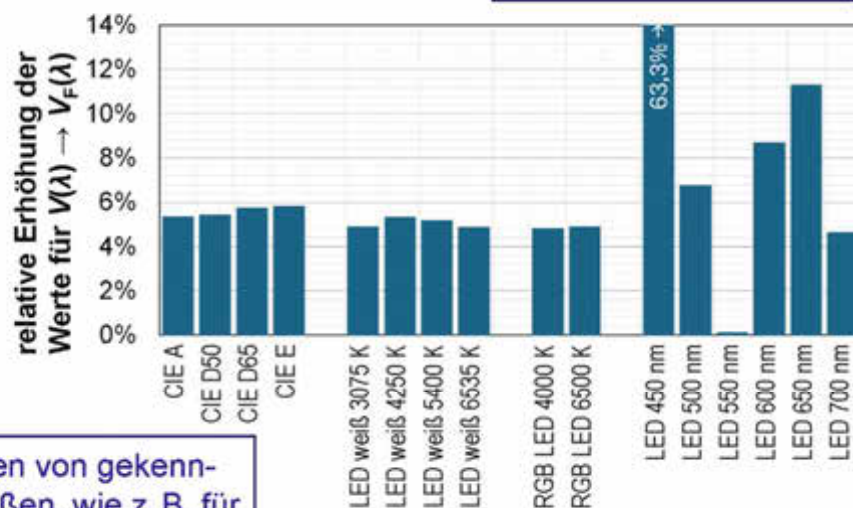
The SPIRIT of science

TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

Vergleich $V_F(\lambda)$ mit $V(\lambda)$

Änderung der photometrischen Werte für typische Lichtquellen

→ Ist es notwendig, die Definition der SI-Einheit „Candela“ zu ändern?



→ Nein! Verwenden von gekennzeichneten Größen, wie z. B. für die Beleuchtungsstärke E_F in lx (analog für 10° -Feld: $E_{F,10}$ in lx)

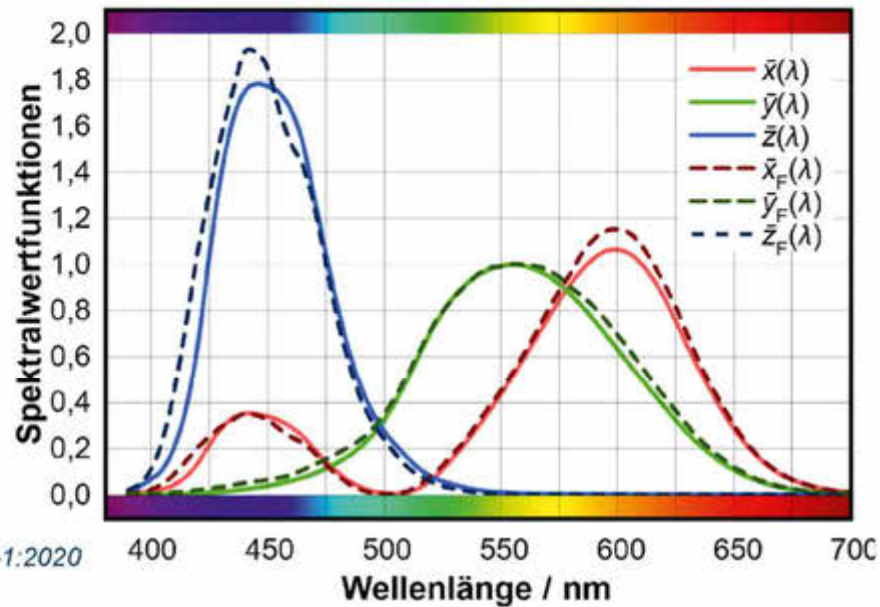
09.10.2024 Seite 29

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT of science

TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

Vergleich der 2°-Spektralwertfunktionen



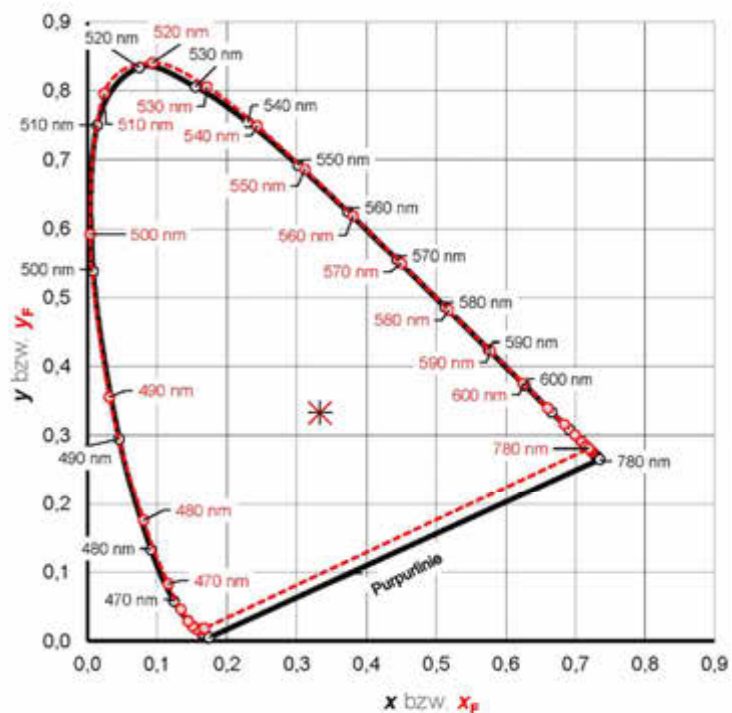
09.10.2024

Seite 30

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of scienceTECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Vergleich der 2°-Normfarbtafeln

DIN EN ISO/CIE 11664-3:2020
CIE 170-2:2015

09.10.2024

Seite 31

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of scienceTECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Zusammenfassung

- Studien mit Versuchspersonen zeigten anfangs des 20. Jahrhunderts, dass die Flimmerphotometrie und die direkte heterochromatische Photometrie nach der Schritt-für-Schrittmethode zuverlässige spektrale Helligkeitsempfindlichkeitsfunktionen liefern, die auch die lineare Additivität (das Abneysche Gesetz) erfüllen.
- Auf der Grundlage solcher Untersuchungen führte die CIE 1924 den noch heute gebräuchlichen spektralen Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ für photopisches Sehen im 2°-Sehfeld ein.
- Später führte die CIE weitere $V_x(\lambda)$ -Funktionen ein, 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 neueste Entwicklung sind ein photometrisches (und farbmatisches) 2°-System, das auf Zapfen-Grundfunktionen $\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$ und $\bar{s}(\lambda)$ beruht. Eine neue spektrale Hellempfindlichkeitsfunktion $V_F(\lambda)$, die mit diesen Grundfunktionen für die Lichtart D65 als Linearkombination kompatibel ist, wurde veröffentlicht (ebenso für 10°).
- Ob $V_F(\lambda)$ die bestehende $V(\lambda)$ ersetzen oder ergänzen und damit die SI-Einheit Candela gefährden soll, wird derzeit kontrovers diskutiert.
- Die Farbumstimmung an andere Lichtfarben, kognitive Einflüsse, andere Feldgrößen und andere Altersstufen werden nicht berücksichtigt.
- Es können jedoch Modelle für beliebige Kombinationen von Feldgröße und Altersstufe entwickelt werden.

Literaturverzeichnis

- [Abney](#), W.; Festing, E.R. (1886): „Colour photometry“. Philos. Trans. R. Soc. London V177 P423-456.
- [Abney](#), W. (1913): Researches in Colour Vision (Longmans, Green, London).
- [CIE 75](#) (1988): Spectral luminous efficiency functions based upon brightness matching for monochromatic point sources, 2° and 10° fields. CIE Central Bureau, Vienna.
- [CIE 86](#) (1990): 2° spectral luminous efficiency function for photopic vision. CIE Central Bureau, Vienna.
- [CIE 170-1](#) (2006): Fundamental chromaticity diagram with physiological axes - Part 1. CIE, Vienna.
- [CIE 170-2](#) (2015): Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes – Part 2: Spectral Luminous Efficiency Functions and Chromaticity Diagrams. CIE Central Bureau, Vienna.
- [CIE 196](#) (2011): CIE Guide to Increasing Accessibility in Light and Lighting. CIE Central Bureau, Vienna.
- [CIE 200](#) (2011): CIE Supplementary System of Photometry. CIE Central Bureau, Vienna.
- [Dartnall](#), H.J.A.; Bowmaker, J.K.; Mollon, J.D. (1983): Human Visual Pigments. Microspectrophotometric Results from the Eyes of Seven Persons. Proc. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci. V220 N1218 P115-130.
- [Gibson](#), K.S.; Tyndall, E.P.T. (1923): Visibility of radiant energy. Sci. Pa. Natl. Bur. Stand. V19 P131.
- [Hofer](#), H.; Singer, B.; Williams, D.R. (2005): Different sensations from cones with the same photopigment. J. Vis. V5 N5 P444-454.
- [ISO/CIE 23539](#) (2023): Photometry - The CIE system of physical photometry. CIE Central Bureau, Vienna.
- Judd, D.B. (1951): Secr. Rep. "Colorimetry and artificial daylight," in Proc. 12th Session C.I.E., Stockholm, Vol. I, Techn. Committee No. 7, Bureau Central de la CIE, Paris, P11.
- Judd, D.B. (1979): Contributions to Color Science. Washington D.C. 20234: NBS P316.
- [King-Smith](#), P.E.; Carden, D. (1976): Luminance and opponent-color contributions to visual detection and adaptation and to temporal and spatial integration. J. Opt. Soc. Am. V66 N7 P709-717.
- [Lennie](#), P.; Pokorny, J.; Smith, V.C. (1993): Luminance. J. Opt. Soc. Am. A V10 N6 P1283.
- [Lerman](#), S. (1980): Radiant energy and the eye. London, Balliere Tindall.
- Osterberg G. (1934): Topography of the layer of rods and cones in the human retina. Acta Ophthal. Suppl. V6 P1-103.

Literaturverzeichnis (Fortsetzung)

- [Sagawa](#), K.; Takahashi, Y. (2001): Spectral luminous efficiency as a function of age. J. Opt. Soc. Am. A V18 N11 P2659.
- [Sagawa](#), K. (2006): Toward a CIE supplementary system of photometry: brightness at any level including mesopic vision. Ophthal. Physiol. Opt. V26 N3 P240-245.
- [Sharpe](#), L.T.; Stockman, A.; Jagla, W.; Jägle, H. (2005): A luminous efficiency function, $V^*(\lambda)$, for daylight adaptation. J. Vis. V5 N11 P948-968.
- [Sharpe](#), L.T.; Stockman, A.; Jagla, W.; Jägle, H. (2011): A luminous efficiency function, $V_{DS^*}(\lambda)$, for daylight adaptation. A correction. Color Res. Appl. V36 N1 P42-46.
- [Stiles](#), W.S.; Burch, J.M. (1955): Interim report to the CIE, Zurich, 1955, on the National Physical Laboratory's investigation of colour-matching (1955). Opt. Acta (Lond) V2 N4 P168-181.
- [Stiles](#), W.S.; Burch, J.M. (1959): N. P. L. colour-matching investigation: Final report (1958). Opt. Acta (Lond) V6 N1 P1-26.
- [Stockman](#), A.; Sharpe, L.T.; Fach, C. (1999): The spectral sensitivity of the human short-wavelength sensitive cones derived from thresholds and color matches. Vision Res. V39 N17 P2901-2927.
- [Stockman](#), A.; Sharpe, L.T. (2000): The spectral sensitivities of the middle- and long-wavelength-sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype. Vision Res. V40 N13 P1711-1737.
- [Stockman](#), A.; Jägle, H.; Pirzer, M.; Sharpe, L.T. (2008): The dependence of luminous efficiency on chromatic adaptation. J. Vis. V8 N16 P1-26.
- [Van de Kraats](#), J.; van Norren, D. (2007): Optical density of the aging human ocular media in the visible and the UV. J. Opt. Soc. Am. A V24 N7 P1842-1857.
- [Vos](#), J.J. (1978): Colorimetric and photometric properties of a 2° fundamental observer. Color Res. Appl. V3 N3 P125-128.
- [Vos](#), J.J.; Estévez, O.; Walraven, P.L. (1990): Improved color fundamentals offer a new view on photometric additivity. Vision Res. V30 N6 P937-943.
- [White](#), M. (1979): A new effect on perceived lightness. Perception V8 P413-416.
- [Zavagno](#), D. (2005): The phantom illumination illusion. Percept. Psychophys. V67 N2 P209-218.

09.10.2024

Seite 35

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of scienceTECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Univ.-Prof. Dr. Christoph Schierz
TU Ilmenau

Fakultät für Maschinenbau

Fachgebiet Lichttechnik

Prof.-Schmidt-Straße 26

98683 Ilmenau

christoph.schierz@tu-ilmenau.de

<http://www.tu-ilmenau.de/lichttechnik/>



09.10.2024

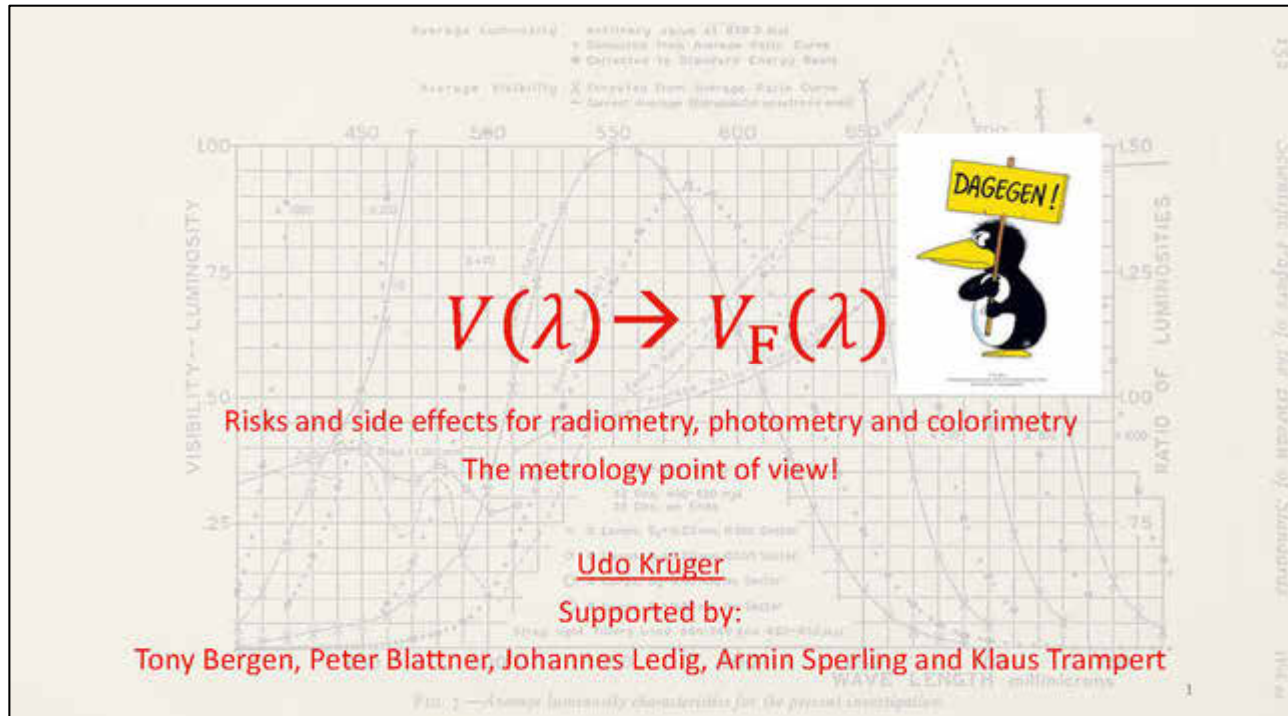
Seite 33

Christoph Schierz | Fachgebiet Lichttechnik

The SPIRIT
of scienceTECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

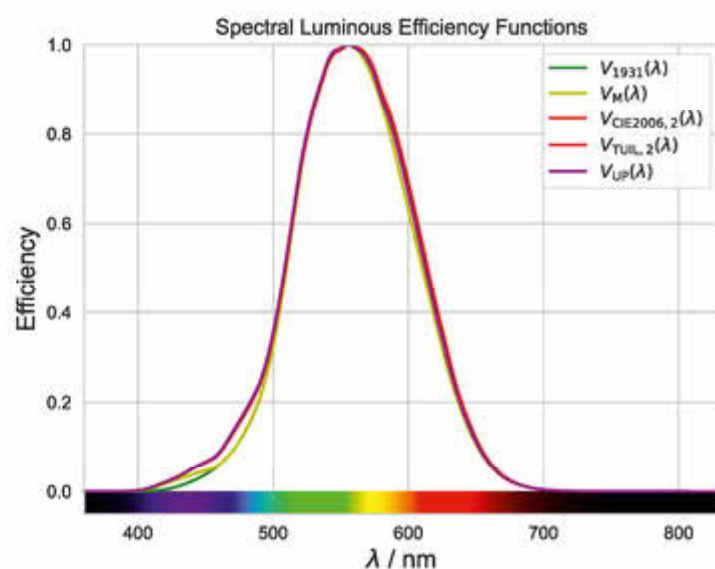
Risks and side effects for radiometry, photometry and colorimetry – The metrology point of view!

Udo Krüger



Overview

- Traceability
- Impact of a $V(\lambda)$ change
 - SMCF
 - ONE new observer?



SI

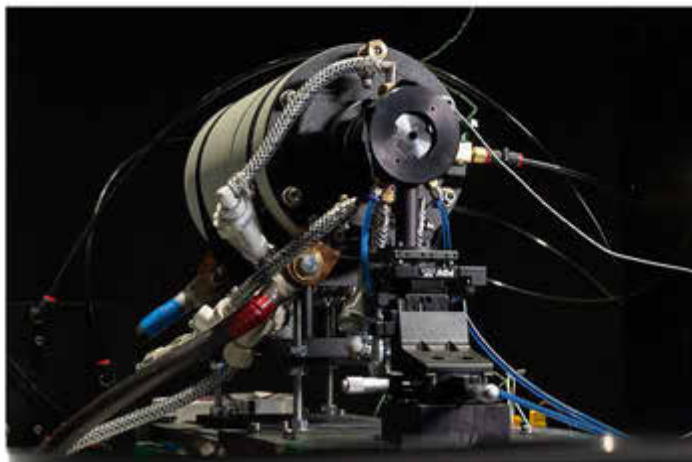


Die Sekunde war lange Zeit als ein Bruchteil des mittleren Sonnentages definiert, wobei die Definition für den „mittleren Sonnentag“ der Astronomie überlassen wurde. Eine Sekunde betrug demnach $1/86\,400$ ($86\,400 = 24 \cdot 60 \cdot 60$) dieses mittleren Sonnentages.

60 cd ist die Lichtstärke der 1 cm^2 großen Öffnung eines schwarzen Körpers (in Form eines Hohlkörpers) mit einer Temperatur von 2045 K (Schmelztemperatur von Platin)

Die Sekunde, Einheitenzeichen s, ist die SI-Einheit der Zeit. Sie ist definiert, indem für die Cäsium-frequenz $\Delta\nu$, der Frequenz des ungestörten Hyperfeinübergangs des Grundzustands des Cäsiumatoms 133, der Zahlenwert 9 192 631 770 festgelegt wird, ausgedrückt in der Einheit Hz, die gleich s^{-1} ist.

Die Candela, Einheitenzeichen cd, ist die SI-Einheit der Lichtstärke in einer bestimmten Richtung. Sie ist definiert, indem für das photometrische Strahlungsäquivalent K_{cd} der monochromatischen Strahlung der Frequenz $540 \times 10^{12}\text{ Hz}$ der Zahlenwert 683 festgelegt wird, ausgedrückt in der Einheit lm W^{-1}



COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
NEUVIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES
RÉUNIE À PARIS EN 1948.

Intensité lumineuse.

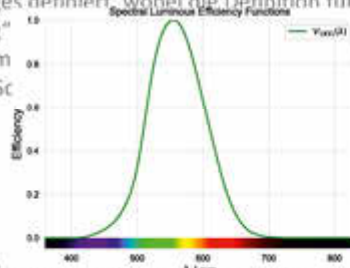
L'unité principale d'intensité lumineuse est la candela.

La candela est le soixantième de l'intensité lumineuse émise normalement par un centimètre carré du radiateur intégral (corps noir) à la température de solidification du platine.

SI

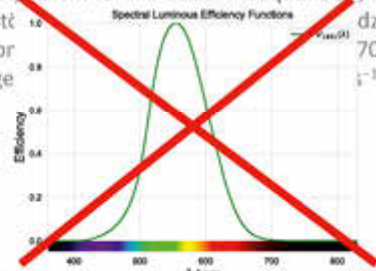


Die Sekunde war lange Zeit als ein Bruchteil des mittleren Sonnentages definiert, wobei die Definition für den „mittleren Sonnentag“ betrug dem mittleren Sc



60 cd ist die Lichtstärke eines schwarzen Körpers (in Form eines Hohlkörpers) mit einer Temperatur von 2045 K (Schmelztemperatur von Platin)

Die Sekunde, Einheitenzeichen s, ist die SI-Einheit der Zeit. Sie ist definiert, indem für die Cäsium-frequenz $\Delta\nu$, der Frequenz des ungestörten Cäsiumatoms, festgelegt wird, ausge



Die Candela, Einheitenzeichen cd, ist die SI-Einheit der Lichtstärke in einer bestimmten Richtung. Sie ist definiert, indem für das photometrische Strahlungsäquivalent K_{cd} der monochromatischen Strahlung der Frequenz 540×10^{12} Hz der Zahlenwert 683 festgelegt wird, ausgedrückt in der Einheit lm W^{-1}

5

Mise en pratique

Mise en pratique for the definition of the candela and associated derived units for photometric and radiometric quantities in the SI

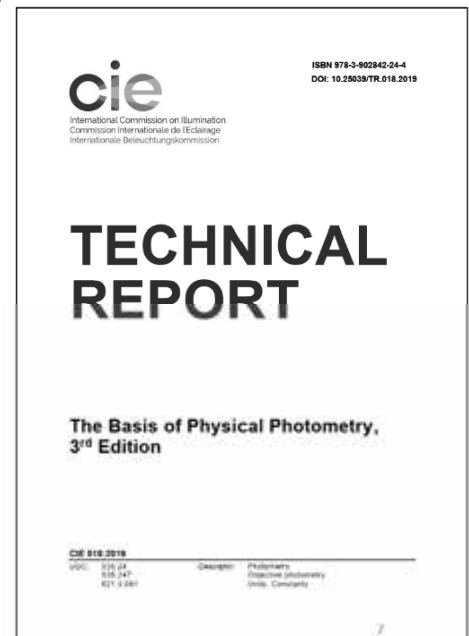
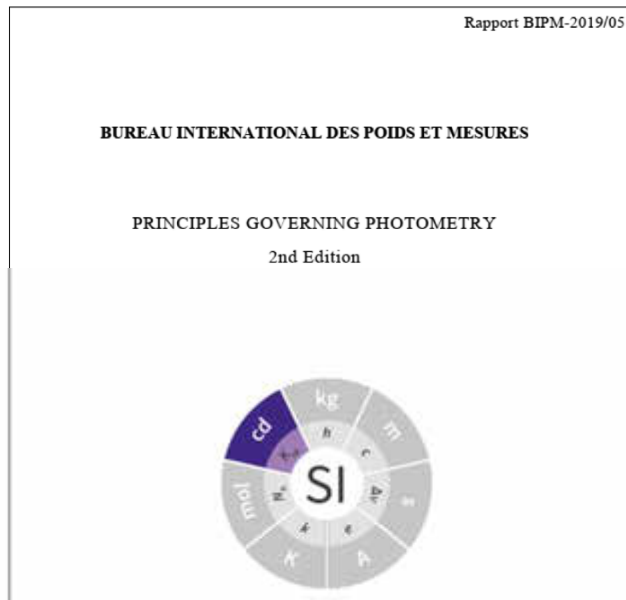
Consultative Committee for Photometry and Radiometry

- The objective of **photometry** is to **measure light** in such a way that the result of the measurement correlates with the **visual sensation of brightness** experienced by a **human observer** for the same radiation.
- For this purpose, the International Commission on Illumination (CIE) has defined a **set of spectral weighting functions** or action spectra, referred to as **spectral luminous efficiency functions** that describe the relative spectral sensitivity of the average human eye for specified visual conditions.
- Function of wavelength
(dry air at 15 °C and 101 325 Pa, containing 0.045 % by volume of carbon dioxide)
- The constant, K_{cd} , **together with the spectral luminous efficiency functions**, relates photometric quantities and radiometric quantities to establish a metrologically consistent system.

Use $V(\lambda)$ but defined in PGP.

6

Principles Governing Photometry



Principles Governing Photometry

With $V(\lambda)$!

- Photometric quantity definition
- Photometric units
- Spectral luminous efficiency functions (Tabled in the Document)
 - Photopic Vision
 - Scotopic Vision
 - Mesopic Vision
 - 10° Photopic Vision

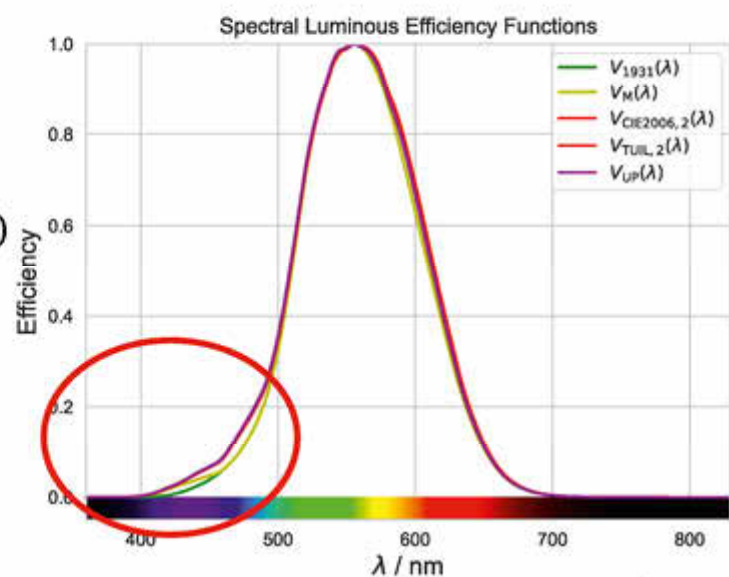
Principles Governing Photometry

- For **research** purposes, photometric quantities for observers other than those introduced in the above subclauses may be used, e.g. the CIE 2015 physiologically-based spectral luminous efficiency function (CIE, 2015), and the CIE 1988 modified 2° observer (CIE, 1990). When one of these alternative CIE-defined observers is used, an **appropriate quantity name** (e.g. CIE 2015 luminous flux, or CIE 1988 luminous flux), and an appropriate symbol for the quantities (e.g. Φ_F or Φ_M) should be used to avoid any confusion with other CIE-defined photometric quantities. In any case, the **same SI units** – cd, lm, lx, $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ – are used and these **must not be modified**.
- Photometric units are not used for non-visual effects (CIE, 2018a). For non-visual effects radiometric units are used.

9

Updates for $V(\lambda)$

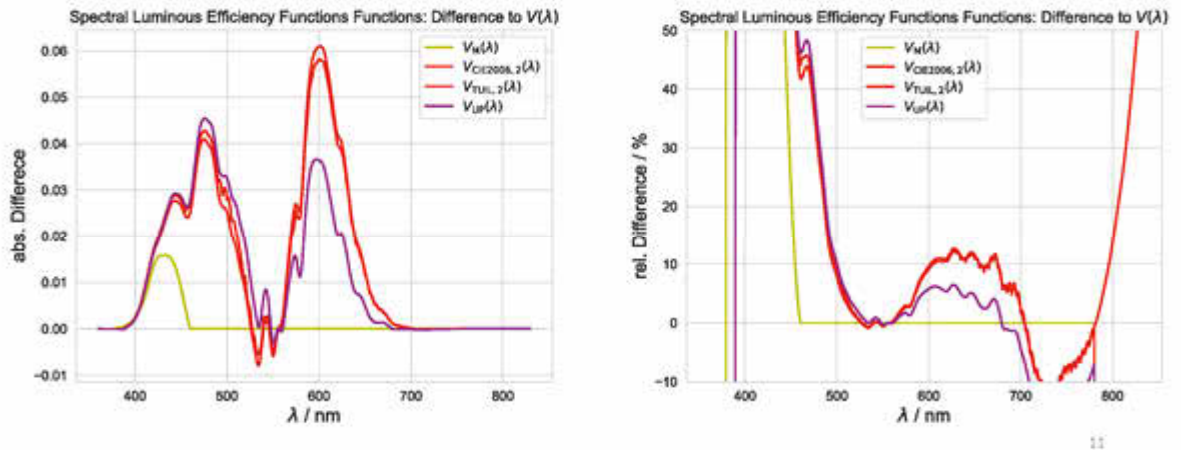
- CIE 1931 $V(\lambda)$
- Judd (1951)
- Judd and Vos (1978), $V_M(\lambda)$
- CIE 2006, $V_F(\lambda)$
- TUIL (2014)
- UP (2007)



10

What is the difference?

$$V_x(\lambda) - V(\lambda)$$



Future of $V(\lambda) \rightarrow V_F(\lambda)$

In 1991, CIE TC 1-36 was created, with ToR:

- “Establish a fundamental chromaticity diagram of which the coordinates correspond to physiologically significant axes”
- The TC saw as priorities:
 - To make the choice of a set of colour matching functions and estimates of cone fundamentals for the normal observer, ranging in viewing angle from 1° to 10°
- To consider age as a variable
 - By “cone fundamentals”, we mean the spectral sensitivity functions of the
 - Long-wave sensitive cones (L-cones)
 - Medium-wave sensitive cones (M-cones)
 - Short-wave sensitive cones (S-cones)
 - as measured in the corneal plane
- This was published as
 - CIE 170-1:2006 “Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes – Part 1”
 - CIE 170-2:2015 “Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes – Part 2: Spectral Luminous Efficiency Functions and Chromaticity Diagrams”

More a model
than a defined
function!

DataSets (<https://cie.co.at/data-tables>)



All data sets and CMF, including the source code for the graphs are available on the RevStdLED GitHub project 19nrm02:
<https://github.com/empir19nrm02/empir19nrm02>

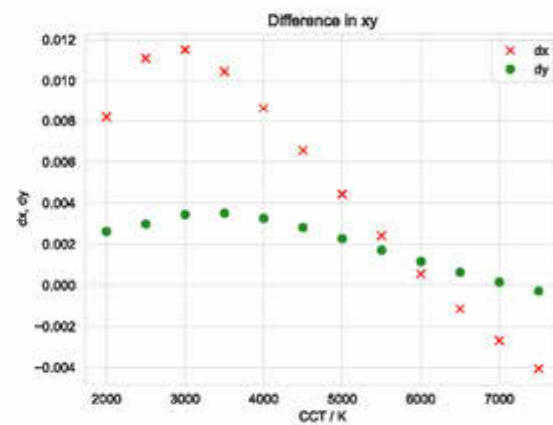
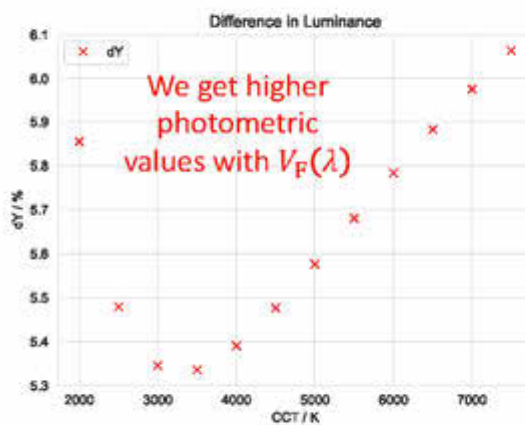
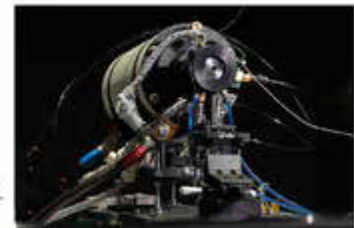
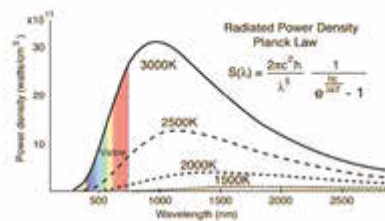


Data sets for evaluation
 PT-LEDs PhotoLED
 Project
 [EMPIR155IB07]

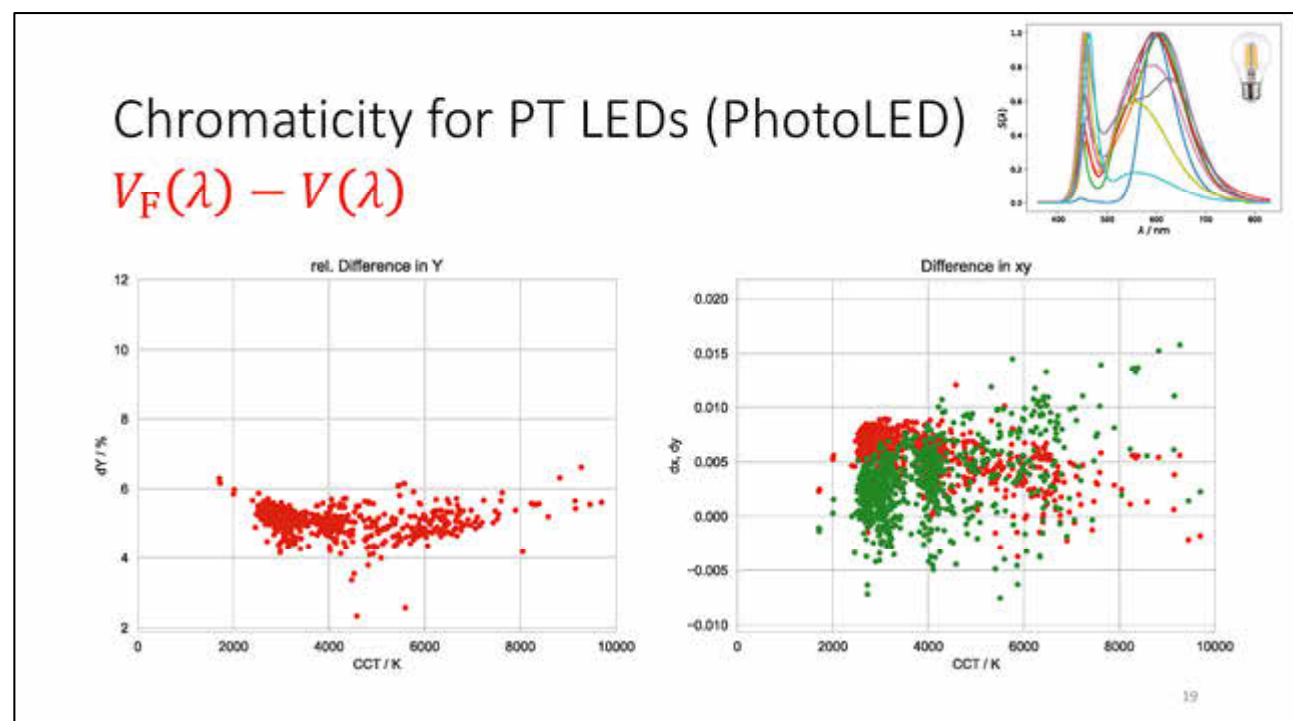
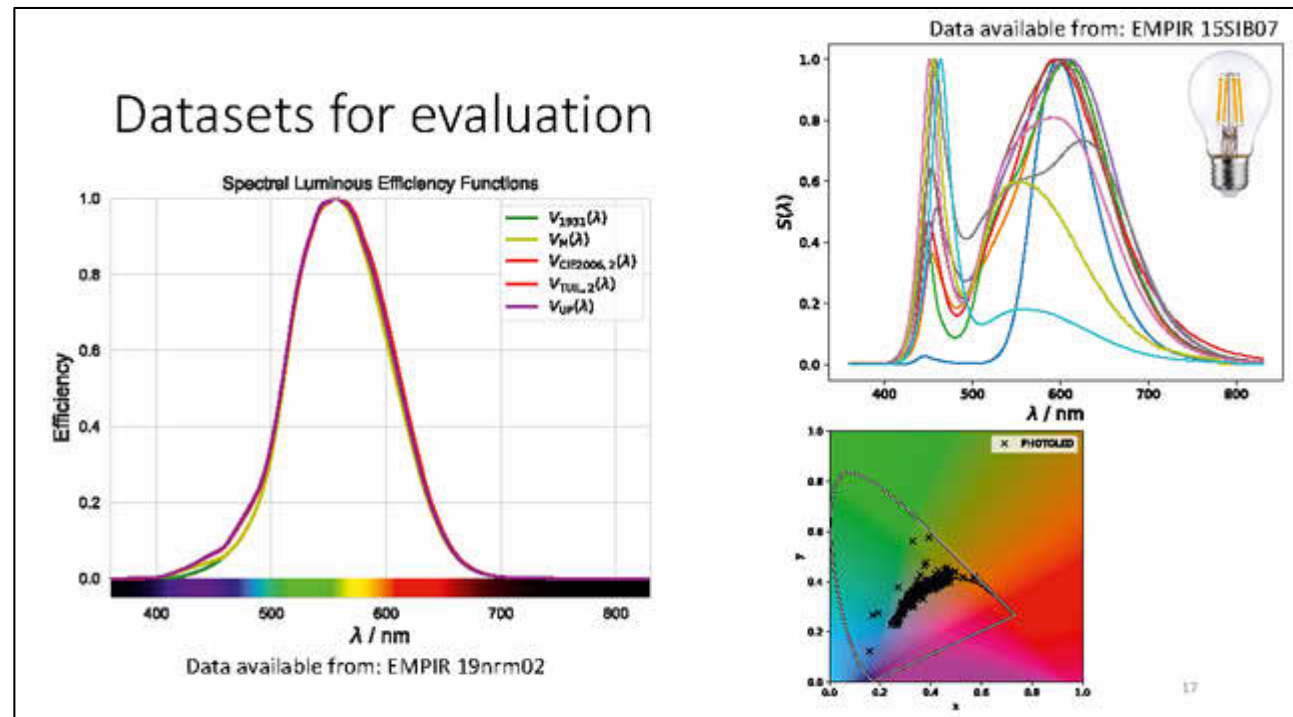


15

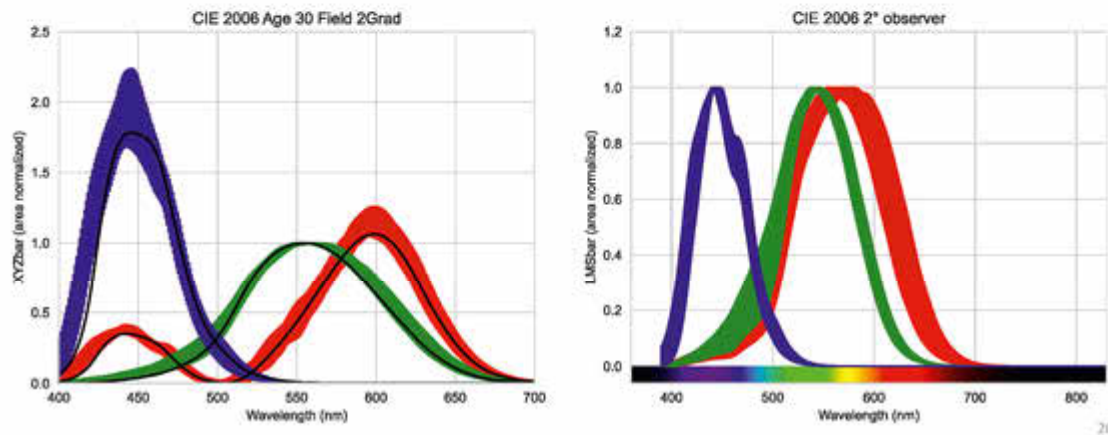
Blackbody $V_x(\lambda) - V(\lambda)$



16

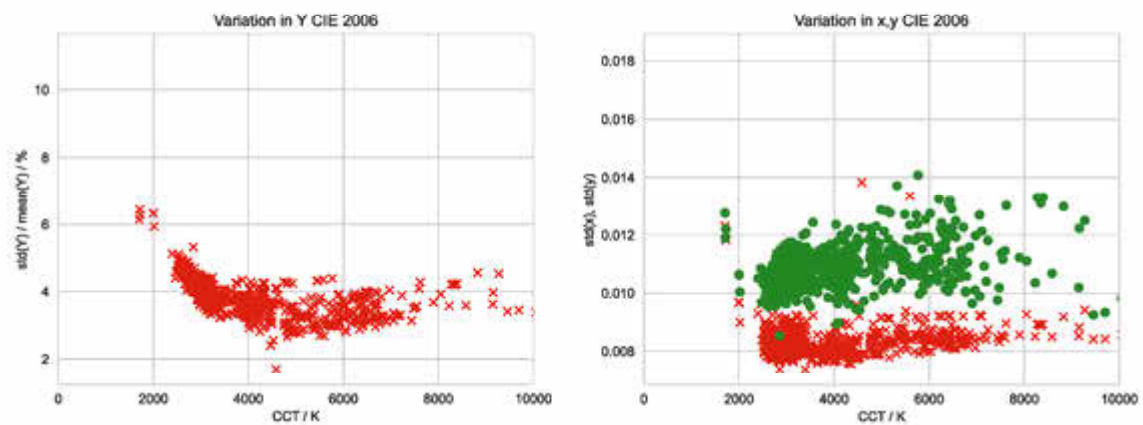


Is there **ONE** observer? (30 Years, 2° FoV)



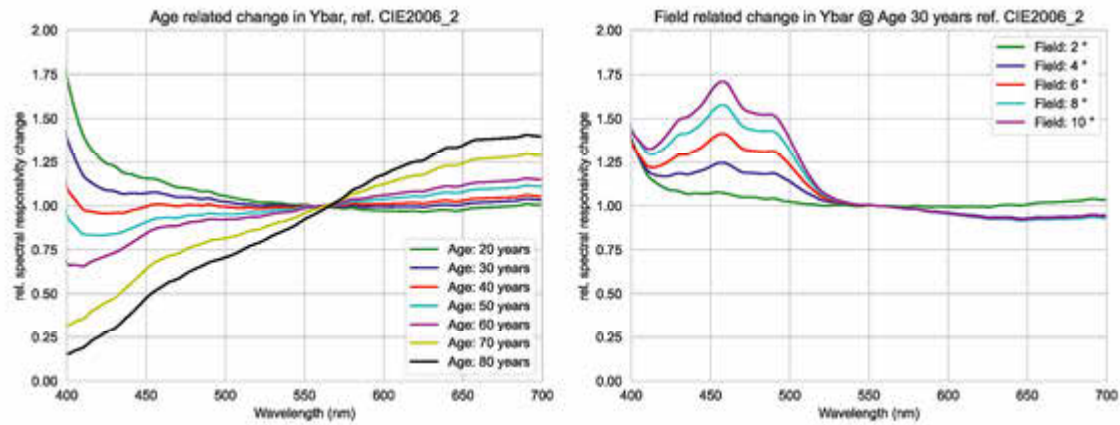
20

Is there **ONE** observer? (Std. Dev. PT-Dataset)



21

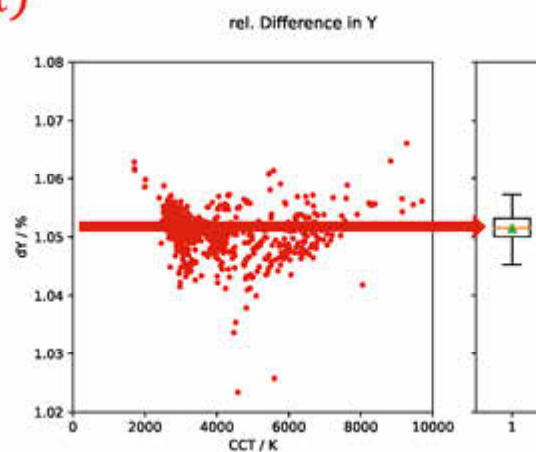
Spectral Responsivity (Y-Channel, 2006 2°, $V_F(\lambda)$)



22

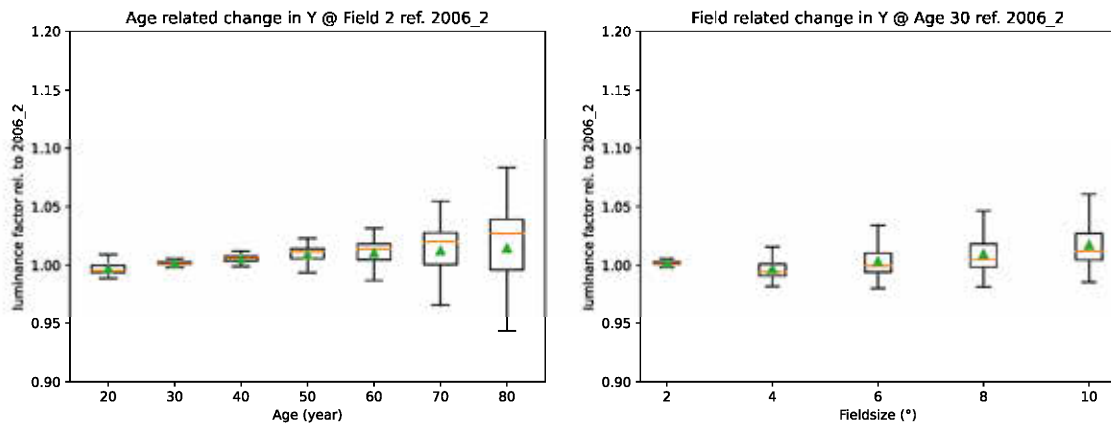
Evaluation

$$V_x(\lambda) - V(\lambda)$$



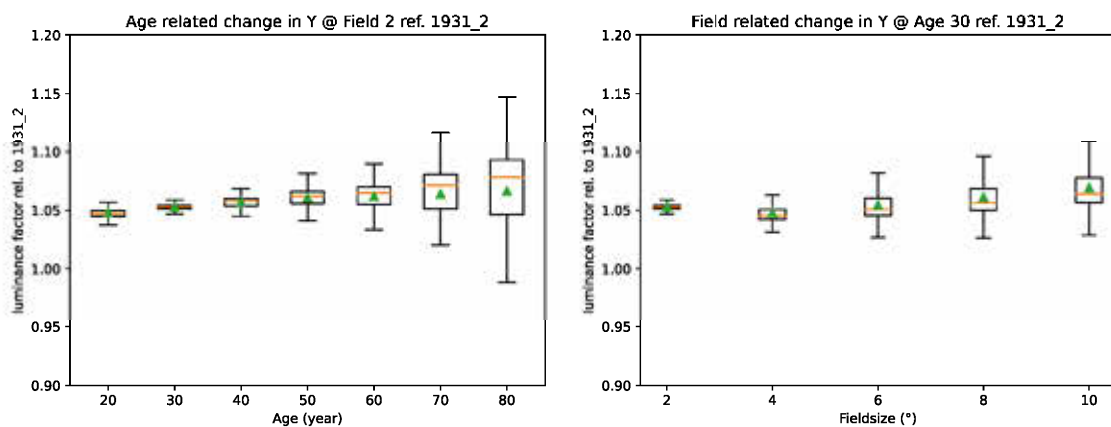
23

Age and Field size effects ref. CIE2006 2°, $V_F(\lambda)$ *Inside the „new“ observer*



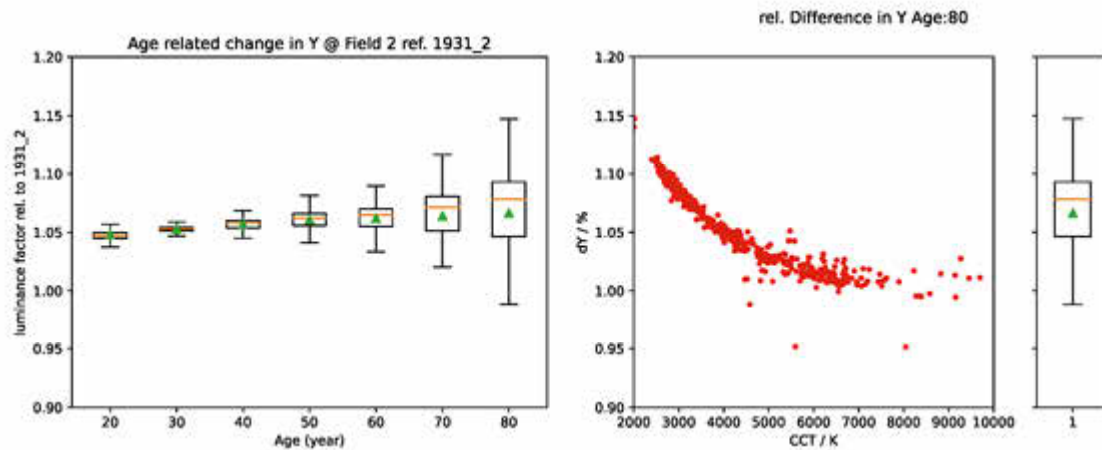
24

Age and Field size effects ref. CIE1931 2°, $V(\lambda)$ *Compared to the „old“ observer*



25

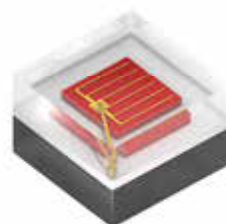
Age and Field size effects ref. CIE1931 2°, $V(\lambda)$ Compared to the „old“ observer



26

Be kind to $V(\lambda)$!

- **Photometry was very successful for different spectral distributions:**
 - Incandescent lamps
 - HID
 - Fluorescent lamps
 - White and Colored LEDs
 - OLEDs
 - Other technologies (Plasma, ...)



And it's lasted 100 years!

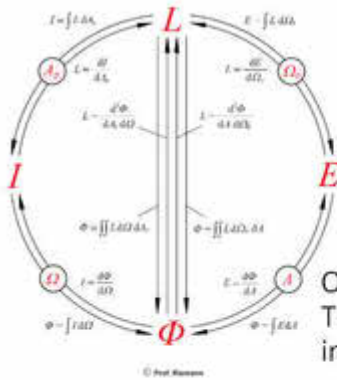


27



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission

Idea and design:
CIE-NC Australia, Tony Bergen



Optional Backside:
The simple calculations
in lighting technology by Prof. Riemann.

CIE "Heart beating for $V(\lambda)$ "
commemorative t-shirts available
under
<https://vlambda.machtgluecklich.shop/>

28

Python code for demonstrations

- **VLambda100.ipynb** (soon available) on:
<https://github.com/empir19nrm02/empir19nrm02>
- Color matching functions (<https://cie.co.at/data-tables>)
- Data sets
- Calculations with the support of luxpy
<https://github.com/ksmet1977/luxpy>



Powered by:



29

Summary



- Successful Photometry using $V(\lambda)$ in the last 100 years.
- The change to $V_F(\lambda)$ results in (for white light sources):
 - higher values of the photometric quantities of about 4-6%.
 - In changing the chromaticity coordinates (x,y) in the range of < 0.01
- Using $V_F(\lambda)$ is possible now, with the right quantity name (e.g. L_F) and the same unit cd!
- There is no **one** new observer.
- Changing K_{cd} will result in confusions ("Kerze", "neue Kerze").

$$V(\lambda) \rightarrow V_F(\lambda)?$$

33

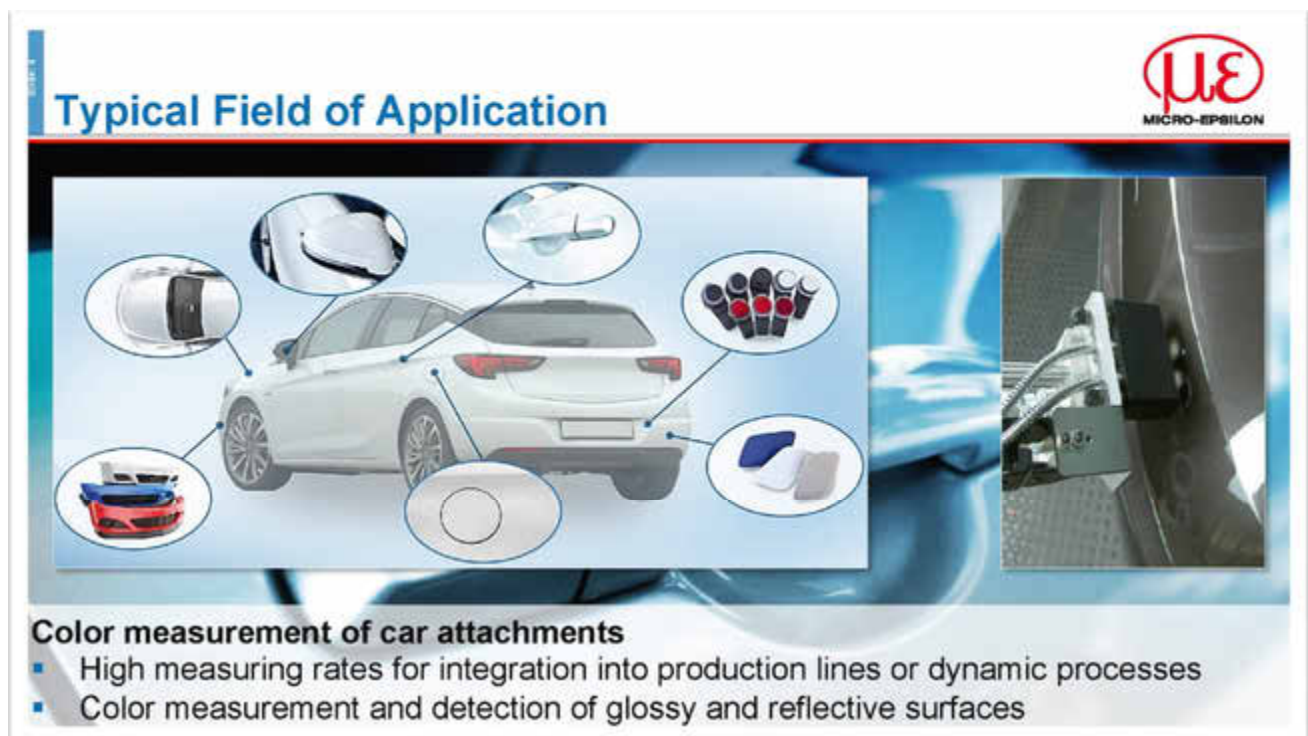
Literature

- Gibson and Tyndall: Visibility of radiant energy, 1923 ([link](#))
- Convocation of the General Conference on Weights and Measures (26th meeting) Versailles, 13-16 November 2018
- Mise en pratique for the definition of the candela ([link](#))
- PRINCIPLES GOVERNING PHOTOMETRY Rapport BIPM-2019/05, 2nd Edition ([link](#))
- ISO/CIE 23539:2023-03: Photometry - The CIE system of physical photometry
- CIE 018:2019 The Basis of Physical Photometry, 3rd Edition (<https://doi.org/10.25039/TR.018.2019>)
- CIE 170-1:2006 "Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes – Part 1", <https://doi.org/10.25039/TR.170-1.2006>
- CIE 170-2:2015 "Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes – Part 2: Spectral Luminous Efficiency Functions and Chromaticity Diagrams", <https://doi.org/10.25039/TR.170-2.2015>
- CIE 254:2024 „A Roadmap Toward Basing CIE Colorimetry on Cone Fundamentals“, <https://doi.org/10.25039/TR.254.2024>
- PT-LEDs PhotolED Project [[EMPIR155007](#)]
 - * Jörk, Sophie; Thurnath, Anders; Poikonen, Tuomas; Blättner, Peter; Gerloff, Thorsten; Kokka, Alexander; et al. (2021). EMPIR 155807 PhotoLED - Database of LED product spectra. Technical University of Denmark. Dataset. <https://doi.org/10.11583/DTU.12783389.v2>
- RevStdLED Github project 19nm02: <https://github.com/empir19nm02/empir19nm02>
- Krüger et al 2022 Metrologia 59 065003: <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac8f4d>
- Royer, Michael (2020). Real Light Source SPDs and Color Data for Use in Research. figshare, Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12947240.v2>
- Smet, K. A. G. (2020). Tutorial: The LuxPy Python Toolbox for Lighting and Color Science. LEUKOS, 1–23. <https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1518717>
- Thanks to ChatGPT 4.0 and DALL·E3 for support

32

Quality control using color measurement technology in industrial applications

Joachim Hueber



Case Quality control of color coating >> Application



Color measurement of car attachments

- Checking color accuracy
- 380 different colors



Case Presence Check >> Application



Multi-channel LED testing of electronic assemblies

- Tight/constricted installation situation
- Part of in-circuit-testing (ICT)
- Measurement of self-luminaries (LED)
- Dimly glowing LEDs < 10 lux

Relevant metrics

Color values, color temperature, dominant wavelength

Previous solution / issues

- Visual examination (by worker)
- Automatic control preferred



Case Material Distinction >> Application



Precise material recognition and color control of industrial products

- Differentiation of zinc, tin, chrome, brass, yellow chromated, gold, copper, ...
- Control of the correct assembly of the components (uniform dimensions)
- Product sorting

Relevant metrics

Color values, intensity

Previous solution / issues

- Visual examination (by worker)
- Automatic control preferred
- Dimension control not possible

Case Material Distinction >> Analysis



Comparative measurement

- Repeatability (in lab)
 - Competition: $\Delta E > 1$
 - CFO100: $\Delta E < 0.6$
- Increased recognition accuracy due to formation of color groups
- Customer excited about the accuracy



Advantages of Micro-Epsilon

- Multi-teach function and formation of color groups
- High color accuracy and repeatability
- Flexible CFS receiver sensor portfolio
- Very good price-performance ratio



Case Liquid Turbidity >> Application



Precise turbidity measurement (color permeability)

- Transmission of 400 ... 700 nm
- Impurity of liquids
- Monitoring of chemical processes, mixing ratios, concentrations, ...

Relevant metrics

Color values, intensities, transmission area

Previous solution / issues

- High-precision measurement only in the laboratory
- Automatic inline process control required

Case Liquid Turbidity >> Application



Comparative measurement

- Detection of % nuances/shades
- Faster response time / measuring frequency of 1 kHz
- Customer excited about the easy handling and the accuracy



Advantages of Micro-Epsilon

- CFS resistance to many oils and chemicals
- High color accuracy and repeatability
- Flexible CFS receiver sensor portfolio
- Very good price-performance ratio

Case Label Detection >> Application



Precise detection of labels and substrates (contrast measurement)

- Narrow installation situation
- Colored packages, labels, ...
- Presence control
- Up to 7,500 parts per second

Relevant metrics

Switching signal, contrast, color values

Previous solution / issues

- Not all colors recognizable on all substrates
- Measurement too slow (evaluation < 0.2 μ s)

Case Label Detection >> Analysis



Comparative advantages

- Ability to recognize 7,500 pts/sec with high repeatability of $\Delta E < 0,6$
- Simple handling via keys
- Teach-in only required when retooling (change of product/package)



Advantages of Micro-Epsilon

- CFS with food and pharmaceutical resistance
- Detection of shades of color
- Flexible CFS receiver sensor portfolio
- Very good price-performance ratio



MICRO-EPILON

Case Plastic Parts >> Application





Color measurement of plastic parts with fast data output

- Fast demolding processes
- Measurement accuracy of $\Delta E < 1$
- More than 100 colors

Relevant metrics

Color values

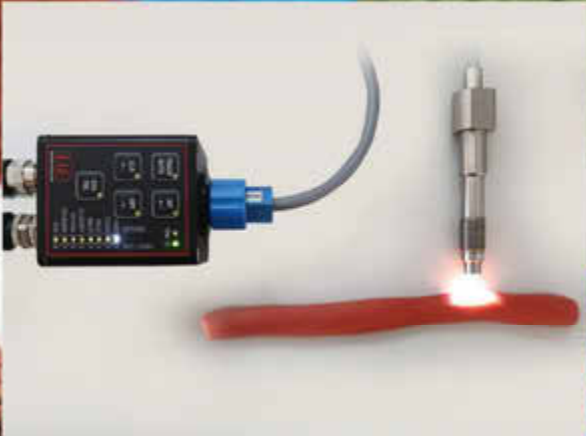
Previous solution / issue

- Measurement after completion
- Laboratory needs too much time
- Measurement direct in the process forced

MICRO-EPILON

Case Extruder >> Application





Color measurement in the extruder

- Pressure up to 200 bar
- Temperature resistance $< 250\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $\frac{1}{2}$ "-20UNF or M12 fit
- Viscous mass

Relevant metrics

Color values, yellow index

Previous solution / intention

- Measurement in cold state only
- Measurement direct in process forced

Case Extruder >> Analysis



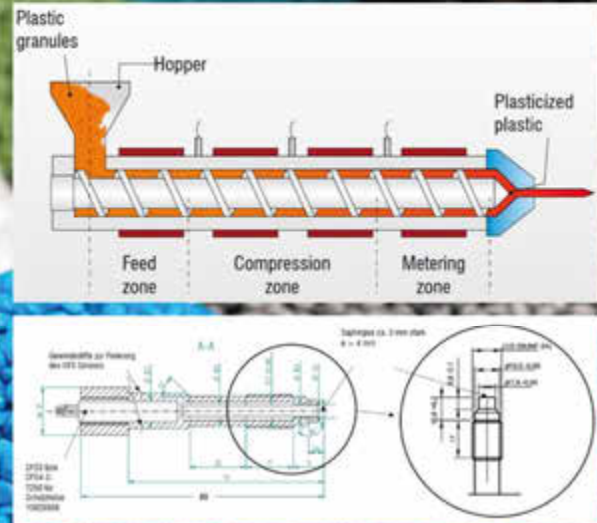
Comparative measurement

- Long-term quality monitoring with an accuracy of $\Delta E < 0.5$ compared to the competition ($\Delta E < 1$)
- Customer excited about the accuracy



Advantages of Micro-Epsilon

- CFS for high pressure / temperature
- High repeatability of $\Delta E < 0.5$
- Special CFS receiver sensor with protection glass on request



shaping the future with **more precision.**

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

Korbinian Kunst



OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

MOTIVATION & ZIEL DER KFZ LICHTTECHNIK

Adaptive Lichttechnische Systeme und Visualisierung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Sicherheit im nächtlichen Straßenverkehr erhöhen

- Unfallvermeidung durch rechtzeitige, menschliche Gefahrendetektion
- Gute Sichtbarkeit von Objekten gewährleisten

Problem: Was ist gute Sichtbarkeit?

Sichtbarkeit von Objekten durch viele Faktoren beeinflusst:

- Objektgröße
- Distanz, Winkel
- Form
- Kontrastpolarität
- Objekthelligkeit
- Umgebungshelligkeit
- Adaptation
- Fahrgeschwindigkeit
- Szenenkomplexität

Studien zur Detektionsschwelle nötig

Bisher in der Realität
Realität ist nicht reproduzierbar
Virtuellen Studien zur Kontrolle der Umgebungsparameter



19.11.2020

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

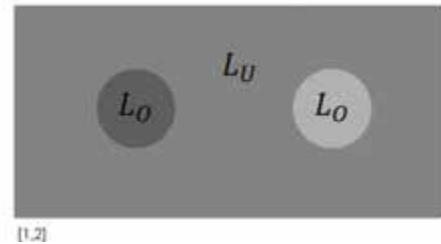
STAND DER FORSCHUNG

■ Damasky:

- Weberkontrast: ab 0,1028 wird Objekt sichtbar ($L_U = 0,1 \frac{cd}{m^2}$)

■ Schneider:

- Weberkontrast: ab 0,081 wird Objekt sichtbar ($L_U = 1 \frac{cd}{m^2}$)
- Weberkontrast: ab 0,12 wird Objekt sichtbar ($L_U = 0,1 \frac{cd}{m^2}$)



VR-GLASSES VS OLED TV

Welche Technologie eignet sich für sehkritische Experimente & Detektionsstudien?



[3]



[4]

OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

Adaptive Lichttechnische Systeme
und Visuelle Verarbeitung

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

VR-GLASSES VS OLED TV

Welche Technologie eignet sich für sehkritische Experimente & Detektionsstudien?

HTC Vive Pro:

- Auflösung: 2880 x 1600 (1440 x 1600 pro Auge)
- Farbtiefe: 8Bit
- Bildwiederholrate: 90 Hz
- Displaytyp: Dual-AMOLED
- Sichtfeld (Field of View): 110 Grad
- Fresnel Linsen System

Samsung OLED TV GQ65S93CAT:

- Size: 65"
- Auflösung: 4K (3840 × 2160),
- Farbtiefe: 10-bit depth,
- Bildwiederholungsrate: 144Hz,
- Nutzt eine blaue OLED-Hintergrundbeleuchtung mit Quantum Dots für einen größeren Farbraum und sattere Farben.

15.10.2024 Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

ALSV

OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

Adaptive Lichttechnische Systeme
und Visuelle Verarbeitung

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

KEY MEASURES

Leuchtdichte: Die Menge an Licht, die von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung ausgestrahlt wird, gemessen in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2). Sie gibt an, wie hell eine Lichtquelle erscheint.

Linearität / Gamma: Beziehung zwischen den Pixel-Bit-Werten und den Helligkeitsstufen, gemessen in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2).

Additivität: Beziehung zwischen den individuellen Pixelantworten (R, G oder B) und ihrer gemeinsamen Antwort als RGB, also der Darstellung von Graustufen.

Pixelabhängigkeit: Beschreibt, ob das Verhalten eines Pixelsatzes von einem anderen Pixelsatz (un)abhängig ist.

Reaktionszeit: Die Zeit, die Pixel benötigen, um eine Änderung durchzuführen, z.B. einen Farbwechsel, gemessen in Millisekunden pro Frame.

Pixel-Wellenform: Die Signalwellenform während der Reaktionszeit.

Uniformität: Die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichteausgabe in verschiedenen Bereichen der Display-Oberfläche.

Kontraste: Minimal und maximal darstellbaren Kontraste.

15.10.2024 Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

ALSV

METHODIK VIVE PRO



[5]

Setup:

- LMK Color 5.1 mit NED Objektiv auf die Mitte der Eye-Box ausgerichtet (TTNED-11f50' mit 4 mm Blende und Brennweite von 50mm)
- Dunkle Umgebung

Messablauf:

- RGB und Grauwerte als "Fullscreen"-Bilder anzeigen
 - In 20 Schritten
- Kontrastmessungen mittels Schachbrett

Auswertung:

- Gamma
- Additivität
- Maximale Leuchtdichte
- Lokaler/Globaler Kontrast
- Farbgamut
- Minimal Kontrast

13.10.2024

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

ASV

LEUCHTDICHTE UND GAMMA – VIVE PRO

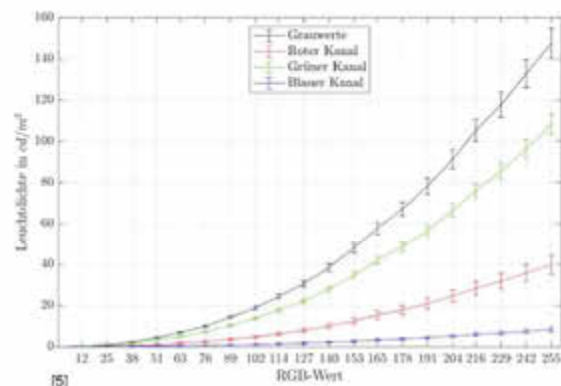
Ergebnisse:

- Gamma variiert über die Kanäle

Maximale Leuchtdichte: 147,47 cd/m²

Kanal	a	γ	R^2	L_{max} in cd m ⁻²
Grau	1	2,23	0.99	147,47
Rot	1	2,28	0.99	39,70
Grün	1	2,24	0.99	108,21
Blau	1	2,2	0.99	8,23

[5]



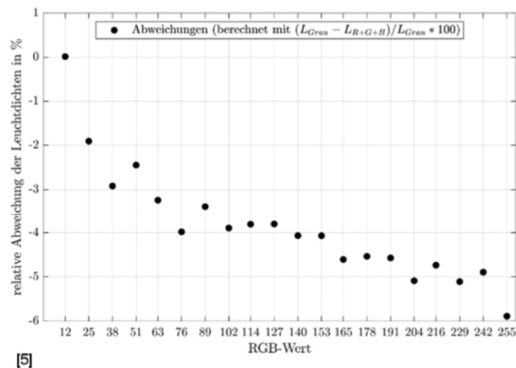
[5]

13.10.2024

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

ASV

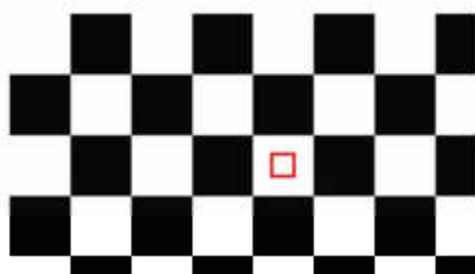
ADDITIVITÄT - VIVE PRO



Ergebnis:

- Kanäle bei höheren Bitwerten nicht additiv → Abweichungen bis zu 6%

LOKALER & GLOBALER KONTRAST



Helle Fläche (LH): 128,68 cd/m²
Dunkle Fläche (LD): 19,65 cd/m²

Lokaler Kontrast: 6,55

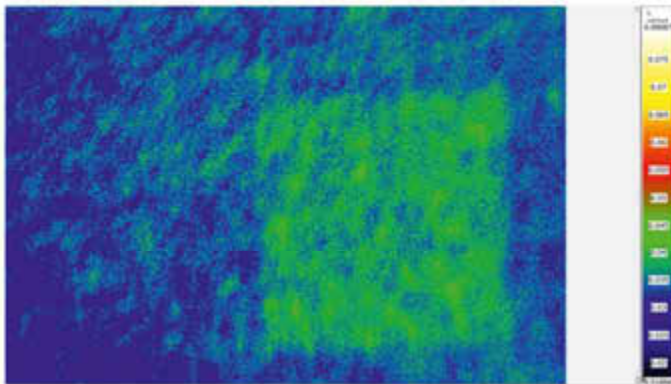
→ Problematisch Szenen mit hoher Dynamik zu zeigen, e.g. nächtliche Stadt

Globaler Kontrast: 7373,5

- Komplett schwarz vs. Komplett weiß

→ Lässt auf Streulicht schließen

MINIMALER KONTRAST



Objekt:

- RGB = (32,32,32)
- Leuchtdichte: 0,045880 cd/m²

Umfeld:

- RGB = (0,0,0)
- Leuchtdichte: 0,0346125 cd/m²

Weberkontrast: 0,3255 → Unzureichend für Detektionsschwellen

→ Objekte mit sehr niedrigem Pixelwert werden nicht mehr korrekt dargestellt

SCHLUSSFOLGERUNG HTC VIVE PRO

- **Fresnel-Linsen und Streulicht:** Verursachen Lichtstreuung, die Kontrast und Details beeinträchtigt.
- **Niedrige Bittiefe (8-Bit):** Führt zu eingeschränkter Farbdarstellung und sichtbaren Farbübergängen.
- **Bildwiederholrate (90Hz):** Nicht ideal für Studien zur Bewegungswahrnehmung, da höhere Frequenzen präzisere Ergebnisse liefern könnten.
- **Geringer Kontrastumfang:** Dunkle Szenen und schwache Helligkeitsunterschiede werden nicht präzise dargestellt.
- **Randverzerrungen durch Fresnel-Linsen:** Verzerren periphere Sicht, was in Vision Science unerwünscht ist.

Ergebnisse geben nur Tendenzen an, da:

- **Streulichtkorrektur nötig:** Ohne Korrektur verfälscht Streulicht die Ergebnisse in wissenschaftlichen Messungen.
- **Messungen nach IDMS-Standard:** Neuere VR-Systeme sollten nach IDMS-Standards und mit Streulichtkorrektur geprüft werden.

METHODIK OLED



[6]

Setup:

- i1 Display Kolorimeter
- Dunkle Umgebung für präzise Messungen
- 512x512 Pixel im Zentrum auf einem mittelgrauen Hintergrund (RGB, Grau)
- OLED TV – kalibriert & HDR-Funktionen deaktiviert

Messablauf:

- Anzeige von RGB- und Grauwerten als „Box“-Bilder
 - Darstellung in 1er Schritten
- Kontrastmessungen mittels Schachbrettmuster oder Rechteck (LMK 5.1 Color)

Auswertung:

- Gamma
- Additivität
- Maximale Leuchtdichte
- Minimaler Kontrast
- Farbgamut
- Homogenität
- Waveform

15.12.2024

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

ALSV

75

LEUCHTDICHTE, ADDITIVITÄT & GAMMA - OLED TV

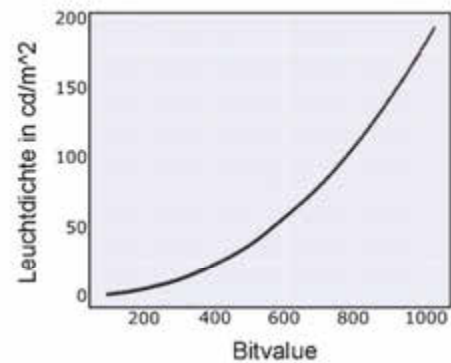
Maximale Leuchtdichte: 192 cd/m²

Farbtemperatur: 6500 K

Tonkurve: Gamma 2.2

Volle Bittiefe: 10 Bit, 1 Schritt entlang des Bittiefenbereichs

Gute Additivität: Gute Übereinstimmung Helligkeitsadditivität (0,4% Abweichung)



▲ : Grayscale Luminance

+ : R+G+B Channels' Luminance

15.12.2024

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

ALSV

76

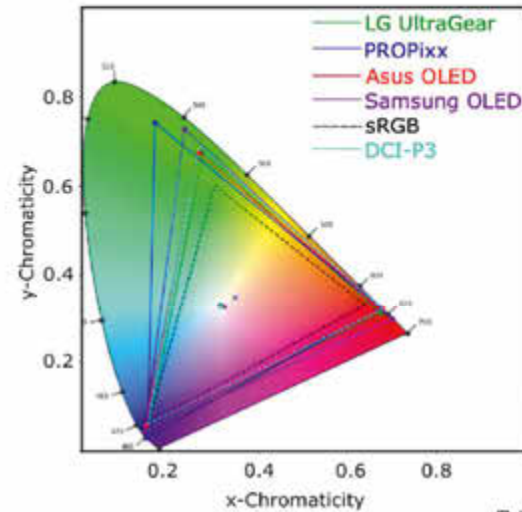
OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

HOMOGENITÄT UND FARBRAUM

Adaptive Lichttechnische Systeme
und Visuelle Verarbeitung

7.0%	3.0%	5.0%
4.0%	0.0%	0.5%
5.0%	2.3%	2.0%

SAMSUNG OLED TV



13.10.2024

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst

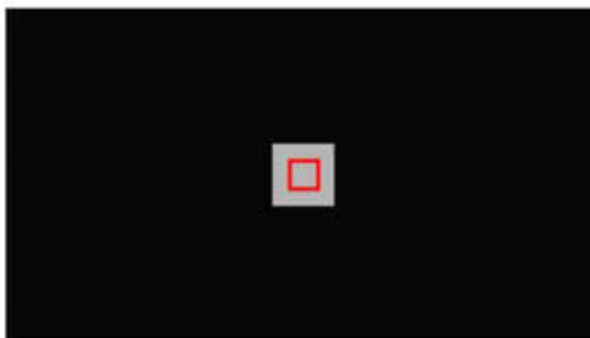


18

OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

Adaptive Lichttechnische Systeme
und Visuelle Verarbeitung

MINIMALER KONTRAST



Minimal Kontrast bei verschiedenen
Umfeldern gemessen:

$$\lim_{L_U \rightarrow 0} \frac{L_O - L_U}{L_U} = \infty$$

M1	M2	M3	*Btweise Erhöhung der Helligkeit des Objektes
2 cd m ⁻²	1,5 cd m ⁻²	1 cd m ⁻²	
0,003	0,012	0,021	
M4	M5	M6	
0,75 cd m ⁻²	0,5 cd m ⁻²	0,35 cd m ⁻²	
0,050	0,028	0,063	

→ Tendenz: Ausreichend für Detektionsschwellen

13.10.2024

Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst



19

OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

Adaptive Lichttechnische Systeme und Visuelle Verarbeitung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FAZIT

-  **Bessere Kontrastdarstellung:** OLED TV eignet sich für Detektionsstudien
-  **Leuchtdichte:** Der OLED TV kann eine höhere Leuchtdichte, in feinerer Abstufung (höhere Bitiefe) darstellen.
-  **Weniger Streulicht:** OLED TV kann kontrastreichen Szenen besser darstellen
-  **Erweiterter Farbraum:** Der OLED TV bietet einen **größeren** Farbraum darstellen.
-  **Bessere Additivität:** Die Farbmischung von RGB zu Grautönen ist auf einem OLED TV deutlich präziser, was zu einer besseren Darstellung von feinen Graustufen führt.
-  **Reduzierte optische Verzerrungen:** Durch die fehlenden Fresnel-Linsen treten beim OLED TV keine Randverzerrungen oder Streulichteefekte auf

13.10.2024 Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst ALSV 17

OLED TV VS. VR | KORBINIAN KUNST

Adaptive Lichttechnische Systeme und Visuelle Verarbeitung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

AUSBLICK

-  **Paper:** Abu Haila, T., Kunst, K., Khanh, T. Q., & Wallis, T. S. A. (TBD). Recent consumer OLED monitors can be suitable for vision science. Journal of Vision, (20??), ?, 1–?. <http://journalofvision.org/?/?/?/?>
-  **Kontrastmessungen mit Streulichtkorrektur zu gleichen Konditionen wiederholen**
-  **Verschiedene neuere VR Brillen vermessen mit u.a. Pancake Linsen**

13.10.2024 Electrical Engineering | TU Darmstadt | Laboratory of Adaptive Lighting Systems and Visual Processing | Korbinian Kunst ALSV 18

QUELLEN

- [1] J. Damasky, „Lichttechnische Entwicklung von Anforderungen an Kraftfahrzeugscheinwerfer“. Dissertation, Darmstadt: Technische Hochschule Darmstadt, 1995.
- [2] K. Schneider, „Object contrast determination based on peripheral Vision undernight-time driving conditions“. Diss. Darmstadt: Technische Universität, 2018.
- [3] <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTuT6BCPPeMq1n7amNv0MSWjRYwYcDjnqXQwQ&s>
- [4] <https://www.samsung.com/de/tvs/oled-tv/s95d-55-inch-oled-4k-tizen-os-smart-tv-gg55s95datzgg/>
- [5] T. Singer, „Untersuchungen von Lichtsignal-Konzepten für automatisierte Fahrzeuge in der virtuellen Realität“. Diss. Darmstadt: Technische Universität, 2022
- [6] https://camerajabber.com/wp-content/uploads/2021/03/11Display_Pro_Plus_04.jpg

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



Korbinian Kunst
 Fachgebiet Adaptive Lichttechnische Systeme und Visuelle
 Verarbeitung
kunst@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Siegfried Rösch (1899-1984) - Ein farbwissenschaftlicher Bogenschlag zu Goethe

Eckhard Bendin



Abb. 1: Goethe und Rösch symbolisch verbunden mit der ‚Augenvignette‘ von Goethe 1781 (Montage E. B.)

Es mag nur Zufall sein, dass sich in diesem Jahr der 125. Geburtstag von Siegfried Rösch (1899-1984), Nestor der wissenschaftlichen Farbenlehre in Deutschland, und der 275. Geburtstag des Begründers der lebensweltlichen Farbenlehre Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) nur um wenige Tage entfernt berühren. Zwischen beiden Exponenten liegen 150 Jahre, in denen sich aus einem umfassend angelegten Wissenschaftsentwurf eine eher spezifisch sich differenzierende Farbwissenschaft herausbilden konnte. Und doch erscheint dieser Zufall willkommen, exemplarisch einen farbwissenschaftlichen Bogenschlag zwischen den Exponenten zu wagen, der neben manch namhaftem Wegbegleiter Röschs auch Wilhelm Ostwald (1853-1932), den Schöpfer der ersten quantitativen Ordnung der Körperfarben einschließen soll. Es gibt nur wenige Beispiele, die uns so erfreulich vor Augen führen, dass mit historischem Fortschreiten und differenziertem Verzweigen unserer Erfahrungen und Erkenntnisse nicht zwangsläufig perspektivische Einengungen einhergehen müssen.

Historisches und grenzüberschreitendes Bewusstsein

Rösch und Goethe verbanden offensichtlich das Anliegen, scheinbar Unvereinbares organisch zu verbinden. Bei Goethe entsprach dies einer phänomenologischen Ausrichtung auf die Lebenswirklichkeit und seinem Ideal von ‚Wissenschaft als Kunst‘, wobei keine der menschlichen Kräfte ausgeschlossen werden sollten, wie er in der ersten Abteilung seiner ‚Materialien zur Farbenlehre‘ forderte: „Da im Wissen sowohl als in der Reflexion kein Ganzes zusammengebracht werden kann, weil jenem das Innere, diesem das Äußere fehlt, so müssen wir uns die Wissenschaft notwendig als Kunst denken, wenn wir von ihr irgendeine Art von Ganzheit erwarten...“

Neben der Vielseitigkeit und Aktivität Röschs auf unterschiedlichsten Gebieten ist in der Tat jene Gerichtetheit beeindruckend. Sie umfasst intensive theoretische und praktische Auseinandersetzungen in der Kristallographie, Kristalloptik, Edelsteinkunde, meteorolo-

gischen Optik, Farbenphotographie, im Bibliotheks- und Archivwesen, in der Astronomie, Zahlentheorie, der Genealogie und nicht zuletzt auf dem weiten Feld der Farbenlehre. Zahlentheorie und Farbenlehre verführten Rösch zudem auch zu Ausflügen in die Kunsttheorie und Ästhetik bzw. in das Reich der Philatelie.

Dabei wurden dem Mineralogen die grenzüberschreitenden Exkursionen in benachbarte Wissensfelder zunehmend zum befruchtenden, blickweitenden Korrelat und vermochten die Erkenntnis zu fördern, dass aus dem Verständnis und der wechselseitigen Bedingtheit unseres Wissens neue schöpferische Potenzen hervorgehen und gegenseitige Achtung erwächst. So hob Manfred Richter (1906-1990), der etwas jüngere Weggefährte auf dem Feld der Farbwissenschaft, den man gleichermaßen als Exponenten der Farbmimetrik in Deutschland bezeichnen darf, in seinem Nachruf hervor, dass Siegfried Rösch im Streit der Meinungen stets um Ausgleich bemüht war. Es sei nicht zuletzt auch das Verdienst Röschs, dass sich auf dem Gebiet der Farbenlehre - seit Goethes Zeiten ein streitbares Feld - immer größere Friedfertigkeit ausbreiten konnte. Rösch, der nach eigenen Angaben mehrfach das außerordentliche Glück erleben durfte, in geistiges Neuland vorzustößen, baute zahlreiche Brücken zwischen Natur- und Geisteswissenschaften und sah wissenschaftliche Arbeit stets auch eingebettet in die Folge der Bemühungen von Generationen. Dies äußerte sich nicht nur in seiner Verehrung von Galilei, Kepler, Newton oder Goethe, sondern auch in der Wertschätzung seiner wichtigsten Lehrer, Prof. Victor Goldschmidt (1853-1933) in Heidelberg, Prof. Friedrich Rinne (1863-1933) in Leipzig und Prof. Max Berek (1886-1949) in Wetzlar, denen er jeweils biographische Veröffentlichungen widmete. Mit seinem Aufsatz „Farben in der Kunst“ (1980) setzte er noch im hohen Alter insbesondere Victor Goldschmidt ein Denkmal, dessen Analogiebetrachtungen und Komplikationstheorie ihn nachhaltig beeinflusst und angeregt hatten.

Spiel und Feuer des Lichts, Brillanzproblem, Reflexphotographie und Regenbogen, Farbenlehre für Mineralogen - Grundstein einer Bibliographie zur Farbenlehre



Abb. 2: Titelblatt der Habilitationsschrift, Leipzig 1929

Für Rösch war die Beschäftigung mit dem Licht ein zentrales Thema. Analog zu Goethes freudiger Beobachtung „Am farbigen Abglanz haben wir das Leben“ (Faust II) faszinierte ihn das Licht der Sonne als Anlass für leuchtende Farben, insbesondere das farbige Spiel und Feuer edler Mineralien. Das Interesse am Zusammenhang von Licht und Stoff, insbesondere von Mineralien und Farberscheinungen manifestiert sich in seiner „als programmatische Einleitung zu einem klar geplanten Lebenswerk gedachten“ Habilitationsschrift „Darstellung der Farbenlehre für Zwecke der Mineralogen“ (Leipzig 1929). Die öffentliche Probevorlesung als Privatdozent widmete er dem Brillanzproblem; dem lagen Messungen u. a. auch des berühmten Dresdner „Grünen Diamanten“ zugrunde. 1926 bereits beschrieb Rösch die von ihm

errechneten idealen Proportionen eines Diamant-Brillanten, dessen Schliff man seither auch als „Rösch-Brillant“ bezeichnet.

Die über die ‚Zwecke der Mineralogie‘ weit hinausweisende Habilitation bezeugt durch die Aufführung von über 900 relevanten Literaturquellen auch die ausgeprägte wissenschaftshistorische Orientierung des Verfassers. Rösch knüpft damit gewissermaßen auch an Goethes Farbenlehre an und legte den Grundstein zu einer umfassenden Bibliographie zur Farbenlehre, die erst später durch Manfred Richter aufgegriffen und realisiert werden sollte.

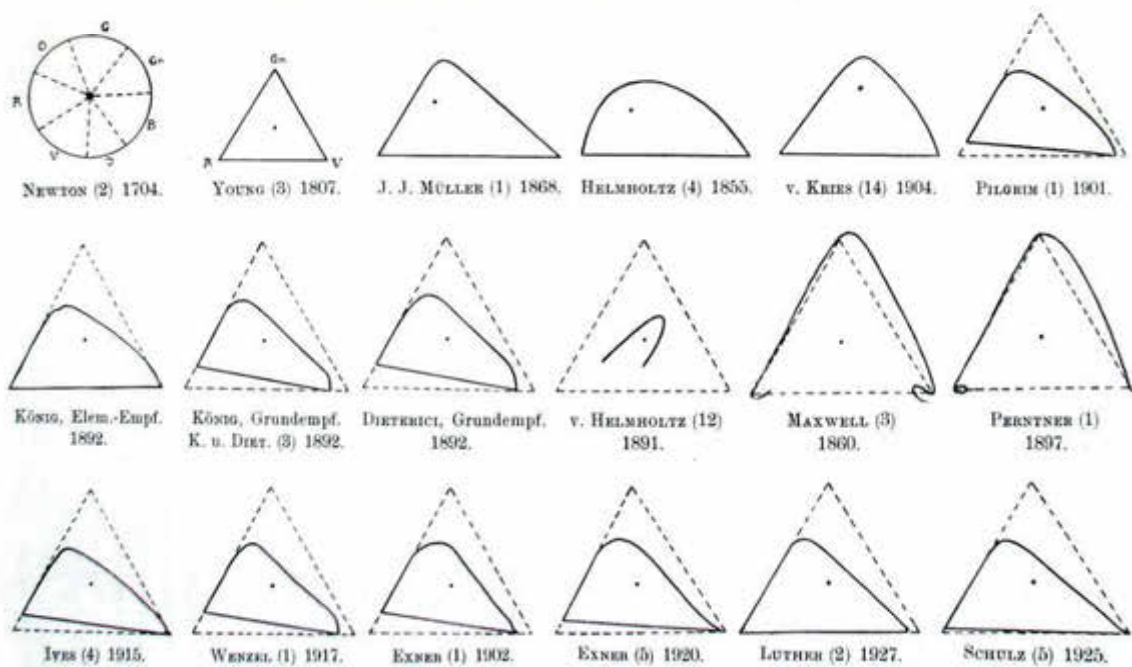
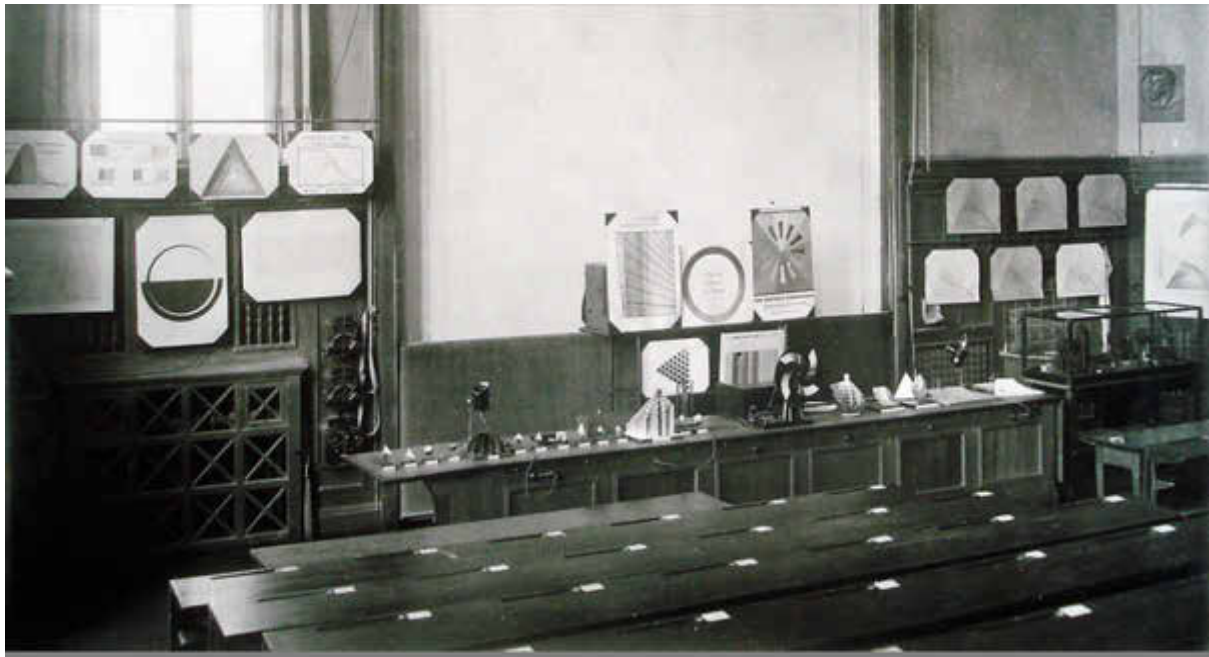


Fig. 18. Übersicht verschiedener Farbtafeln.

Abb. 3: Hörsaal im Mineralogischen Institut der Universität Leipzig zu Röschs Probevorlesung 1929, darunter: Übersicht verschiedener Farbtafeln (Fig. 18 der Habilitationsschrift)

Gebürtig in Ludwigshafen a. R. hatte Siegfried Rösch zunächst in Heidelberg und München studiert, bevor er in Leipzig bei Prof. Rinne am Mineralogischen Institut das Studium fortsetzte und 1926 seine Dissertation „Über Reflexphotographie“ vorlegte, einer neuen Methode zur Auswertung von Reflexbildern. Schon hier zeigte sich ein besonderes Interesse am Spiel des Lichtes, was u. a. auch zur reflektographischen Untersuchung künstlicher Regenbogen und der Beschäftigung mit der Theorie der Edelsteinbrillanz führte. Der Regenbogen sollte zum Ausgangspunkt der Farbforschungen Röschs werden. Jener Bogen wurde ihm „...wissenschaftliche Brücke zur Farbe ...und auch geistige Brücke zu Goethe“. 1927 veröffentlicht Rösch gemeinsam mit seinem Leipziger Lehrer Rinne die Arbeit „Über den Polarisationszustand des Regenbogens“. Von einer fortgesetzten Beschäftigung mit dem Phänomen des Regenbogens werden später noch drei Veröffentlichungen zeugen: ‚Der Regenbogen in Wissenschaft und Kunst‘ (1958), ‚Der Regenbogen in der Malerei‘ (1960) und ‚Physik des Regenbogens‘ (1977).



Abb. 4: Zu Röschs Arbeiten über Reflexfotografie und den Regenbogen

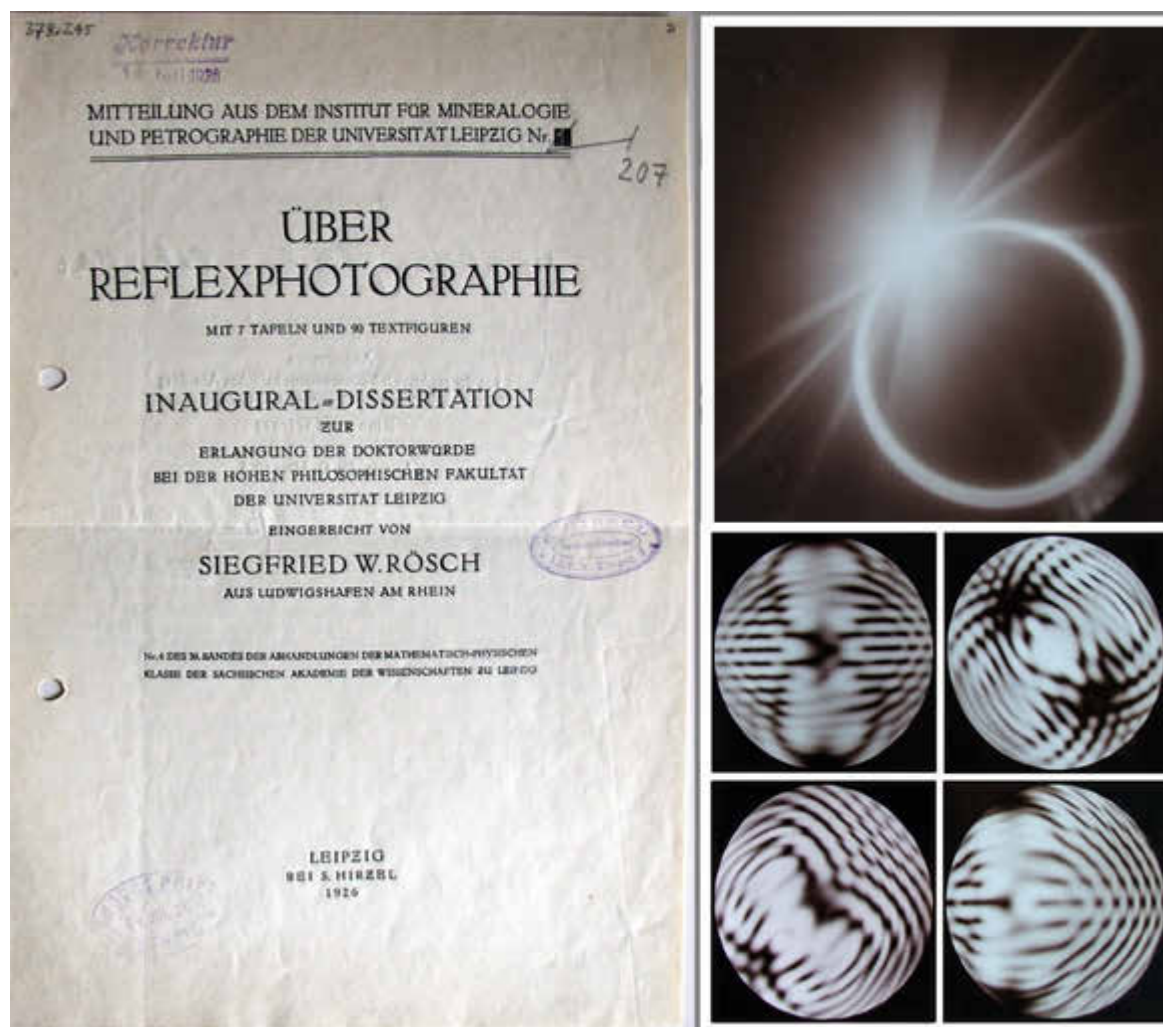


Abb. 5: Titelblatt der Dissertationsschrift, Leipzig 1926 und Reflexfotografie-Beispiele

Optimal-Kolorimeter, Relativhelligkeit, Rösch-Maßzahlen, Rösch-Farbenkörper

Die Zeit am Mineralogischen Institut in Leipzig war Mitte der 20er Jahre zunächst vom Bemühen erfüllt, Material zur exakten Mineral-Farbbestimmung zu sammeln und bessere Möglichkeiten zur Farbmessung zu schaffen. Rösch entwarf in dieser Zeit das ‚Optimal-Kolorimeter‘, sein erstes eigenes Farbmessgerät unter Verwendung der sogen. ‚Optimalfarben‘ und stand dazu in enger Fühlung vor allem in Dresden mit Robert Luther (1868-1945), in Jena mit Carl Pulfrich (1858-1927) und in Berlin mit Erwin Schrödinger (1887-1961).

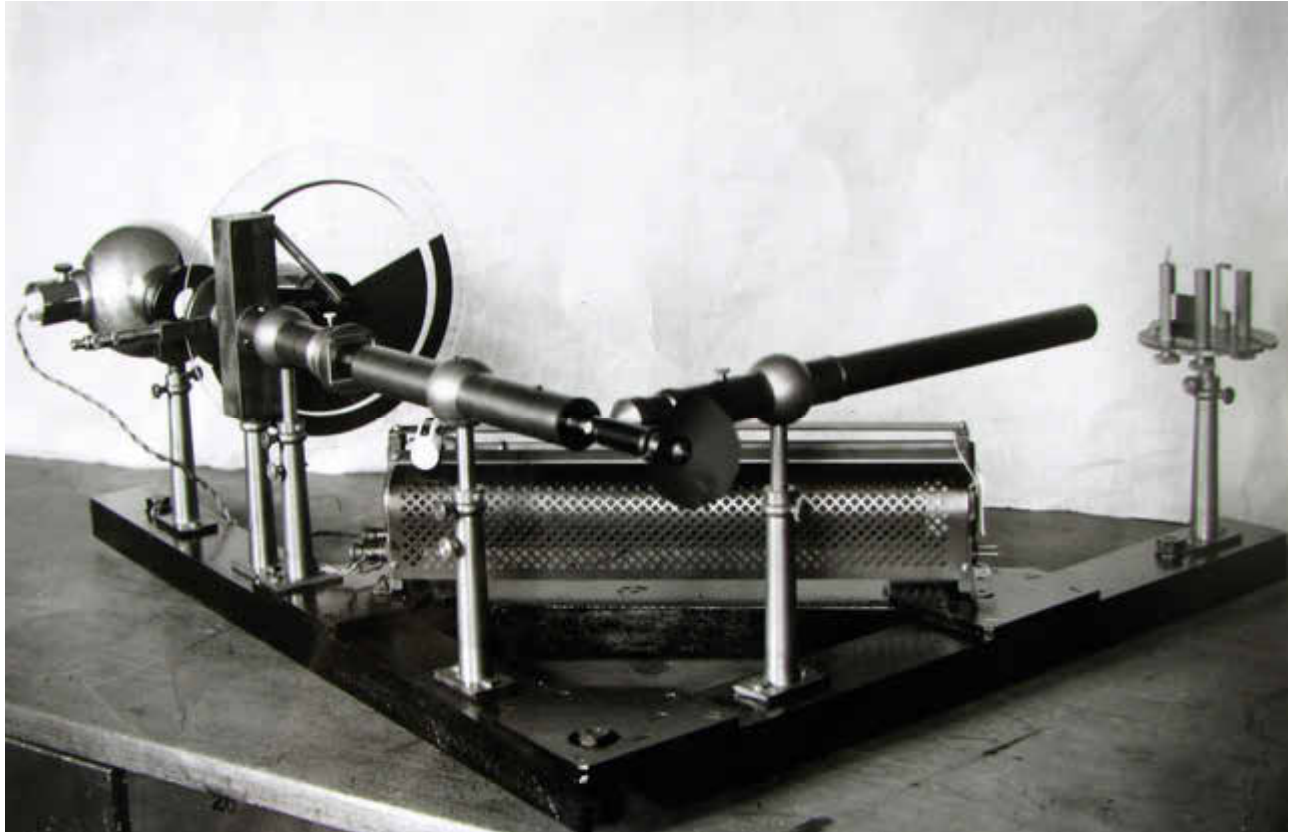
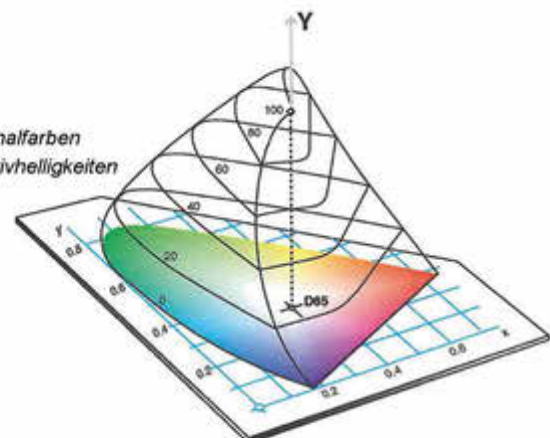


Abb. 6: Röschs ‚Optimal-Kolorimeter‘, Leipzig um 1929



Farbkörper x-y-A nach Siegfried Rösch 1928
(aus: Richter, M.: Grundriss d. Farbenlehre d. Gegenwart, 2. Aufl.)



CIE-Normvalenzkörper 1931 (nach Rösch 1928)

Abb. 7: Der Optimal-Farbkörper von S. Rösch (1928) als Grundlage des CIE-Normvalenzkörper von 1931 (Montage E. B.)

1926 lernte Rösch auch Wilhelm Ostwald (1853-1932) auf dessen Landsitz „Energie“ in Großbothen/bei Leipzig kennen. Dass sich in jener Begegnung verschiedene Auffassungen zu Spektralfarben offenbarten, erwähnt Rösch später einmal in einer Fußnote, auch dass Ostwald ihn 1928 bei einer Feier zum Geburtstag von Prof. Rinne vor Publikum begrüßt habe: „Nun, Sie haben ja das Pferd geradezu von hinten aufgezümt! [18].“

Im Rösch-Nachlass befinden sich auch einige seltene Farbaufrträge aus der Ostwald'schen ‚Flüssig-Organ‘, die Rösch 1930 von Ostwalds Mitarbeiter Manfred Adam (1901-1987) erhalten hatte. Zur Aufbereitung des verfügbaren Farbwissens gehörte auch, dass Rösch den gerade erschienenen ‚Munsell-Color-Tree‘ nachbaute, wovon ebenfalls noch Teile erhalten sind.

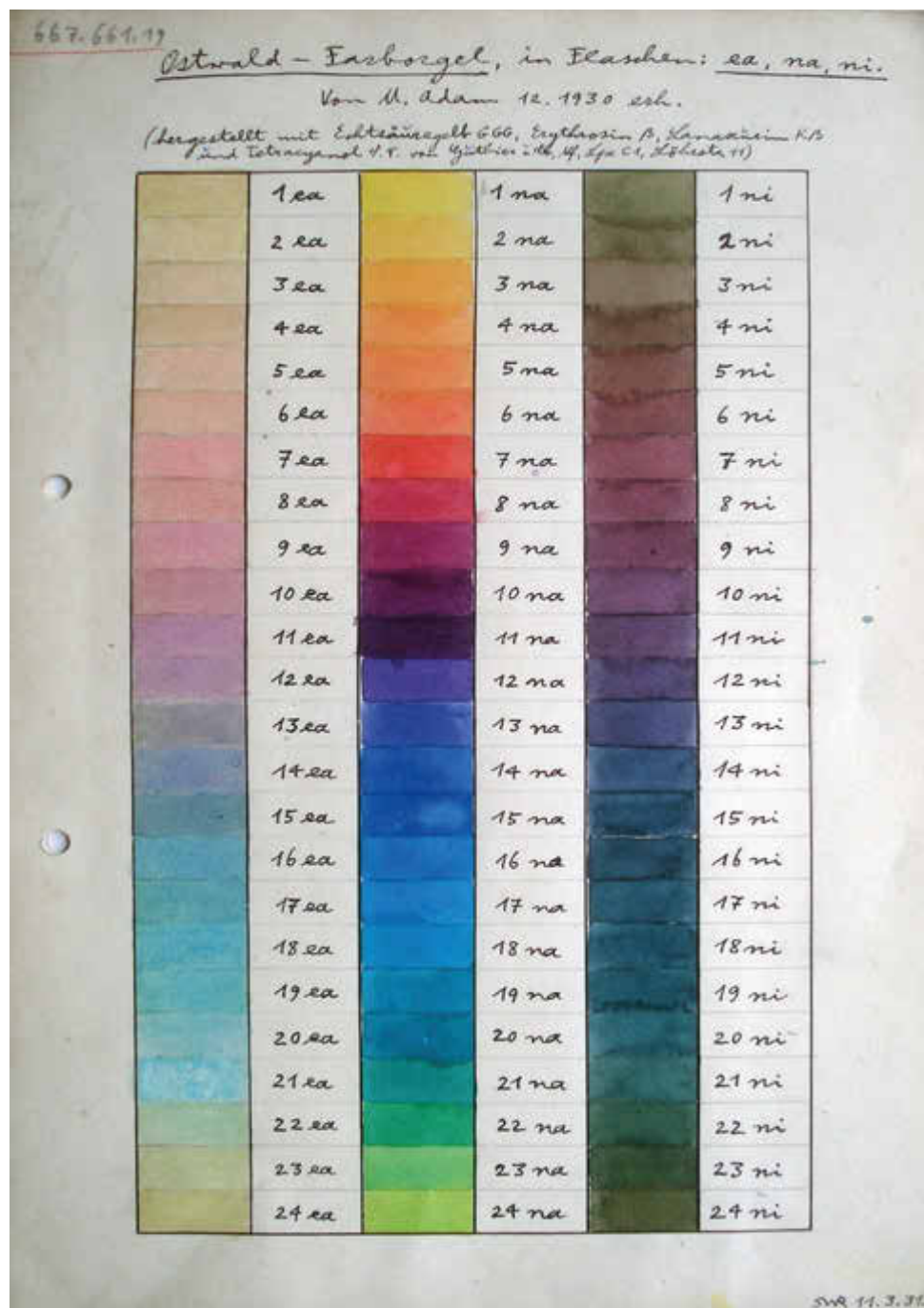


Abb. 8: Musterblatt mit Farbaufrträgen aus Ostwalds ‚Flüssig-Organ‘, für S. R. gefertigt von Manfred Adam, 1930 (Nachlass Rösch, Universitätsbibliothek Gießen)

Ein Dresden-Aufenthalt Ende Mai 1927 bescherte Siegfried Rösch auch die erste Begegnung mit Manfred Richter, der damals als Assistent von August Klughardt (1887-1970) an der Deutschen Werkstelle für Farbkunde in Dresden ebenfalls an einer verlässlichen Methode zur Farbmessung arbeitete. Am selbigen Tag trat Siegfried Rösch in Dresden-Loschwitz, dem Heimatort seiner Frau Amalie, geb. von Stürenburg, auch in den Stand der Ehe ein. Das unweit vom „Blauen Wunder“ gelegene Elternhaus seiner Ehefrau wird später im Zusammenhang mit Röschs besonderer Hinwendung zu Sonnenuhren noch Erwähnung finden.

In engem fachlichem Austausch mit Luther, Klughardt und Richter leistete Rösch bei der Entwicklung seines Optimal-Kolorimeters eigene Beiträge zu der noch jungen Wissenschaft der Farbmatrik. Aus Luthers Theorie der ‚Optimalfarben‘ leitete er den ‚Rösch-Farbenkörper‘ ab, ebenso aus seinem Messverfahren den Begriff der ‚Relativhelligkeit‘ wie drei Maßzahlen, die später als „Rösch-Maßzahlen“ bezeichnet wurden.

Polarisations-Interferenzfarben, Polarisations-Farbmessgerät

Vor und nach seiner Habilitation 1929 in Leipzig zeigten sich bei Rösch nicht nur hinsichtlich des Regenbogens enge Verbindungen zu Goethes Beschäftigungen mit farbigen Phänomenen. Bekanntlich wandte sich Goethe in seinen letzten Lebensjahren verstärkt den ‚entoptischen Farben‘ und damit Polarisationserscheinungen zu. Mit Hilfe des Physikers Thomas Johann Seebeck (1770-1831), der 1818 auch die optische Aktivität (Drehung der Polarisationssebene) von Zuckerlösungen entdeckt hatte, führte Goethe Experimente an Kalkspat und Glimmerplättchen durch.

Für Rösch stand bereits in Leipzig neben der farbmatriken Bearbeitung der Mineral- und Edelsteinfarben zunehmend auch die systematische Erforschung der weiten Vielfalt der Polarisations-Interferenzfarben sowie die Schaffung exakter quantitativer Grundlagen hierzu auf dem Programm. Außer gelegentlichen Vorstößen kam es aber erst Mitte der 50er bis Mitte der 60er Jahre zu einer intensiveren Aufarbeitung mit entsprechenden Veröffentlichungen:

- 1954: Zur Systematik der Farben, insbesondere der Interferenzfarben.
- 1955: Interferenzfarben als Vergleichsnormalien bei der Farbmessung.
- 1958: Gießen und die Polarisation des Lichtes.
- 1959: Über die Farben sehr dünner Plättchen.
- 1961: Zur Frühgeschichte der Polarisationsapparate (u.a. Goethes Apparate)
- 1962: Über Interferenzfarben im polarisierten Licht an Substanzen mit Dispersion der Doppelbrechung.
- 1965: Geschichte der Polarisationsapparate in Hessen.

Bereits 1933 war Rösch dem Ruf von Prof. Berek an die optischen Werke E. Leitz in Wetzlar zur Mitarbeit an kristalloptischen Problemen gefolgt und hatte dort maßgeblich Anteil an der Geräteentwicklung. Auf der Grundlage des Vergleichs mit Polarisationsinterferenzfarben entwickelte Rösch u. a. das Quarzfarbmessgerät „Leipo“ sowie ein Gerät zur Herstellung beliebiger Farben mittels Polarisation (1949).

Inzwischen war auch eine Umhabilitierung des Privatdozenten an die Universität Gießen erfolgt, wo er ab 1942 schließlich als a. o. Professor für Mineralogie bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1964 gewirkt hat. Es entsprach der Natur Röschs, dabei den wissenschaftlichen Austausch mit benachbarten Disziplinen zu pflegen. Beispielsweise widmete er die oben aufgeführte Systematik der Interferenzfarben in einer Festschrift dem Giesener Zoologen W. J. Schmidt unter Berufung auf die engsten Beziehungen zwischen Zoologie und Mineralogie. Rösch verweist darin auf die zoologische Optik, die morphologische Symmetriellehre, das Grenzgebiet großer Molekulkristalle und kleinster Lebewesen, auch auf die Farberscheinungen an Vogelfedern und Schmetterlingsschuppen.

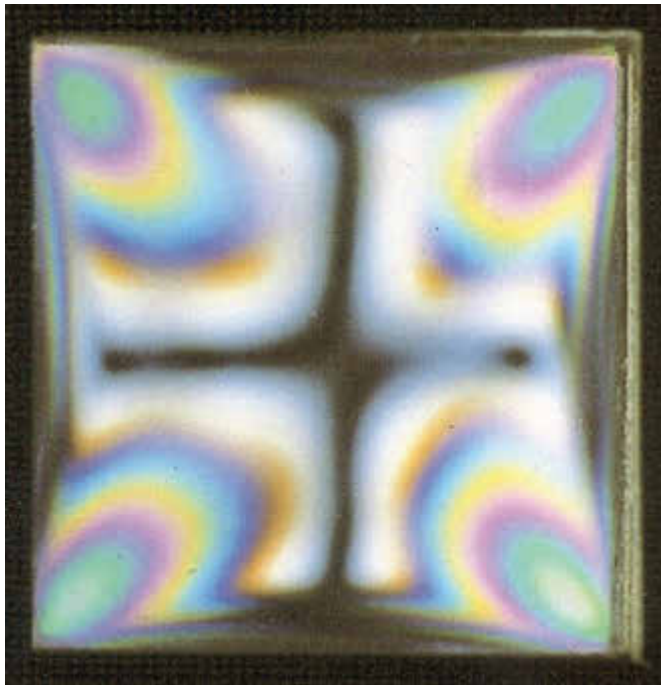
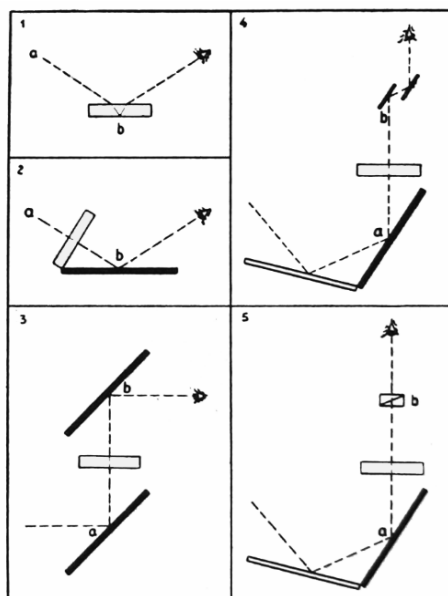


Abb. 9: Beispiel 'entoptischer Farben' nach Versuchen Goethes mit Th. J. Seebeck



Schemata der 5 Typen der in Goethes Besitz befindlichen Polarisationsapparate (nach Matthaei 1941 u. Rösch 1961)

Goethes "Vierter Apparat" von Schweiger, 1818 (nach Matthaei 1941/ Rösch 1961)

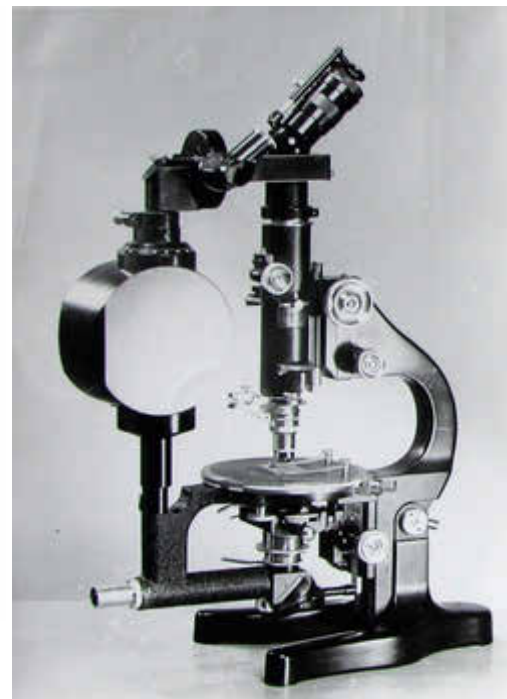
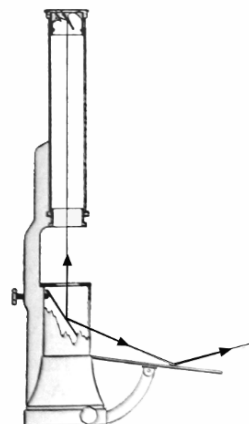


Abb. 10: Schemata zu Goethes Polarisationsapparaten nach Matthaei 1941 und Rösch 1961 (links), Das Quarzfarbmessgerät 'Leipo' von S. Rösch, 2. Modell, Gießen 1951 (rechts)

Wissenschaftlicher Austausch, Expertisen, Förderung und Anerkennung

Wie dieses Beispiel zeigt, erschöpfte sich die Arbeit Röschs nicht nur in hoher Konzentration auf eigene Studien, sondern war ebenso geprägt durch fachlichen Austausch. Er korrespondierte mit vielen Fachkollegen, die sich für Farbenfragen interessierten und so war es fast selbstverständlich, dass er 1941 zur Mitbegründung des „Deutschen-Farben-Ausschusses“ aufgerufen wurde. Er brachte in dieses interdisziplinäre Gremium, das nach Kriegsende im ‚Fachnormenausschuss Farbe‘ des Deutschen Normenausschusses aufging, seine hohe Fachkompetenz ein, z. B. bei der Farbmeterik-Norm DIN 5033 und der DIN-Farbenkarte DIN 6164. Röschs besonderes Interesse auch an Systematik und Dokumentationstechnik beförderte zudem den nachhaltigen Ausbau der Dezimal-Klassifikation 535.6 (Farbenlehre). Rösch gehörte 1952 auch zu den Herausgebern der Zeitschrift ‚DIE FARBE‘, die er mit vielen Beiträgen bis in die letzte Zeit seines Lebens begleitete. Anlässlich seines 80. Geburtstages erschien in Band 27 (1978/79) auch eine Rösch-Bibliografie zur Farbenlehre, an der er selbst noch auf Bitten des Herausgebers mitgearbeitet hat.

Beispielhaft für den fruchtbaren Austausch mögen auch zahlreiche Expertisen sein, die zu besonderen Artefakten der Farbenlehre erstellt wurden und unter den Experten abgeglichen wurden, z. B. Analysen von Siegfried Rösch und Manfred Richter zu den originalen ‚Hering-Papieren‘. Es handelte sich dabei um Farbmuster, die der einst in Leipzig wirkende Physiologe Ewald Hering (1834-1918), dem wir die ‚Lehre vom Lichtsinn‘ und die ‚Opponententheorie‘ verdanken, seinen Farbkreisen zugrunde gelegt hatte. Eine derartige Analyse nahm Rösch 1958 auch im Austausch mit dem Erlanger Physiologen und bedeutenden Goethe-Forscher Rupprecht Matthaei (1897-1976) an Goethes Farbkreis von 1810 vor, ebenso an Matthaeis Rekonstruktion des Kreises von 1932. Rösch war es auch, der einige Jahre später dem Düsseldorfer Goethe-Museum der Stiftung Kippenberg die Übernahme der Privatsammlung von Rupprecht Matthaei für eine ständige Ausstellung zu Goethes Farbenlehre in Düsseldorf vermitteln konnte.

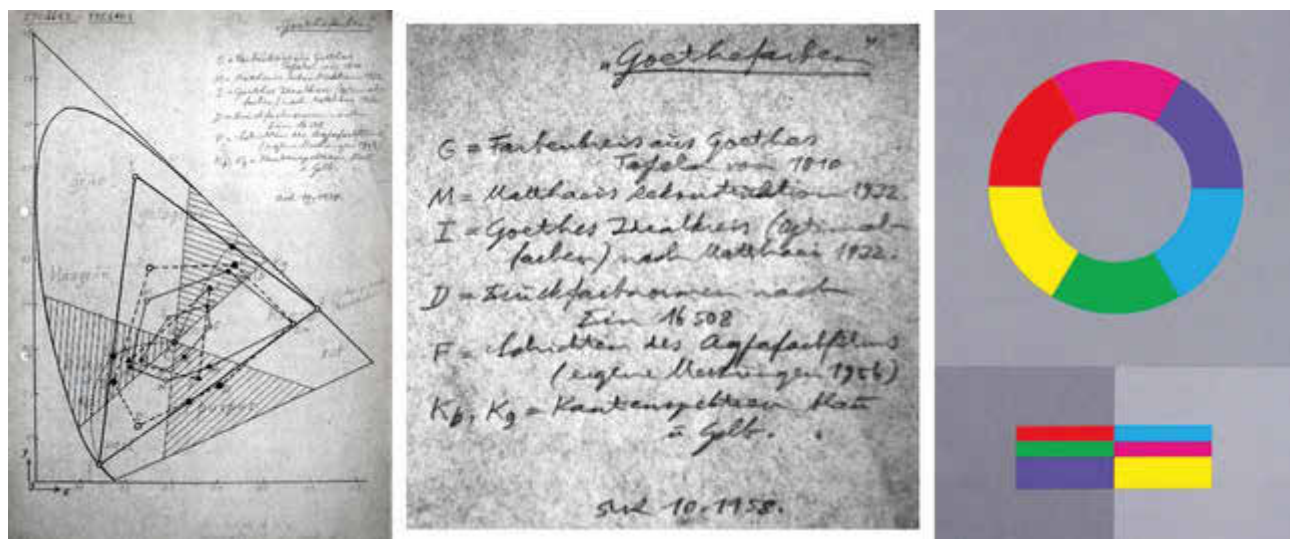


Abb. 11: Zu Röschs Untersuchung der „Goethe-Farben“ im Okt. 1958, rechts: Farbkreis-Rekonstruktion von Rupprecht Matthaei 1932, Nachlass Rösch, Universitätsbibliothek Gießen (Montage E. B.)

Für seine außergewöhnlichen Leistungen wurden Siegfried Rösch hohe Ehrungen zuteil. Bereits 1930 verlieh ihm die Photographische Gesellschaft Wien für die Arbeiten zur Reflexphotographie die Silbermedaille. Ihr folgte 1961 der ‚Ordre du Mérite pour le Recherche et l’Invention‘ durch die Internationale Vereinigung für die Farbe (AIC). Aber auch für hohe Verdienste auf anderen Gebieten wurde er geehrt. Für seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der Genealogie, die u. a. eng mit der Person Goethes verbunden waren und auf die näher noch eingegangen wird, wurden ihm 1973 die Johann-Heinrich-Merck-Medaille der Darmstädter Goethe-Gesellschaft sowie 1979 die Johannes-Christoph-Gatterer-Medaille der Genealogisch-Heraldischen Gesellschaft in Göttingen verliehen. Schließlich erhielt Siegfried Rösch 1983 in der Stadt, in der er über 50 Jahre seines Lebens wirkte, durch die Wetzlarer Goethe-Gesellschaft die Goethe-Gedenkplakette für seine Verdienste um den Aufbau der Goethe-Werther-Bücherei im Stadtarchiv.

Genealogie als Brücke zwischen Natur- und Geisteswissenschaft

Als besonders fruchtbares Feld für den Ordnungswissenschaftler, Zahlentheoretiker und professionellen Mineralogen sollte sich auch die Genealogie erweisen. Naturgemäß stand am Anfang die Erforschung der eigenen verwandtschaftlichen Wurzeln. Die Ahnenschaft seiner Ehefrau Amalie, geb. v. Stürenburg, führt Rösch zunächst auf hessische Goethe-Ahnen (Orth), später entdeckt er auch Goethe-Ahnen bei den eigenen Vorfahren (Gräter und Eisenmänger). Befördert durch den lokalen Bezug zu Wetzlar stehen für ihn bald die Familie Buff und Goethes Verwandtschaft im Mittelpunkt seines genealogischen Interesses. Er entwickelt und erprobt an deren bekannter Ahnenschaft eine neue „Quantitative Genealogie“. Das Ergebnis legte er 1954/56 mit seinem Buch „Goethes Verwandtschaft“ vor, das auf mehr als 500 Seiten über 4000 Seitenverwandten Goethes verzeichnet und viele graphische Darstellungen enthält.

War zunächst Goethe ein zentraler Bezugspunkt für Rösch, um eine europäische Gemeinschaftsgenealogie einzuleiten, so erschien ihm hierfür später Carolus Magnus (CM) als sinnvollster Bezug für seine Verwandtschafts-Mathematik und er bearbeitete mit Eifer die erste Lieferung der Neuauflage des „Brandenburg 1935“. Für den Mathematiker und Mineralogen begeisternd war dabei die Ähnlichkeit der graphischen Darstellung der gefundenen CMD-Spektren (Caroli Magni Descendens) mit Gaußschen Verteilungskurven zu bestimmten Erscheinungen der Optik. Der angesehene Goethe-Genealoge Theodor Günther würdigte 1970 Röschs Beitrag zur Genealogie auf dem Wege von einer beschreibenden zur exakten Wissenschaft, indem er ihn als „führenden Wegbereiter für eine wissenschaftlich-exakte Gestaltung der modernen Genealogie“ bezeichnet. Theoretisch untermauert und ausgebaut wurde Röschs ‚Quantitative Genealogie‘ durch den Fachmathematiker Hermann Athen.

Auf Rösch geht auch die Gründung einer familienkundlichen Arbeitsgemeinschaft im Stadtarchiv Wetzlar zurück, die schließlich zur dortigen genealogischen Abteilung führte.

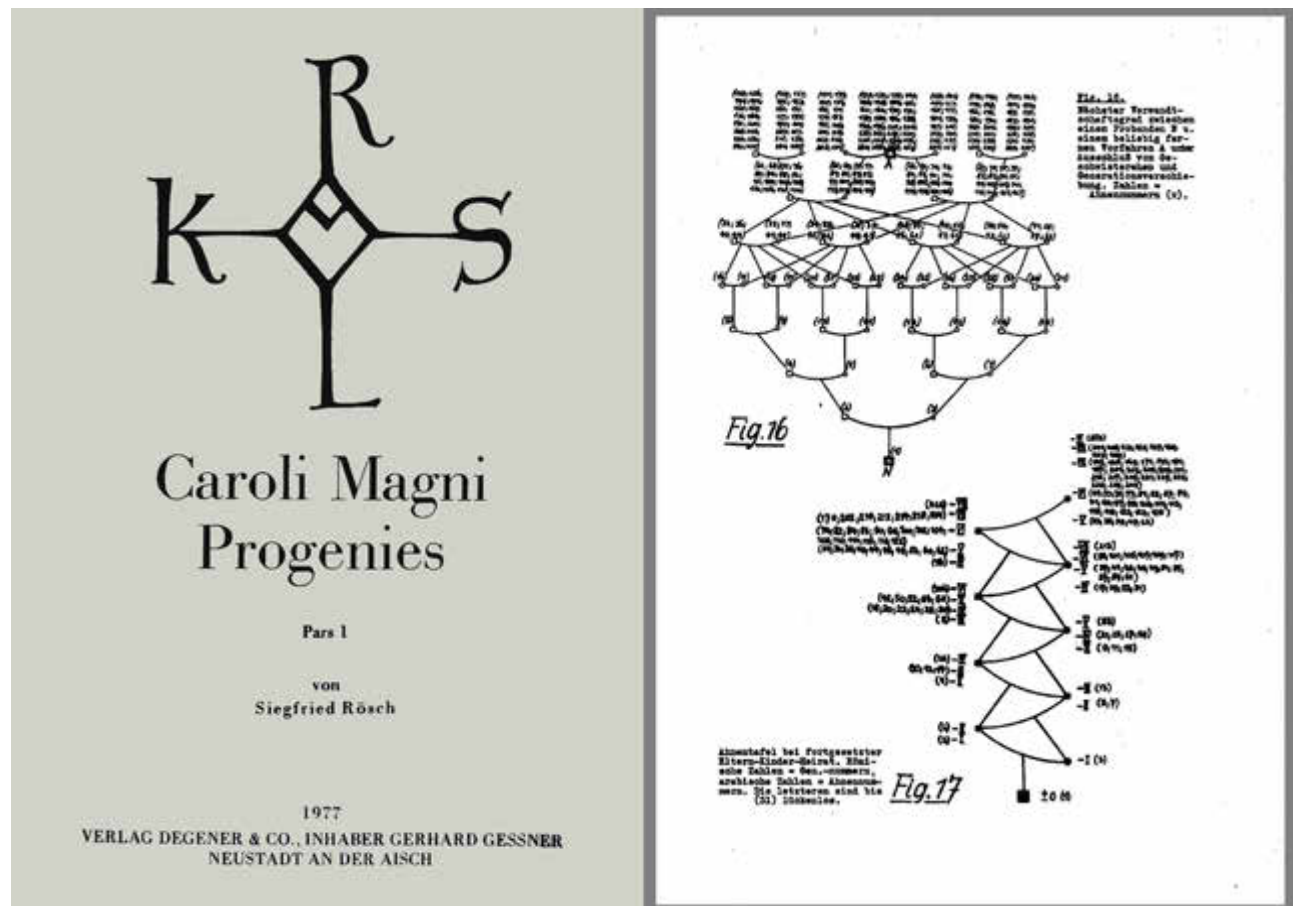


Abb. 12: Zur 'Quantitativen Genealogie' (Titelblatt und Beispieldarstellungen)

Mitte der 70er Jahre wird Rösch im Rahmen seiner Familienforschung ein weiteres Mal zu Goethes Spuren geführt, als er im Nachlass eines Zweiges seiner Familie auf ein Gemälde stößt, das einem bekannten Jugendporträt des 16-jährigen Goethe auffallend ähnelt. Es hatte sich über Generationen vererbt und soll sich heute im Frankfurter Goethe-Museum befinden.

Sonnenuhren – Vererbte Freude und späte Leidenschaft

1964 erhielt Rösch als Geburtstagsgeschenk eine Sonnenuhr, die sein schwäbischer Pfarrer-Ahn Nathanael Gottlieb Renz selbst gefertigt hatte. Eine aufschlussreiche Überraschung, denn es stellt sich bald heraus, dass auch dessen Schwiegersohn, Röschs Urgroßvater, der Pfarrer Johann Georg Rösch in seinen Mußestunden gern Uhren gebaut hat. Offensichtlich wurde Siegfried Rösch die Freude am Instrumentenbau, an Optik und Chronometrie mit in die Wiege gelegt. So erscheint es auch nicht verwunderlich, dass Rösch bereits ein Jahr vor diesem Geburtstagsgeschenk mit Begeisterung das Angebot des Malers Paul Meyer-Speer (Schüler und Anhänger der Farbenlehre von Wilhelm Ostwald) annimmt, die Berechnung der astronomischen Daten für eine große Farben-Sonnenuhr in Gravenbruch/bei Frankfurt/Main zu übernehmen. Rösch ist von der beabsichtigten Parallelsetzung der Tages- und Jahreszeiten mit der Folge des Farbkreises begeistert: Morgendlich kühles Blaugrün „Seegrün“ (Osten)...leuchtendes „Laubgrün“ (Osten, Morgen, Frühling)...Gelb und Rotgelb (Mittag, Süden, Sommer)...Feuerrot, Weinrot, „Veil“ (Abend, Herbst, Westen)...Tiefblau, „Eisblau“ (Winter, Norden, Nacht).

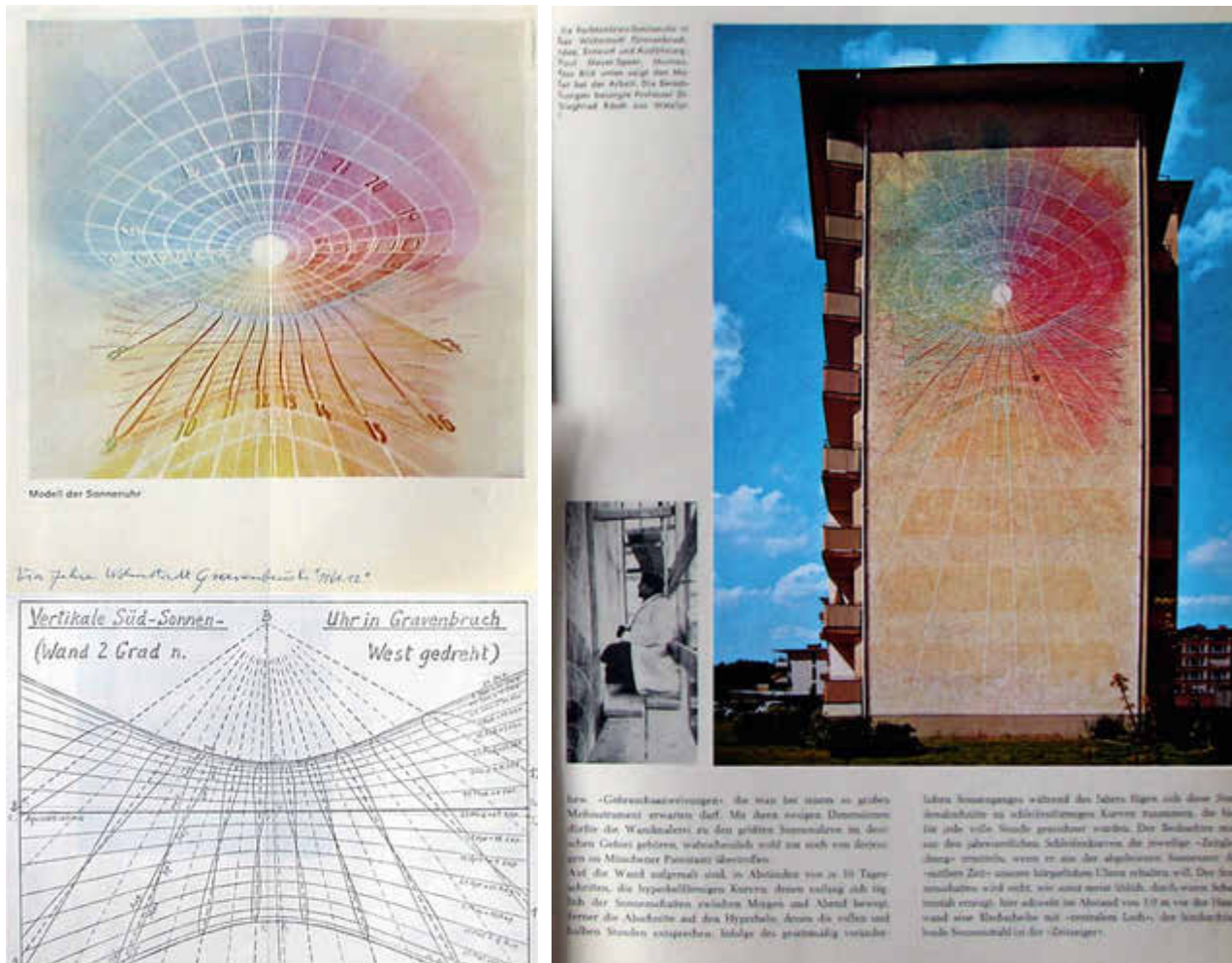


Abb. 13: Zur großen Sonnenuhr von P. Meyer-Speer u. S. Rösch in Gravenbruch 1963/64

So entsteht 1964 unter Mitwirkung von Siegfried Rösch an einem Giebel eines achtgeschossigen Wohnhauses eine der größten gemalten Sonnenuhren in Deutschland. Eine Blechscheibe mit zentralem Loch macht den Sonnenstrahl zum Zeitzeiger (leider musste diese wohl einzigartige Gemeinschaftsarbeit einer verbesserten Wärmedämmung des Gebäudes weichen). Siegfried Rösch aber fand derart Gefallen an der chronometrischen Nutzung der Präzision des Sonnenlaufes, dass sie auch Eingang in seine Wohnungen am Philosophenweg in Wetzlar fanden. Er registrierte akribisch und fixierte erfinderisch auf Wänden und Möbeln (bzw. später in der 2. Wohnung auf der Zimmerdecke mittels Spiegelreflexion) die Sonnenstände im Jahreszeitraum. Wer ihn in seinem häuslichen Arbeitszimmer besuchte, konnte sich der Faszination jener Konstruktionen, für die er ebenfalls Lochscheiben als Schattenzeiger nutzte, nicht entziehen. Jürgen Abeler notiert in seinem Uhrmacher-Lexikon von 1977 über Röschs 1. Zimmer-Sonnenuhr, dass die „Hohl-Sonnenuhr“ einzigartig sei und in Fachkreisen Aufsehen erregte. So bleibt es auch nicht aus, dass Rösch für mehrere Jahre Vorsitzender des „Fachkreises Sonnenuhren in der Deutschen Gesellschaft für Chronometrie“ wurde und sich mit Beiträgen auch in die historische Sonnenuhr-Forschung einbrachte. Neben der täglich anwachsenden Herausforderung zu vielseitiger wissenschaftlicher Arbeit fand er auch Zeit, sich um die Erhaltung der ihm vertrauten Sonnenuhr an der altehrwürdigen Winzersäule zu kümmern, die

seit Generationen den Garten neben dem Elternhaus seiner Ehefrau in Dresden-Loschwitz ziert.

Rösch entwarf schließlich auch für den Domplatz in Wetzlar das Projekt einer begehbaren Sonnenuhr. Auf eine sinnvoll gestaltete Pflasterung des Platzes sollte der Doppeladler des Staufferhauses einen zeitmessenden Schatten werfen. Leider kam es nicht zur Realisierung des Vorhabens.

Die Farbenordnung Hickethier (FOH) und Röschs ‚Vektorfarbkörper‘



Abb. 14: Zur 'Großen Farbenordnung Hickethier', hrsgg. von S. Rösch, Ravensburg 1972 (Montage E. B.)

Einem Freundesdienst Röschs verdanken wir schließlich auch die Bewahrung der Lebensleistung des aus Zwickau/Sachsen stammenden Drucktechnikers Alfred Hickethier (1903-1967). Dieser hatte einen Farbenwürfel als Referenzmodell für den Dreifarbendruck sowie die Dreischichten-Buntphotographie entworfen (Hannover 1952) und zu

dessen experimenteller Entwicklung Rösch um Unterstützung hinsichtlich der farbmetri-schen Begründung gebeten.

Daraus entwickelte sich eine jahrzehntelange freundschaftliche Zusammenarbeit, die 1967 durch den Tod Hicethiers ein vorzeitiges Ende fand. Rösch setzte die Arbeit fort, sodass er das Werk seines Freundes der Fachwelt bewahren und 1972 als ‚Große Farbenordnung Hicethier (FOH)‘ herausgeben konnte.

Von jener Auseinandersetzung mit der Problematik des Farbendrucks angeregt hat Rösch schließlich mit dem ‚Vektorfarbkörper‘ auch ein eigenes, komplexes Modell für den Mehrfarbendruck entwickelt, das für die Mischung der Farben eine variable Anzahl zwischen drei und zwölf nutzbaren Vektoren anbietet.

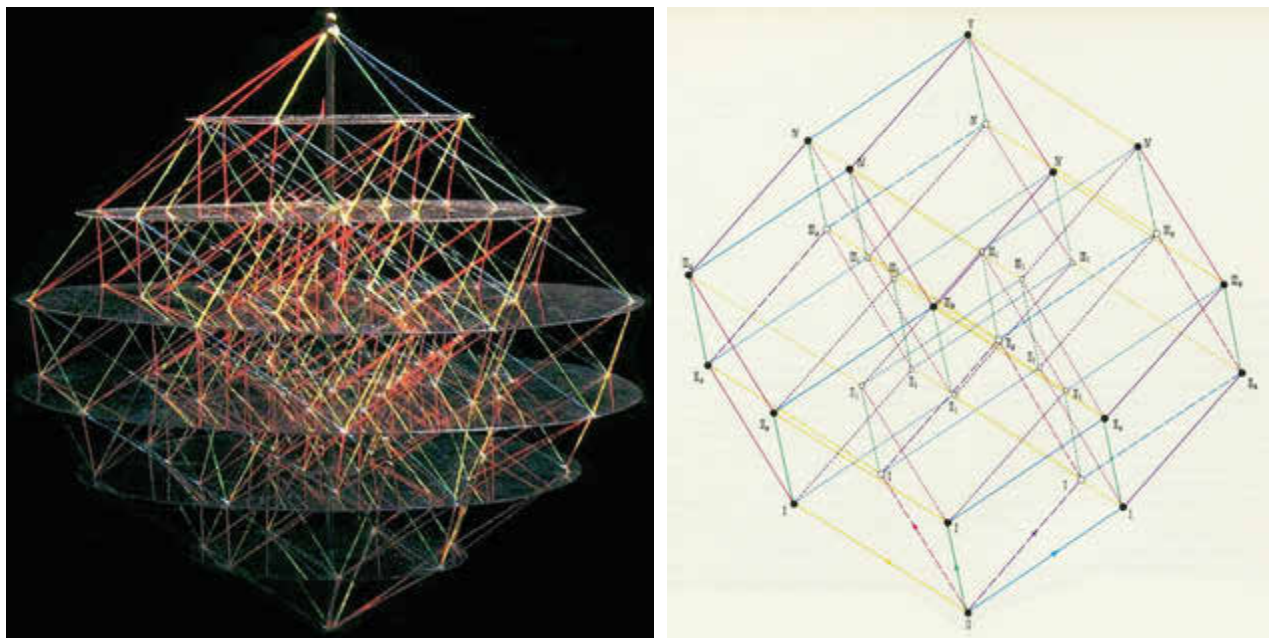


Abb. 15: Fadenmodell des ‚Siebenvektor-Farbkörpers‘ von Rösch (aus S. R.: Vektorfarbkörper für Mehrfarbendruck. 1970)

Zahlentheorie, Ästhetik und Kunsttheorie

Wie für Goethe schon war auch für Siegfried Rösch insbesondere Johannes Kepler (1571-1630) ein Wahlverwandter. Ihn verband mit dem großen Astronomen und Mathematiker aber nicht nur die geistige Aufgeschlossenheit für einen allumfassenden Zusammenhang von Gesetz und Harmonie, sondern, wie sich durch seine Ahnenforschung erwies, auch ein familiengeschichtlicher Hintergrund. Johannes Kepler war einst von Röschs direktem Ahn, Michael Mästlin (1550-1631), Astronom und Mathematiker in Tübingen, mit der Lehre von Kopernikus vertraut gemacht worden und blieb seinem einstigen Lehrer in lebenslanger Freundschaft verbunden.

Röschs Aufgeschlossenheit für das geheime Wirken der Natur und sein Interesse an dessen mathematisch fundierten Indizien, an „erstaunlichen Mustern und ästhetisch schönen Ordnungen im Reiche der Zahlen“, kommt nicht nur in seiner Hinwendung zu der Zahl Phi ($\phi = 1,6180339\dots$), dem damit eng verbundenen Goldenen Schnitt und der

Keplerschen Zahlenreihe (auch Lamésche- oder Fibonacci-Reihe genannt) zum Ausdruck, sondern ebenso in seiner Beschäftigung mit den Primzahlen, der Ulam-Spirale oder dem Pascalschen Dreieck. Rösch zog aus den klaren Beziehungen des Pascalschen Dreiecks zur Dreifarbenlehre praktisch nützliche Folgerungen (1964).

Rösch erscheint die Zahl Phi neben der Kreiskonstante π und der Eulerschen Wachstumszahl e als eine fundamentale Strukturkonstante und Konstruktionsvorschrift: „Beispiele scheinen darauf hinzuweisen, dass die Natur in ihren intimsten Bereichen, nämlich der Mikrowelt ihres Feinbaues, das Herrschaftsgebiet der ganzen Zahlen, und zwar vorzüglich sehr kleiner Ganzzahlen angelegt hat. Dagegen scheint die Makrowelt von statistischen Mittelwerten, von großen nichtganzen Zahlen beherrscht zu werden.“

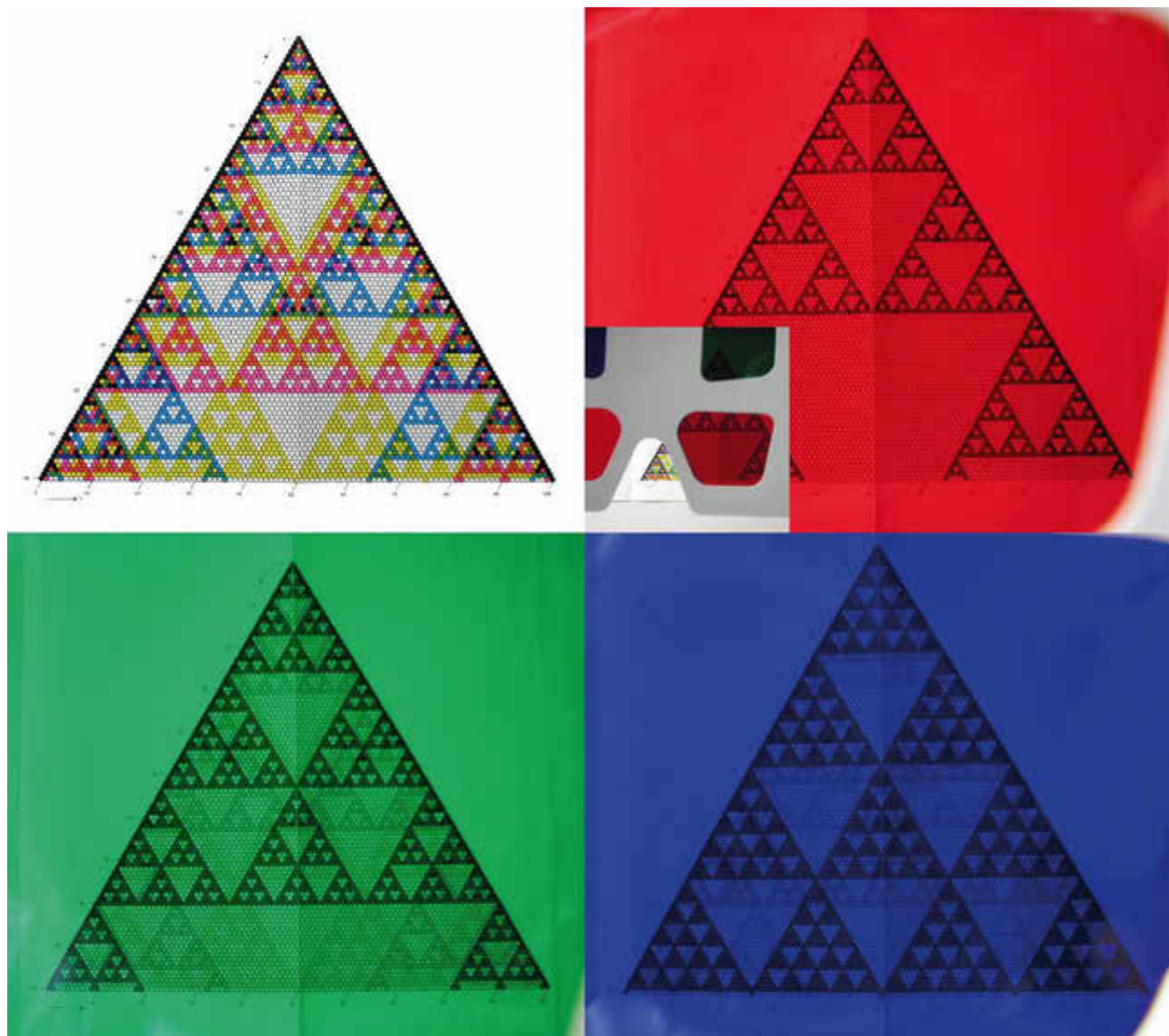


Abb. 16: 100-zeiliges Pascal-Dreieck mit farbiger Kennzeichnung des Faktors 30 und aller darin enthaltenen Teiler. (aus: S. Rösch: Farbenlehre auf die Mathematik angewandt, Studien zum P.-D., 1964) *Durch Farbfilter kann man Symmetriemuster der jeweiligen Verteilung für die Faktoren 2 (rot), 3 (grün) und 5 (blau) erkennen.* (Montage E. B.)

Die Kepler-Reihe entdeckte Rösch z. B. auch in seiner „Quantitativen Genealogie“ bei einem Ahnentafel-Inzucht-Modell sowie in der Ahnenschaft der Honigbiene. Aber auch in Dürers berühmtem Kupferstich ‚Melancholia I‘ von 1514 fand er die Zahl Phi offen-

sichtlich mehrfach von Dürers Hand ‚eingeschrieben‘. So widerlegte er 1971 in zwei Veröffentlichungen bisherige Hypothesen zur Gestalt des Polyeders und weist das exakte Zahlenverhältnis 1,618 : 1 auch zwischen dem Fluchtpunkt im Meereshorizont und den Augenmittelpunkten der beiden Personen nach.



Abb. 17: Albrecht Dürer: Melencolia I (Melancholie), Kupferstich 1514

Rösch bekennt im Aufsatz 'Expedition in unerforschtes Zahlenland' (1962): „Abgesehen von den sachlichen Erkenntnissen..., die eine Entdeckungsreise in neue Welten mit sich bringt, ist wohl ein Hauptergebnis die Ehrfurcht vor der Schönheit, Eleganz, der Konsequenz und Logik, die die Zahlenwelt auch in allen Einzelheiten enthält.“ Als übergreifend denkender und empfindender Geist knüpft er damit auch an althergebrachte Auffassungen von 'Kunst als etwas Naturgemäßes' an - auch im Sinne der von Goethe wie Ostwald wertgeschätzten Beziehungen zwischen Wissenschaft und Kunst.

Zum Schluss

Allein das, was Rösch in der Kristallographie, Kristalloptik, Farbenlehre und Edelsteinkunde geleistet hat - seine Gesamtbibliographie umfasst insgesamt über 300 Beiträge zu 13 verschiedenen Fachgebieten - würde ausreichen, ihm einen bleibenden Platz in unserem Gedächtnis zu bewahren. Dem universal denkenden Wissenschaftler war es jedoch vergönnt, noch weit darüber hinaus zu wirken und Maßstäbe zu setzen. Seine vielen Brückenschläge zwischen Natur- und Geisteswissenschaften werden wohl sein größtes Vermächtnis bleiben.

In Bezug auf die Farbenlehre als moderne, fachübergreifende Wissenschaft soll noch einmal Manfred Richter zu Wort kommen: „Rösch hat es verstanden, das Gedankengut vieler seiner Vorgänger für die neue Zeit zu bewahren und aufzubereiten, mit eigenen wertvollen Ideen zu bereichern und unser heutiges Verständnis von der Welt der Farben zu vervollkommen.“

Ein letzter Beleg für die enge Beziehung des universalen Gelehrten Rösch zu einem seiner großen Vorgänger soll hier noch Erwähnung finden: Kurz vor seinem 85. Geburtstag regte Rösch für das Stadtarchiv Wetzlar noch den Nachbau einer ‚Schusterkugel‘ als Originallichtquelle für Goethes Versuche zum Regenbogen an. Obwohl Rösch deren Übergabe nicht mehr erlebte, sorgte er damit zuletzt noch für einen durchaus symbolischen Bogenschlag über Zeit und Raum.

Auch der in diesem Beitrag skizzierte Bogen gleicht einem reich facettierten Band, das sich offenbar wie von selbst zwischen universalen Geistern entzündet und zu leuchten vermag.

Werkauswahl zu Rösch

- [1] Über Reflexphotographie. Abh. Mathem.-physik. KL. Sächs. Akad. Wiss 39 (1926), S. 1-62 (Dissertationsschrift Leipzig 1926)
- [2] Über den Polarisationszustand des Regenbogens. (mit F. Rinne), Cbl. Mineral. (1927), A, S. 33-38
- [3] Eine neue Methode der Farbenmessung. (Vortrag Breslau 1927) In: Fortschr. Mineral. 12 (1927), S. 70-71
- [4] Die Kennzeichnung d. Farben. In: Physik. Zeitung 29 (1928), S. 83-91
- [5] Darstellung der Farbenlehre für die Zwecke der Mineralogen. In: Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie. Dreizehnter Band. Berlin 1929, S. 753-902 (Habilitationsschrift Leipzig 1929)
- [6] Farbfilmprüfungen. Optik 8 (1951) S. 444-448, auch Kinotechnik 8 (1954) S. 148-149
- [7] Zur Systematik der Farben, insbesondere der Interferenzfarben. Festschrift für W.J. Schmidt, In: Bericht der oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Gießen, Neue folge. Naturwiss. Abt. Bd. 27 (1954)
- [8] Goethes Verwandtschaft. Versuch einer Gesamtverwandtschaftstafel mit Gedanken zu deren Theorie. Neustadt a. Aisch 1954, 460 +76 S., 43 Fig, Neudruck 1966
- [9] Farbe und Farbphotographie als Forschungshilfsmittel. In: Bildmessung u. Luftbildwesen 37 (1969) S. 75-86
- [10] Doppelbrechungs-Interferenzfarben sehr dünner Blättchen. In: Optica acte 6 (1959), S. 186-195
- [11] Farbmeterik zusammengesetzter Interferenzfarben. Fortschr. Mineral. 29/30 (1952), S. 387 sowie: Binäre und polynäre Polarosationsinterferenzfarben und ihre Bedeutung in der neuesten Farbphotographie. In: Optik 23(1965), S. 109-112
- [12] Gedanken zur Genealogie. In: Familie und Volk (1961) Heft 1, S. 291-292
- [13] Expedition in unerforschtes Zahlenland. Das neue Universum 79 (1962), S. 93-98
- [14] Neues vom Pascal-Dreieck. Bild d. Wiss. 4 (1965) S. 758-762
- [15] Die Farbtonkreis-Sonnenuhr in Gravenbruch. Heimatbote z. Sonntag, Stadt im Wald Gravenbruch 3 (1964) Nr. 50 (Farbensonnenuhr von Gravenbruch. Mappe (München) 82 (1968), S. 304-306
- [16] 50 Jahre im Dienst der Wissenschaft. Vortrag zum 70. Geburtstag 1969, Festkolloquium Gießen (mit Bibliografie)
- [17] Die Große Farbenordnung Hickethier. Hrsgg. und eingeleitet von Prof. Dr. Siegfried Rösch, Otto Maier Verlag Ravensburg 1972
- [18] Rück- und Ausblicke auf Farbmeßversuche. Manfred Richter zum 75. Geburtstag gewidmet. In: DIE FARBE 28(1980), Nr.3/6, 207-216

Ergänzende Quellenhinweise

- [1] Farbe +Design 19 (1981), S 19: Prof. S. Rösch 82 Jahre
- [2] Farbe + Design 31/32 (1984), S. 77: Prof. Dr. Siegfried Rösch verstorben.
- [3] Richter, Manfred: Der Farbmetriker Siegfried Rösch. In: Siegfried W. Rösch (1899-1984). Jahresausgabe der Wetzlarer Goethe-Gesellschaft e.V., 1986, S. 111-121
- [4] Martin-Konle, C., Reuter, P., Schneide, O.: Farbforschung exemplarisch: Siegfried Rösch. In: Baumgartner, M., Lepper, M., Reuter, P. (Hg.): Die Farben wollen wir nicht den Blumen überlassen. Universitätsbibliothek und Inst. f. Kunstgeschichte der Justus-Liebig-Universität Gießen, 2011, S. 23-44
- [5] Korrespondenz Bendin, E. 2011 mit Rösch-Nachkommen (Sammlung Farbenlehre TU Dresden)
- [6] Bendin, E.: Siegfried Rösch 1899-1984. In: Bendin, E.: Schnittstelle Farbe. Beiträge zur Farbenlehre im Mitteldeutschen Raum. edition bendin, Dresden 2021
- [7] Bibliographischer Nachlass von Siegfried Rösch, Universitätsbibliothek Gießen

Bildquellen

Eckhard Bendin:

Abb. 1-2, 5, 7, 9-10, 11, 14, 16

Rösch-Nachlass in der Universitätsbibliothek Gießen:

Abb. 3-4, 6, 8, 10 (rechts), 12-13, 15

Abb. 17 gemeinfrei

Auch das noch!

Werner Rudolf Cramer

Wenn ich meine Umgebung betrachtet, gehe ich davon aus, dass alle Mitmenschen das Gleiche sehen. Ich weiß, dass alle Vorgänge vor dem Auge physikalischer Natur sind und dass die Lichtstrahlen, die auf die Netzhaut des Auges treffen, einen optischen Reiz auslösen. Und dieser wird dann im Gehirn zu Farben verarbeitet. Also, alles selbstverständlich? Nicht ganz, denn fast 10% der Männer sehen doch anders. Wir Menschen haben drei Zapfentypen für das Farbensehen, einer ist blauempfindlich, der zweite grünempfindlich und der dritte rotempfindlich. Aus Genuntersuchungen weiß man, dass der grüne aus dem roten Zapfen entstanden ist – geschätzt vor 30 Millionen Jahren. Man vermutet außerdem, dass die Säugetiere aufgrund vieler Fressfeinde nachtaktativ wurden und der blaue Zapfen in den UV-Bereich „gewandert“ ist. Später änderte sich wieder seine Empfindlichkeit.

Das „junge“ Alter des grünen Zapfens ist vermutlich auch der Grund für die häufigen Anomalien im rot-grünen Bereich. Man unterscheidet dabei von Protanomalie, wenn die Funktion der Rot-Zapfen beeinträchtigt ist, und von Deutanomalie, wenn die Funktion des Grün-Zapfens eingeschränkt ist. Fehlt einer dieser Zapfen, so spricht man von Protanopie und Deutanopie.

Mit einem Zusatztool lassen sich Fotos und Grafiken so umstellen, als wenn ein Farbenfehlsichtiger (Farbenblinder) diese betrachtet. Die Stärke und die Art der Farbenfehlsichtigkeit lassen sich dabei einstellen.

Ich habe viele Fotos mit diesem Tool bearbeitet und war immer über die Ergebnisse erstaunt. Erst vor einiger Zeit bin ich auf die Idee gekommen, einen farbenfehlsichtigen Freund zu fragen. Er sollte mir sagen, ob und welche Unterschiede er zwischen dem Originalfoto und dem bearbeiteten Bild erkennt.

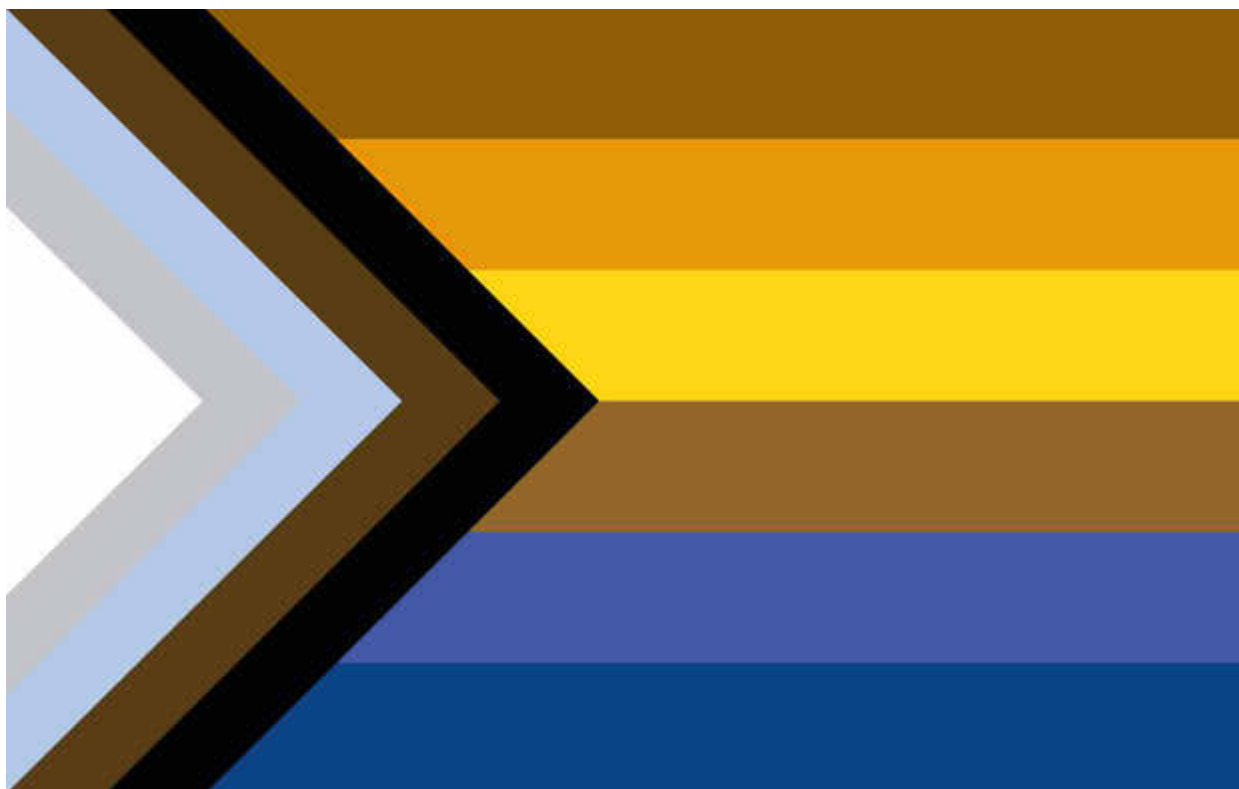
Dafür habe ich die Regenbogenfahne eingesetzt, die sechs Farben von Rot (oben) über Orange, Gelb, Grün und Blau bis Rotviolett aufweist. Auf der Seite befindet sich ein Dreieck mit den Farben für trans-Personen.

Betrachtet man die „fehlsichtige“ Fahne, könnte man von einer Diskriminierung von Farbenfehlsichtigen sprechen: Das Rot erkennt der Farbenfehlsichtige (Rot-Grün-Blinde) als Braun, das Grün auch als Braun, das Violett als Graublau und das Rosa als Grau. Auch die anderen Farben ändern sich, je nach nachdem, wie hoch der Anteil Rot oder Grün ist.





Fahne in Orginal



Bearbeitete Darstellung der Fahne, wie sie von Farbfehlsichtigen gesehen werden



