

DfwG

Farbwissenschaft im Fokus

REPORT 04-2024

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

Verantwortlich: Dr. Andreas Kraushaar

ISSN 1860-2835

50

JAHRE DfwG

WISSENSCHAFT TRIFFT FARBE

50 JAHRE DEUTSCHE FARBWISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT (DfwG)

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V. (DfwG)
im Deutschen Verband Farbe | 2024

Vorwort

LIEBE FARBGEMEINDE!

Ich habe mir echt lange Gedanken gemacht, wie ich ein Vorwort für diese wichtige Ausgabe unseres DfwG-Reports, der vorliegenden Festschrift zum 50-jährigen Jubiläum der DfwG, verfassen könnte. Ich möchte, dass das Vorwort lustig ist, historisch korrekt, gerne mit persönlichen Einwüfen bestückt, am besten auch Goethe und Newton berücksichtigt und natürlich die beeindruckende Lebensleistung meiner Vorgänger Manfred Richter, Heinz Terstiege, Gerhard Rösler und Bernhard Hill würdigt.

Zu Beginn möchte ich erzählen, warum ich mich für die Farbe entschieden habe und warum sie mich bis heute so begeistert. Es war die Lichtvorlesung bei Dietrich Gall an der TU Ilmenau, durch die ich die Schönheit der Farbe entdeckt habe. Unvergessen bleibt mir seine Vorstellung der DE2000-Farbabstandsformel, als er meinte, dass Goethe von der mathematischen Komplexität sicher nicht begeistert gewesen wäre.

Es gibt nur wenige Problemstellungen in der ganzen Naturwissenschaft, die so viele verschiedene Bereiche berühren und dadurch so vielseitig interessant sind. Es geht los bei den physikalischen Fakten zur Farbreizentstehung und führt uns über die physiologischen Vorgänge beim Sehen zu den komplexen Vorgängen im Gehirn, bei denen man physiologische und psychologische Aspekte kaum noch trennen kann. Aber damit ist noch lange nicht Schluss. Mein persönlicher Held der Farbe, Manfred Richter, bringt es charmant auf den Punkt: "Aber ein großzügiger Geist wird auch hier nicht stehenbleiben, denn die Farbempfindung ist ja nie eine Einzelercheinung, sondern es treten ja immer viele, meist sehr viele Farbempfindungen als Wirkung vieler Reize gleichzeitig auf und treten damit rein physiologisch in Wechselwirkung." Er sagt auch: "Nicht zuletzt interessieren diejenigen, die die Farbe als Problem betrachten, die ästhetische Wechselwirkung der Farben untereinander." So hat sich kürzlich die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft in „LiTG, Deutsche Gesellschaft für LichtTechnik und LichtGestaltung e. V.“ umbenannt. Meine Erfahrungen in der Zusammenarbeit der DfwG mit dem Farbenzentrum erinnert mich an einen Papstwitz:

Der Papst geht das erste Mal in seinem Leben in die Sauna. Sichtlich erfreut und erholt sagt er zu seinem Kardinal: "Sauna ist super, das müssen wir morgen unbedingt wieder machen! Darauf der Kardinal: "Heiliger Vater, es freut mich, dass es Ihnen so gefallen hat. Aber das mit morgen wird wohl nichts. Da ist gemischte Sauna. "Ach was", lächelt der Papst, "die paar Protestanten machen mir doch nichts aus!"

Die Farbenlehre kann also von verschiedenen Seiten her betrachtet werden und nach meiner Erfahrung wird so mancher von irgendeinem anderen Teilproblem der Farbe gefesselt. Ich habe damals bei der Farbwiedergabe im digitalen Kino angefangen und wollte zunächst mal die analoge Projektion angleichen. Danach ging's in den Druck, wo ich mich mit den Herausforderungen auseinandersetzen musste, die entstehen, wenn man die Farbvorstellungen der Designer mit den technischen Möglichkeiten und Grenzen im Druckprozess in Einklang bringen will. Meine Zeit in der DfwG, erst als Student ohne Erfahrung, später als Zuhörer oder Referent, dann als Leiter der AG Farbbildverarbeitung und jetzt als Präsident, zeigt mir immer wieder diese Vielfalt – und diese Reise ist noch lange nicht abgeschlossen.



Mit dem Ziel Forschung und neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Farbwissenschaft zu verbreiten und ihre Anwendung auf die Lösung von Problemen zu fördern, wendet sich die DfwG an die Fachleute, die sich mit der Messung, Bewertung und Anwendung der Farbe beschäftigen oder diese Bestrebungen fördern möchten. So heißt es im Einladungsschreiben anlässlich der Gründung der DfwG am 24.10.1974 zur Jahrestagung des Fachnormenausschuss Farbe (FNF), die sich im vorliegenden Report befindet.

Ich kann dem nichts hinzufügen. Ich freue mich, dass diese besondere Ausgabe meine wenigen Bemerkungen um so viele tolle und ausführlichere Anekdoten und Geschichten erweitert. Ich bin mir sicher, dass auch Sie von der Lektüre dieser Festschrift genauso begeistert sein werden wie ich.

Ich möchte mich besonders bei allen bedanken, die oft im Hintergrund wirken und doch so maßgeblich zum Gelingen unserer Gesellschaft beitragen. Ohne das Engagement von Menschen wie unserer geschätzten Sekretärin Karin Bieske, die uns mit ihrer Tatkraft und ihrem Organisationstalent stets unterstützt, wäre vieles nicht möglich. Ebenso möchte ich mich bei ihrem Vorgänger Frank Rochow bedanken, der den Grundstein für eine reibungslose Verwaltung gelegt hat. Und natürlich darf ich nicht vergessen, meinem Doktorvater und ehemaligen DfwG-Präsidenten Bernhard Hill zu danken, dessen unermüdlicher Einsatz und visionäre Führung uns allen immer ein Vorbild sind.

Zum Schluss möchte ich all denen danken, die ich in dieser Aufzählung vergessen habe. Sie erledigen die vielen Aufgaben im Hintergrund - vom Report über Logo-Design und Website, den Arbeitsgruppen bis zur Kassenprüfung.

Ich freue mich auf unser Treffen am 8. und 9. Oktober in Göppingen und empfehle allen die Lektüre dieser Ausgabe, um die Vorfreude darauf zu erhalten. Die Schatzkiste aus 50 Jahren DfwG-Tradition ist so voller Kostbarkeiten – stöbern Sie in ihr und bleiben Sie zuversichtlich.

Andreas Kraushaar

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	4
	I. Vorgeschichte	7
	II. Arbeit in der Internationalen Vereinigung für die Farbe (AIC)	18
	III. Historie der Farbmatrik	23
	IV. Historie der Farbmessung	48
	V. Die Arbeit in der DfwG	71
	VI. DfwG in Zahlen und Fakten	111
	Impressum	138

I. VORGESCHICHTE

Vorgeschichte, die zur DfwG-Gründung führte

FRANK ROCHOW

Prof. Manfred Richter schrieb 1961 (Quelle: Internationale Farbtagung Düsseldorf – 5èmes Journées Internationales de la Couleur 1961 Tagungsbericht.pdf)

„Im Jahre 1955 hatte der Fachnormenausschuß Farbe (FNF) im Deutschen Normenausschuß mit einer Einladung nach Heidelberg einen ersten Versuch gemacht, eine internationale Tagung auf dem Farbgebiet abzuhalten. Das Thema war damals bewußt auf die Farbmeterik begrenzt gewesen. Trotzdem hatte sich bereits gezeigt, daß das Interesse für internationale Tagungen dieser Art besteht. Im Jahre 1956 begannen unsere französischen Fachgenossen vom Centre d'Information de la Couleur (Paris) regelmäßig jährlich eine internationale Farbtagung in Frankreich zu veranstalten. Die am Schluß unseres Berichtes über unsere erste Tagung in Heidelberg ausgesprochene Hoffnung, daß dieser internationalen Farbtagung weitere folgen möchten, hat sich also in einem damals nicht vermuteten Maße erfüllt, denn auch in England und in Italien sind in der Zwischenzeit noch weitere internationale Treffen auf dem Farbengebiet veranstaltet worden.

Für das Jahr 1961 hatte sich der FNF entschlossen, wiederum eine internationale Farbtagung in Deutschland zu veranstalten. Um den interessierten Fachgenossen Zeit und Kosten zu ersparen, war der FNF an die französischen Kollegen herangetreten und hatte sie eingeladen, ihre eigene Tagung für 1961 mit der unseren zu vereinigen, und zu unserer großen Freude hat das Centre d'Information de la Couleur diese Einladung angenommen, so daß in Düsseldorf die Farbtagung gemeinsam von CIC und FNF veranstaltet worden ist.

Der Termin der Tagung war dabei so gewählt, daß die Fachgenossen, die aus Übersee zum Maxwell Centenary in London kamen, ohne größeren Zwischenaufenthalt anschließend an der Düsseldorfer Tagung teilnehmen konnten. Daß diese Maßnahme richtig war, folgt aus der Tatsache, daß 24 überseeische Teilnehmer von London aus nach Düsseldorf gekommen sind. Insgesamt wurde die Tagung von 365 Teilnehmern aus 17 verschiedenen Ländern besucht.

Die Internationale Farbtagung Düsseldorf, die also zugleich als 5èmes Journées Internationales de la Couleur galt, sollte Vorträge aus allen Gebieten der Farbe bringen, wie dies auf den französischen Tagungen schon in den früheren Jahren üblich gewesen ist. Das erforderte, daß die Tagung in jeder Beziehung auf eine möglichst breite Basis gestellt wurde, und so war es eine besondere Freude für die Veranstalter, daß der Ministerpräsident des Landes Nordrhein-Westfalen (dessen Hauptstadt Düsseldorf ist), Herr Dr. Franz Meyers, die Schirmherrschaft über die Tagung übernommen hatte.“

Bereits 1958, im Tagungsband der 2mes Journées Internationales de la Couleur, hatte Roger Arzens als Repräsentant der mitorgansierenden Commission Belge de Colorimétrie geschrieben:

„Nach einer kurzen Geschichte französischer und belgischer Bemühungen auf dem Gebiet der Kolorimetrie wurde gezeigt, wie seit den 1. Internationalen Farbtagen in Amiens im Jahr 1957 eine enge Zusammenarbeit mit der Kommission für französische Kolorimetrie hergestellt wurde. Er betont die Wichtigkeit der Vereinheitlichung kolorimetrischer Maßnahmen sowie des Vokabulars.“

Manfred Richter, der die Notwendigkeit internationaler Zusammenarbeit bei der Forschung auf dem Gebiet der Farbe für ebenso wichtig hielt wie sein belgischer Kollege, war bei den 2. Farbtagen in Toulouse, Frankreich, 1957 der Einzige von drei deutschen Teilnehmern, der einen Vortrag „SITUATION ACTUELLE DES ÉTUDES SUR LA COULEUR EN ALLEMAGNE“ hielt. Bei der Tagung „Visual Problems of Colour 1957“ in Teddington, Großbritannien, war er sogar der einzige deutsche Teilnehmer und trug über „CONNEXION BETWEEN NORMAL AND ANOMALOUS COLOUR VISION“ vor.

Die Tagungsbände der frühen internationalen Farbtagungen können, ebenso wie die der späteren AIC-Tagungen, von der AIC-Webseite <https://aic-color.org/publications-proceedings> heruntergeladen werden, zum Beispiel:

- 1957 1ères Journées Internationales de la Couleur 1957 – Amiens, Frankreich
- 1957 Visual Problems of Colour – Teddington, Großbritannien
- 1958 2mes Journées Internationales de la Couleur 1958 – Toulouse, Frankreich
- 1959 3mes Journées Internationales de la Couleur 1959 – Bruxelles, Belgien
- 1960 4mes journées internationales de la couleur 28-29-30 avril – Rouen
- 1961 Maxwell Colour Centenary – The Imperial College London, Großbritannien
- 1961 Internationale Farbtagung und 5mes Journées Internationales de la Couleur Düsseldorf, Deutschland etc.

Wie oben beschrieben, war es ein starkes Anliegen des FNF unter der Leitung von Manfred Richter, als deutsche Farbforscher im internationalen Austausch eine Stimme zu haben.

Heinz Terstiege hat in einem Beitrag, der hier wiedergegeben ist, zum 10-jährigen Jubiläum der DfwG eine Zusammenfassung der Gründe gegeben, die letztlich zur Gründung der DfwG führten:

10 Jahre DfwG

PROF. DR. HEINZ TERSTIEGE

„Am Donnerstag, den 24. Oktober 1974, waren anlässlich einer Vortragsveranstaltung zum 25-jährigen Jubiläum des Normenausschuß Farbe (FNF) 50 Teilnehmer im Börsenkeller in Frankfurt/Main zusammengekommen, um über die Gründung einer farbwissenschaftlichen Gesellschaft zu diskutieren.

Die Pläne zur Gründung einer farbmtrischen technisch-wissenschaftlichen Gesellschaft waren alt, sie konnten jedoch bei einem ersten Versuch von Prof. Dr. Manfred Richter im Jahre 1955 nicht realisiert werden. Damals kümmerte sich der FNF, dessen langjähriger Vorsitzender und Geschäftsführer M. Richter war, nicht nur um die Normung, sondern organisierte auch Vortragsveranstaltungen, so daß von vielen nicht die Notwendigkeit einer entsprechenden farbwissenschaftlichen Gesellschaft gesehen wurde.

Mit dem Näherkommen des silbernen Jubiläums des FNF näherte sich aber auch der Termin, an dem die Geschäftsstelle des FNF voll in das Deutsche Institut für Normung (DIN) integriert werden sollte, und sich der FNF entsprechend nur noch seiner eigentlichen Aufgabe, der Normung, widmen könnte. Im Jahre 1967 war anlässlich der Tagung der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) in Washington die Association Internationale de la Couleur (AIC) gegründet worden.

Dieser AIC war Deutschland zunächst nicht beigetreten, da neben dem FNF keine technisch-wissenschaftliche Gesellschaft existierte, die gemäß AIC-Satzung Deutschland hätte vertreten können. Auf Initiative des FNF wurde dann 1969 der AIC-Verbindungsausschuß ins Leben gerufen, der im selben Jahr auf der AIC-Tagung in Stockholm dieser internationalen Vereinigung beitrat.

Der AIC-Verbindungsausschuß war jedoch ein Zusammenschluß von Delegierten einzelner Verbände, nicht von persönlichen Mitgliedern, wie es die AIC-Satzung eigentlich vorschrieb. Daher waren von den BAM-Mitarbeitern Dr. Czepluch, Dr. Gundlach, Prof. Dr. Manfred Richter, Prof. Dr. Terstiege, H. Weise (†) und Dr. K. Witt zusammen mit den Mitarbeitern Prof. Dr. Krochmann und Dr. Geutler ein Aufruf zur Gründung einer Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) verfaßt und eine entsprechende Satzung erstellt worden. Ziele dieser neuen Gesellschaft waren Forschung und Erkenntnisse auf dem Gebiet der Farbwissenschaft zu verbreiten und ihre Anwendung auf die Lösung von Problemen zu fördern.“

BUNDESANSTALT FÜR MATERIALPRÜFUNG
(BAM)

FACHGRUPPE 5.4: FARBMETRIK

1 Berlin 45 r 1. Oktober 1974
Unter den Eichen 87
Fernruf 103111 8104-1

Betr.: Gründung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) e.V.

Sehr geehrte Damen und Herren!

Hiermit lade ich Sie zur Gründungssitzung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) e.V. am

Donnerstag, d. 24.10.1974, 19.00
Uhr im Restaurant "Börsenkeller"
in Frankfurt/Main, Schillerstr. 11

anlässlich der FNF Jahrestagung 1974 ein.

Tagesordnung:

1. Darlegung der Ziele der DfwG
2. Beschluß zur Gründung der DfwG und Wahl des Gründungsvorstandes
3. Beratung des Satzungsentwurfs
4. Festsetzung des Mitgliedsbeitrags (Vorschlag: etwa 15,-
- DM für persönliche Mitglieder)
5. Verschiedenes

Mit freundlichen Grüßen


(Dr.-Ing. H. Terstiege)

Im "Börsenkeller" ist
Gelegenheit zum Abendessen
gegeben.

Anlagen

BAM 3128

Einladungsschreiben zur Gründungssitzung der DfwG

Betr.: Gründung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) e.V.

Sehr geehrte Damen und Herren!

Die Pläne einer farbmtrischen technisch-wissenschaftlichen Gesellschaft sind alt, sie konnten jedoch bei einem ersten Vorstoß vor zwölf Jahren nicht verwirklicht werden.

Mittlerweile hat sich die Situation verändert, insbesondere seit vor sieben Jahren die Association Internationale de la Couleur (AIC) gegründet wurde. Die AIC verlangt in ihrer Satzung, daß nur solche Länder Mitglied der AIC werden können, die in ihrem eigenen Land durch eine entsprechende technisch-wissenschaftliche Gesellschaft vertreten sind. Wegen der fehlenden nationalen Vertretung war auf Initiative des Fachnormenausschusses Farbe 1969 der AIC-Verbindungsausschuß ins Leben gerufen worden, der aber nur ein Zusammenschluß von Delegierten einzelner Verbände, nicht von persönlichen Mitgliedern ist. Daher ist der AIC-Verbindungsausschuß eigentlich keine legale deutsche Vertretung im AIC. Diese Frage bedarf spätestens Ende des Jahres mit dem Ausscheiden des derzeitigen Geschäftsführers des FNF, Prof. Richter, und der Übernahme der Geschäftsführung des FNF durch den DNA ab 1.1.1975 einer grundsätzlichen Klärung.

Eine Reihe von Fachleuten hat daher beschlossen, die Frage der Gründung einer farbwissenschaftlichen Gesellschaft erneut aufzugreifen und anlässlich der Jahrestagung 1974 des FNF eine den AIC-Statuten gerechte deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft offiziell zu gründen.

Eine entsprechende Satzung ist bereits entworfen worden (Anlage). Es ist vorgesehen, anlässlich der FNF-Versammlung am Donnerstag, d. 24.10.74 die DfwG zu gründen, um den AIC-Verbindungsausschuß abzulösen.

Die Ziele der Gesellschaft sollen sein, Forschung und neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Farbwissenschaft zu verbreiten und ihre Anwendung auf die Lösung von Problemen zu fördern. Die Gesellschaft wendet sich an die Fachleute, die sich mit der Messung, Bewertung und Anwendung der Farbe beschäftigen oder diese Bestrebungen fördern möchten.

gez.:

W.D. Czepluch, Dr. G. Geutler, Dr. D. Gundlach, Prof. Dr. J. Krochmann
Prof. Dr. M. Richter, Dr. K. Richter, Dr. H. Terstiege, H. Weise
Dr. K. Witt.

Anlage zum Einladungsschreiben zur Gründungssitzung der DfwG

25 8. FNF

Niederschrift

Über die Gründungssitzung
der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft
(DfwG) e.V. am 24. Oktober 1974

im Restaurant "Börsenkeller" in Frankfurt/Main, Schillerstraße 1

Tagesordnung:

1. Darlegung der Ziele der DfwG
2. Beschluß zur Gründung der DfwG und Wahl des Gründungsvorstandes
3. Beratung des Satzungsentwurfs
4. Festsetzung des Mitglieds-Beitrages
5. Verschiedenes

Anwesend:

Frau	Berger,	Leverkusen	Herr	Lang,	Darmstadt
"	Jäkel-Hartenstein,	Jettenburg	"	Mahr,	München
"	Moeller,	Stuttgart	"	Otto,	München
"	Schultz,	München	"	Palm,	Berlin
"	Soeffky,	Wuppertal	"	Pausch,	Haan
Herr	Bachmann,	Berlin	"	Peltz,	Wolfratshsn.
"	Bersick,	Odenthal	"	Plamper,	Leverkusen
"	Brockes,	Odenthal	"	K. Richter,	Berlin
"	Eusemann,	Nürnberg	"	M. Richter,	Berlin
"	Fischer,	Bickenbach	"	Riechert,	Berlin
"	Fister,	Hiltrup	"	Rösch,	Wetzlar
"	Fritzsche,	Berlin	"	Schiffer,	Schifferstdt.
"	Gall,	Frankenthal	"	Schmidt-	Lippstadt
"	Gerdas,	Koblenz	"	Clausen,	Stuttgart
"	Geutler,	Berlin	"	Schories,	Köln
"	Gundlach,	Berlin	"	Schreiber,	Ludwigshfn.
"	Haeger,	Berlin	"	Schultze,	van Setten
"	Haumersen,	Berlin	"	van der Meer,	Wuppertal
"	Heinrich,	Mutterstadt	"	Steffens,	Leichlingen
"	Herold,	Bad Homburg v.d.H.	"	Strocka,	Leverkusen
"	Hübner,	Leverkusen	"	Terstiege,	Berlin
"	Hütten,	Aachen	"	Troska,	Gönnigheim
"	Jung,	Schönberg	"	Völz,	Krefeld
"	Juulmann,	Garching	"	Vorhagen,	Aachen
"	Knoth,	Ulm	"	Weise,	Berlin
"	Kretschmer,	München	"	Witt,	Berlin
"	Küppers,	Frankfurt	"	Wyszecki,	Ottawa/Canada
"	Kunz, Werner	Offenburg	"	Zwernemann,	Hiltrup
"	Kunz, Wolfgang	Opladen			

- 2 -

Protokoll der Gründungssitzung der DfwG

- 2 -

TOP 1: Darlegung der Ziele der DfwG

Herr Dr. Terstiege eröffnet um 19.15 Uhr die Sitzung und begrüßt die zur Gründungsversammlung erschienenen Teilnehmer.

Er schildert die Hauptziele der Gesellschaft, die in der Ausrichtung von Tagungen, Versammlungen, Vorträgen und der Information über nationale und internationale Forschungen und Fortschritte auf allen Gebieten der Farbwissenschaft liegen.

Die Hauptursache zur Gründung der DfwG läge in der Abgabe der Geschäftsführung des FNF durch Professor Richter und Übernahme der Geschäftsstelle des FNF durch den DNA. Bisher war Prof. Richter gleichzeitig praktisch einziger Vertreter des Verbindungsausschusses zur AIC (Association Internationale de la Couleur), hat über den FNF die AIC-Beiträge bezahlt und die deutschen Fachkollegen über die Belange der AIC informiert. Diese Aufgaben sollten künftig durch die DfwG wahrgenommen werden. Nachdem der erste Versuch der Gründung einer farbwissenschaftlichen Gesellschaft vor zwölf Jahren nicht verwirklicht werden konnte, habe sich jetzt eine Reihe von Fachleuten fest entschlossen, diese Gesellschaft zu gründen. Hauptgewicht solle hierbei auf die persönliche Mitgliedschaft von allen an der Farbwissenschaft Interessierten sein, nicht die korporative Mitgliedschaft von Firmen, Instituten oder Verbänden, obwohl man letztere nicht ausschließen wolle. Eine Zusammenarbeit mit dem Farbenzentrum werde angestrebt.

Nach längerer Diskussion über die Notwendigkeit einer Vereinsgründung, bei der Frau Dr. Jäkel-Hartenstein und einige Mitglieder des Farbenzentrums die Ansicht vertraten, daß ihre Gesellschaft in der Lage wäre, alle Gebiete der Farbwissenschaft hinreichend zu vertreten, wurde von der Mehrheit der Anwesenden gefordert, mit den weiteren Punkten der TO fortzufahren.

Auf allgemeinen Wunsch wurde der TOP 3 vorgezogen. Den am Beitritt zur DfwG nicht interessierten Anwesenden und den gegen die Gründung der DfwG eingestellten Teilnehmern wurden jedoch auch weiterhin die Teilnahme, Diskussion und Abstimmung zu den übrigen TOP gestattet.

TOP 3: Beratung des Satzungsentwurfs

Der Satzungsentwurf wurde abschnittsweise verlesen und durch diverse Änderungen in die beiliegende Form gebracht (s. Anlage), die von den anwesenden bei zwei Gegenstimmen und vier Stimmenthaltungen angenommen wurde.

TOP 2: Beschluß der Gründung der DfwG und Wahl des Gründungsvorstandes

Herr Dr. Terstiege stellt den Antrag zur Gründung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) e.V.. Der Antrag wird mit 45 Ja-Stimmen und 5 Nein-Stimmen bei vier Enthaltungen angenommen. Die Wahl des Gründungsvorstandes erfolgt auf allgemeinen Wunsch durch offene Wahl:

-3-

- 3 -

Präsident: Prof. Dr.-Ing. habil Manfred Richter, Berlin
(ohne Gegenstimme bei fünf Enthaltungen)

Vizepräsi- Regierungsdirektor Dr.-Ing. Heinz Terstiege, Berlin
dent: (ohne Gegenstimme bei neun Enthaltungen)

Sekretär: Universitätsrat Dr.-Ing. Georg Geutler, Berlin
(ohne Gegenstimme bei zehn Enthaltungen)

Schatz- Dr.-techn. Werner Kunz, Offenburg
meister: (ohne Gegenstimme bei sieben Enthaltungen)

In den Beirat wurden folgende Herren en-bloc ohne Gegenstimme
bei sechs Enthaltungen gewählt:

Prof. Stephan Eusemann,	Nürnberg
Dr. Udo Fischer,	Darmstadt
Dr. Fritz Heinrich,	Ludwigshafen
Prof. Dr. Jürgen Krochmann,	Berlin.

TOP 4: Festsetzung des Mitglieds-Beitrages

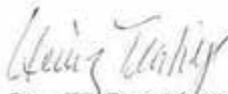
Die anwesenden empfanden den vorgeschlagenen Jahresbeitrag
von 15,-- DM für persönliche Mitglieder annehmbar. End-
gültig sollte hierüber auf der nächsten Hauptversammlung
beschlossen werden.

TOP 5: Verschiedenes

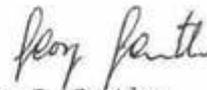
Es wurde beschlossen, daß die DfwG ihre Mitgliedschaft im AIC-
Verbindungsausschuß anmeldet.



Prof. Dr. Richter



Dr. H. Terstiege



Dr. G. Geutler

Die AIC forderte in ihrer Satzung:

Excerpt of AIC Statutes, Article 4. Membership

“Regular members:

Only one national Organization from each country can become a regular member of the AIC. To be admitted, the Organization shall be one

- (a) whose aims are essentially in conformity with the objects of the AIC as defined in the first paragraph of article 2;
- (b) which is broadly representative of those people in its country interest in these aims;
- (c) which is properly constituted so as to enable an authorized representative to speak on its behalf.

Where no single Organization adequately meeting these conditions exists in a country, a national colour committee may be set up representative of the various organizations and interests concerned with colour in that country. This Committee may then apply for membership of the AIC.”

Übersetzung: Auszug aus der AIC-Satzung: Artikel 4. Mitgliedschaft

„Ordentliche Mitglieder:

Nur eine nationale Organisation aus jedem Land kann ordentliches Mitglied der AIC werden. Um aufgenommen zu werden, muss es eine Organisation sein

- (a) deren Ziele im Wesentlichen mit den Zielen der AIC übereinstimmen, wie sie im ersten Absatz von Artikel 2 definiert sind;*
- (b) die im Großen und Ganzen die Menschen in ihrem Land repräsentiert, die an diesen Zielen interessiert sind;*
- (c) die ordnungsgemäß konstituiert ist, so dass ein befugter Vertreter in ihrem Namen sprechen kann.*

Wenn in einem Land keine Organisation existiert, die diese Bedingungen ausreichend erfüllt, kann ein nationales Farbkomitee eingerichtet werden, das die verschiedenen Organisationen und Interessen vertritt, die sich in diesem Land mit Farbe befassen. Dieses Komitee kann dann die Mitgliedschaft in der AIC beantragen.“

Da neben der neu gegründeten DfwG e. V. sowohl der FNF im DIN, als auch das Deutsche Farbenzentrum e. V. und der Bund Deutscher Farbberater e. V. (der später zum Bund Europäischer Farbberater wurde und als nicht mehr nur deutscher Verein den DVF verließ) bei der Vertretung in der AIC berücksichtigt werden mussten, wurde als Dachverband, der Deutsche Verband Farbe (DVF), gegründet, der dann der AIC beitreten konnte.

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V. **dfwg**

Der Vizepräsident: Prof.Dr.H.Terstiege, Unter den Eichen 87, 1000 Bln.45

Berlin 45, d. 16.11.1976

An die
Mitglieder der DfwG

Sehr geehrte Damen und Herren,

am 31.10.1976 ist zur administrativen Koordinierung und gemeinsamen Vertretung der auf dem Gebiet der Farbe tätigen Gesellschaften und Verbände ein Dachverband mit dem Namen "Deutscher Verband Farbe" gegründet worden. Die diesem Rundschreiben beigefügte Satzung soll erst in Kraft treten, wenn die Mitglieder der genannten Verbände dem Beitritt zugestimmt haben. Auf dieser Sitzung ist unser Präsident, Herr Prof.Dr.-Ing. habil. Manfred Richter, zum Vorsitzenden, und der Vorsitzende des Deutschen Farbenzentrums, Herr Prof. Palm, zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt worden. Ich möchte Sie bitten, mit dem beigefügten Stimmzettel Ihre Stimme zum Eintritt der DfwG in den Verband Farbe abzugeben.

Im nächsten Jahr veranstaltet die Fachgruppe Farbmatrik der BAM vom 18. bis 29.4.1977 ihren 17. Farbmeskurs. Ich möchte Sie bitten, den beigefügten Prospekt an interessierte Kollegen weiterzuleiten. Auf Wunsch können Ihnen weitere Prospekte zugesandt werden.

Außerdem soll Ihnen die beigefügte Broschüre einen kleinen Überblick über die Arbeiten der Fachgruppe Farbmatrik in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) geben. Wir würden uns freuen, Anfragen zu den Themen, die in der Fachgruppe bearbeitet werden, fernmündlich, schriftlich oder ausführlicher anlässlich eines Besuchs in der Fachgruppe mit Ihnen beantworten zu können.

Mit freundlichen Grüßen

Stimmzettel

Dem Beitritt der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft e.V. (DfwG) zum Deutschen Verband Farbe

- stimme ich zu
 stimme ich nicht zu
 ich enthalte mich der Stimme

(Bitte, die Stimme durch Ankreuzen kenntlich machen)

Name: _____

Anschrift: _____

Datum: _____

Abstimmung zum Beitritt der DfwG zum Deutschen Verband Farbe

II. ARBEIT IN DER INTERNATIONALEN VEREINIGUNG FÜR DIE FARBE (AIC)

Arbeit in der Internationalen Vereinigung für die Farbe (AIC)

FRANK ROCHOW

Nach Gründung des Deutschen Verbands Farbe und dessen Beitritt in die AIC wurden die Mitglieder der DfwG international sehr aktiv. Insbesondere die beiden ersten Präsidenten der DfwG, Prof. Manfred Richter und Prof. Heinz Terstiege, haben durch ihre Arbeit in der und für die AIC international ein hohes Ansehen für die deutsche Farbwissenschaft erreicht.

Insgesamt hat die DfwG federführend drei AIC-Tagungen in Berlin ausgerichtet, 1981, 1990 und 1995. Heinz Terstiege war ab 1982 für vier Jahre AIC-Vizepräsident und für weitere vier Jahre ab 1986 Präsident der AIC. Nach seiner Amtszeit wurde Frank Rochow 1994 zunächst für vier Jahre zum Mitglied des AIC-Exekutiv-Komitees gewählt und anschließend 1998 und 2002 zweimal für jeweils vier Jahre zum Secretary/Treasurer der AIC. (<https://aic-color.org/executive-committee>)

Anfangs wurden alle vier Jahre AIC-Kongresse abgehalten, mit Midterm Meetings und Interim Meetings in den Jahren dazwischen. Seit 2021 finden die AIC-Kongresse alle zwei Jahre statt. (<https://aic-color.org/events>). Nachfolgend sind alle bisherigen AIC-Tagungen aufgelistet.

AIC-Tagungen

1969	COLOR 69 – 1. AIC-Kongress	Stockholm, Schweden
1971	Special Symposium „Color Metrics“	Driebergen, Niederlande
1973	COLOR 73 – 2. AIC-Kongress	York, England
1976	Interim Meeting „Colour Dynamics“	Budapest, Ungarn
1977	COLOR 77 – 3. AIC-Kongress	Troy, USA
1978	Interim Meeting „Color Measurement & Application“	London, England
1979	Midterm Meeting „Color Appearance“	Tokyo, Japan
1980	Interim Meeting „Chromatic Adaptation“	Williamsburg, USA
1981	COLOR 81 – 4. AIC-Kongress	Berlin, Deutschland
1982	Interim Meeting „Color Dynamics“	Budapest, Ungarn
1983	Midterm Meeting „Colour Order Systems“	Kungälv, Schweden
1984	Interim Meeting „Color Education“	Salamanca, Spanien
1985	COLOR 85 – 5. AIC-Kongress	Monte Carlo, Monaco
1986	Interim Meeting „Color in Displays“	Toronto, Kanada
1987	Midterm Meeting „Color Vision Models“	Florenz, Italien
1988	Interim Meeting „Color in Design and Art“	Winterthur, Schweiz
1989	COLOR 89 – 6. AIC-Kongress	Buenos Aires, Argentinien
1990	Interim Meeting „Instrumentation for Colour Measurement“	Berlin, Deutschland
1991	Midterm Meeting „Color and Light“	Sydney, Australien

1992	Interim Meeting „Computer Color Formulation“	Princeton, USA
1993	COLOR 93 – 7. AIC-Kongress	Budapest, Ungarn
1994	Interim Meeting „Images in Colour“	Cambridge, England
1995	Midterm Meeting „Colorimetry“	Berlin, Deutschland
1996	Interim Meeting „Colour and Psychology“	Goteborg, Schweden
1997	COLOR 97 – 8. AIC-Kongress	Kyoto, Japan
1998	Angebot aus Oslo wurde von der AIC abgesagt	
1999	Midterm Meeting „Applications of Colorimetry in Industry and Design“	Warschau, Polen
2000	Interim Meeting „Color and Environment“	Seoul, Korea
2001	COLOR 01 – 9. AIC-Kongress	Rochester, USA
2002	Interim Meeting „Color and Textiles“	Maribor, Slowenien
2003	Midterm Meeting „Colour Communication and Management“	Bangkok, Thailand
2004	Interim Meeting „Color and Paints“	Porto Alegre, Brasilien
2005	COLOR 05 – 10. AIC-Kongress	Granada, Spanien
2006	Interim Meeting „Color in Culture and Color in Fashion“	Johannesburg, Südafrika
2007	Midterm Meeting „Color Science for Industry“	Hangzhou, China
2008	Interim Meeting „Colour – Effects and Affects“	Stockholm, Schweden
2009	COLOR 09 – 11. AIC-Kongress	Sidney, Australien
2010	Interim Meeting „Color and Food: From the Farm to the Table“	Mar del Plata, Argentinien
2011	Midterm Meeting „Interaction of Colour and Light in the Arts and Sciences“	Zürich, Schweiz
2012	Interim Meeting „In Color We Live: Color and Environment“	Taipei, Taiwan
2013	COLOR 13 – 12. AIC-Kongress	Newcastle Gateshead, UK
2014	Interim Meeting „Colors, Culture and Identity: Past, Present and Future“	Oaxaca, Mexico
2015	Midterm Meeting „Color and Image“	Tokyo, Japan
2016	Interim Meeting „Color in Urban Life: Images, Objects and Space“	Santiago, Chile
2017	COLOR 17 – 13. AIC-Kongress	Jeju, Korea
2018	Interim Meeting „Colour & Human Comfort“	Lissabon, Portugal
2019	Midterm Meeting „Color and Landscape“	Buenos Aires, Argentinien
2020	Interim Meeting „Natural Colours – Digital Colours“	Avignon, Frankreich
2021	COLOR 21 – 14. AIC-Kongress [online]	Mailand, Italien
2022	Interim Meeting „Sensing Colour“	Toronto, Kanada
2023	COLOR 23 – 15. AIC-Kongress	Chiang Rai, Thailand
2024	Midterm Meeting „Color Design, Communication and Marketing“	São Paulo, Brasilien

In Anerkennung seiner Leistungen wurde Prof. Manfred Richter 1981 die Judd-Medaille der AIC verliehen.

“In recognition of his extensive contributions to the science and technology of color. In particular, for his work in teaching, standardization, and the development of colorimetric science and its application. His most well known effort in standardization was the monumental task of developing the DIN color order system.”

Prof. Heinz Terstiege erhielt die Judd Medaille 1995.

“For his contributions to a variety of colorimetric aspects brought up while formulating technical standards or reports in Germany as well as in international organizations such as CIE and the ISO. Terstiege was the 6th president of the AIC, and the organizer of the AIC quadrennial congress 1981, the Interim Meeting 1990, and the Midterm Meeting 1995 in Berlin.”

AIC – Deane B. Judd AIC Medaille zum Andenken an den 1977 verstorbenen Farbmeteriker Dr. Deane B. Judd von Frau Judd gestiftete Goldmedaille, vergeben durch das AIC-Exekutiv-Komitee an Persönlichkeiten, die sich um die Farbwissenschaft verdient gemacht haben. Das Vergabekriterium ist: *„The Deane B. Judd AIC Award is conferred on persons in recognition of their wide-ranging contributions to the science and technology of color.“* Auf der Rückseite der Medaille ist eingraviert: *„To Honor XXXX for important work in color Sciences.“*



Medaillen des Judd-Award, die Manfred Richter und Heinz Terstiege von der AIC verliehen wurden

Die bisherigen Preisträger waren

1975	Frau Dorothy Nickerson	US
1977	Prof. Dr. William D. Wright	UK
1979	Dr. Gunther Wyscecki	CD
1981	Prof. Dr. Manfred Richter	DE
1983	Dr. David MacAdam	US
1985	Prof. Dr. Dorothy James	
	Prof. Dr. Leo Hurvich	US
1987	Dr. Robert W. G. Hunt	UK
1989	Prof. Dr. Tarow Indow	JP
1991	Dr. Peter Walraven	
	Dr. Hans Vos	NL
1993	Prof. Dr. Yoshinobu Nayatani	JP
1995	Prof. Dr. Heinz Terstiege	DE
1997	Anders Hård	
	Prof. Dr. Lars Sivik	
	Gunnar Tonquist	SW
1999	Fred Wallace Billmeyer Jr.	US
2001	Roberto Daniel Lozano	AR
2003	Mitsuo Ikeda	JP
2005	John B. Hutchings	UK
2007	Alan R. Robertson	CD
2009	Arne Valberg	NW
2011	Lucia R. Ronchi	IT
2013	Roy S. Berns	US
2015	Françoise Viénot	FR
2017	Ming Ronnier Luo	UK
2019	Hirohisa Yaguchi	JP
2021	John McCann	US
2023	Rolf Georg Kuehni	US

Der AIC Judd Award wird alle 2 Jahre an herausragende Personen der Farbwissenschaft vergeben. Die Finanzierung des mit 2.000 USD dotierten Preises wird traditionell von den Mitgliedsverbänden der AIC gewährleistet. Im Jahre 2005 hat die DfwG, als langjähriger Mitgliedsverband der AIC, für den Judd Award 2005 die Finanzierung übernommen. (siehe auch <https://aic-color.org/award-judd>.)

III. HISTORIE DER FARBMETRIK

Historie der Farbmatrik

MANFRED RICHTER

Zum Dank für die Verleihung der Judd-Medaille an ihn hat Manfred Richter eine historische Übersicht über die Entwicklung der Farbmatrik in DIE FARBE 29 (1981) veröffentlicht, die wir mit freundlicher Genehmigung des Muster-Schmidt Verlags unten wiedergeben:

Sonderdruck aus: DIE FARBE 29 (1981), Nr. 4/6 Seite 225–250

MANFRED RICHTER, Berlin: Die Entwicklung der Farbmatrik* DK 535.64(091)

Aus Anlaß der Verleihung der Judd-Medaille der AIC an den Autor wird eine historische Übersicht darüber gegeben, aus welchen Anfängen heraus sich die Farbmatrik bis heute zu einem selbständigen, interessanten Wissenszweig entwickelt hat.

On the occasion of the presenting the Judd Award of the AIC to the author, he gives a historical survey how color metrics developed from the origin to its present state of an independent and interesting Science.

A l'occasion de l'attribution du Prix Judd de l'AIC à l'auteur, il donne un abrégé historique du développement de la métrique des couleurs dès les origines jusqu'à une science indépendante et intéressante.

Wenn du trinkst, gedenke der Quelle!
(Chinesisches Sprichwort)

Wenn wir wissenschaftlich arbeiten, trinken wir aus den Quellen, die uns diejenigen erschlossen haben, die vor uns auf unserem Gebiet gearbeitet haben. Wir sollten uns also bei unserer Arbeit auf die Quellen besinnen, die uns befähigt haben, selbst wieder zur Quelle für die zu werden, die unsere Arbeit so oder so fortsetzen wollen.

Diese Arbeit soll dem Gedenken der Quellen gewidmet sein, aus denen unsere noch junge Wissenschaft, die Farbmatrik, ihre Kräfte geschöpft hat. Die Farbmatrik kann noch auf kein ehrwürdiges Alter zurückblicken; deshalb ist es nicht so schwierig, ihre Quellen zu entdecken und die weiteren Verläufe der zunächst kleinen Bächlein und ihr Zusammenfließen zu dem jetzt schon stattlichen Fluß „Farbmatrik“ zu verfolgen.

Farbenlehre ist ein faszinierendes, bunt-schillerndes Wissensgebiet, das Elemente aus vielen anderen Gebieten umfaßt, das aber als Ganzes einer streng wissenschaftlichen Behandlung nicht so recht zugänglich erscheint, vor allem wohl wegen des Einschlusses künstlerischer und ästhetischer Aspekte. Aber das Teilgebiet „Farbmatrik“ hat sich als

* Vortrag auf der Internationalen Farbtagung „COLOR 81“ der AIC in Berlin am 20. September 1981

exakte Wissenschaft etablieren können; sie befaßt sich naturwissenschaftlich und (bis zu einem gewissen Grade) auch technisch mit dem Phänomen „Farbe“.

Das führt natürlich zu allererst zu der Frage, was Farbe ist, was wir unter diesem Wort verstehen. In den meisten Kultursprachen hat das entsprechende Wort eine zweifache Bedeutung. Einmal werden damit stoffliche Mittel bezeichnet, die dazu dienen, Dingen unserer Umgebung ein gewünschtes Aussehen zu geben; andererseits benutzt man das gleiche Wort zur Beschreibung eines Sinneserlebnisses, dessen die meisten von uns dank der Beschaffenheit und Arbeitsweise unseres Sehorgans, des Auges, fähig sind. Allein dieses Sinneserlebnis ist der Gegenstand einer Farbenlehre – alles Materielle, auf das Stoffliche Bezogene gehört nicht dazu. Leider wird diese klare Abgrenzung nicht immer gesehen (insbesondere nicht im Kunstunterricht).

Was aber ist nun „Farbmetrik“? Dieser Begriff dürfte wohl zuerst von dem berühmten Physiker Erwin Schrödinger geprägt worden sein. Er hat zwar explizite keine Definition des Begriffes gegeben, aber durch den Inhalt seiner damaligen großen Abhandlung war völlig klar, was unter dem Begriff zu verstehen ist. Für Schrödinger wie für uns heute ist Farbmetrik die Lehre von den Maßbeziehungen der Farben untereinander. Sie ist keineswegs nur (wie manche noch glauben) eine Lehre vom Messen der Farben. Aber natürlich gibt es ohne die Feststellung von Maßzahlen, d. h. ohne Farbmessung, keine Maßbeziehungen; daher ist die Farbmessung eine der Grundlagen, auf der sich eine Farbmetrik erst so recht entwickeln konnte.

Den ersten Schritt zu einer zahlenmäßigen Beschreibung der Farben hat wohl der große Physiker Isaac Newton [31] getan, als er im Gedankenexperiment die Farbtafel schuf, in der nach der Schwerpunktregel die Farben aus den Ergebnissen der Farbmischung angeordnet werden sollten und sich die Bunttöne in einem geschlossenen Kreis darstellen¹.

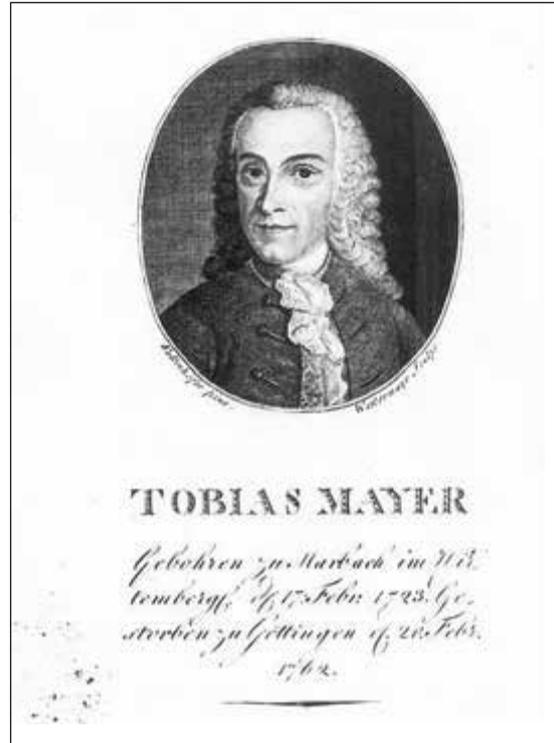
Hier treffen wir nun auf die erste Quelle: Der Begriff der (additiven) Farbmischung tritt in den Kreis der Betrachtungen. Aber zu jener Zeit gab es kein klares Verständnis (auch bei Newton nicht!) für den Unterschied zwischen der Mischung von Farbeindrücken und der Mischung von Pigmenten. Die Folge dieser mangelnden Einsicht für die grundlegende Verschiedenheit zwischen additiver Farbmischung (wie wir heute sagen) und der sog. subtraktiven Mischung (diese unglückliche Bezeichnung für die Mischung von Farbmitteln hat sich leider unausrottbar eingebürgert) sind zahlreiche Mißverständnisse – seit damals bis noch heute!

Die zweite Quelle, aus der Beiträge zur Entwicklung der Farbmetrik strömten, war das von verschiedenen Seiten empfundene Bedürfnis, Ordnung ist die Welt der Farben zu bringen, anfänglich wohl vor allem, um den Malern zu Hilfe zu kommen, die beim Erreichen gewünschter Tönungen so ganz aufs Probieren angewiesen waren. Zwei markante Köpfe des 18. Jahrhunderts, Tobias Mayer [26] und, auf diesem aufbauend, Johann Heinrich Lambert [20], haben mit Hilfe systematischer quantitativer Pigmentmischungen

¹ Nach dem Vortrag machte mich liebenswürdigerweise Herr Dr. Stenius darauf aufmerksam, daß schon 1611 (also fast 100 Jahre vor Newtons „Opticks“) der finnisch-schwedische Astronom und Theologe S. Forsius ein mit (schwedischen) Farbtönen beschriftetes kreisförmiges Buntton-Schema angegeben hat und sogar ein kugelförmig gedachtes Ordnungsschema für die Gesamtheit der Farben. Diese beiden Darstellungen sind in einem Manuskript enthalten, das sich in der Kgl. Bibliothek zu Stockholm befindet, wo es während der 1. AIC-Tagung „COLOR 69“ hatte besichtigt werden können.



Sir Isaac Newton (1643–1727)



Tobias Mayer (1723–1762)

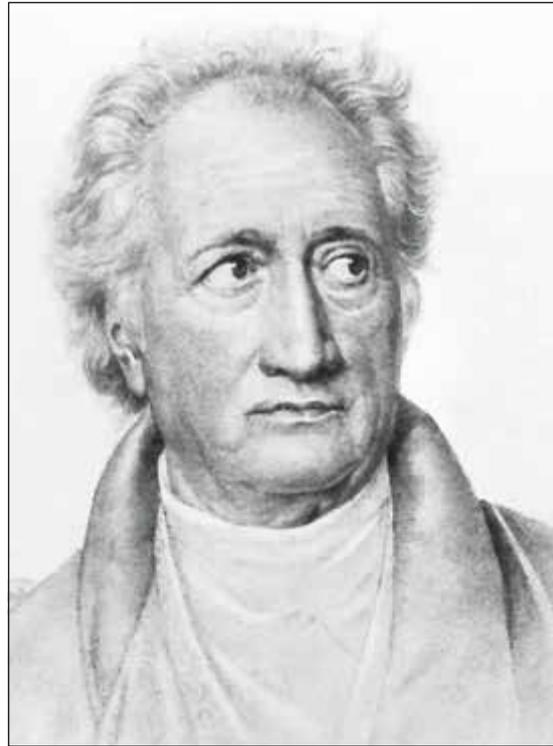
dreidimensionale Farbordnungen entworfen und sind damit ebenfalls zu Vätern der modernen Farbmeterik geworden.

Viele Köpfe mögen sich am Ausgang des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit den Farben beschäftigt haben, doch sicher keiner so gründlich wie Johann Wolfgang von Goethe [4]. Er hat mit besonderer Klarheit die physiologische Komponente des Farberlebnisses begriffen, auch wenn er wie wohl alle seiner Zeitgenossen die Farbe an sich als ein physikalisches Phänomen verstanden hat, das allerdings durch die Tätigkeit des Auges beträchtlichen Änderungen unterworfen war. Aber wie auch noch für viele unserer heutigen Zeitgenossen war für ihn die Farbe eine feste Eigenschaft der Dinge, genau so wie deren Länge oder Gewicht. Dennoch hat es ihm nicht an farbmtrischen Gedanken gefehlt, wenn er gegen die – wie ihn der Augenschein lehrte – falsche Interpretation der Newtonschen Experimente Sturm lief, wonach auf dem Farbkreis (den schon um 1760 der Holländer P. Musschenbroek beschrieben hatte) Weiß ermischt werden könnte, wenn man nur spektralreine Komponenten verwendete. Zwar kannte Goethe das Abneysche Gesetz von der Additivität der Leuchtdichten und Hellbezugswerte noch nicht (es ist ja erst fast 100 Jahre später formuliert worden), aber er hat dennoch die richtige farbmtrische Erkenntnis in dieser Frage gehabt.

Wenn von der Zeit Goethes gesprochen wird, muß man zweier anderer Männer dieser Zeit gedenken. Der erste dieser beiden hat keine Beziehung zu Goethe gehabt, er ist aber, wie sich nachher noch zeigen wird, für die physiologische Basis der Farbmeterik wichtig geworden: Thomas Young. Der andere ist der erste, der eine systematische Farbordnung auf dem Aussehen, also wirklich auf den Farben und nicht auf Pigmenten gegründet hat



Johann Heinrich Lambert (1728–1777)



Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832)

(obwohl er Maler war): Philipp Otto Runge [39]. Sein räumliches Gebilde, das ihm zu dieser Ordnung diene, war eine Kugel² und diese Kugel hat auch Goethe noch kennengelernt, allerdings erst nach Abschluß seiner großen Arbeit „Zur Farbenlehre“.

Den entscheidenden Schritt in Richtung auf die moderne Farbmeterik verdanken wir drei Männern, die sich in den Jahrzehnten nach Goethes Tod mit der Farbe beschäftigt haben: Hermann von Helmholtz, Hermann Grassmann und James Clerk Maxwell. Sie sind es gewesen, die die Gesetze der additiven Farbmischung gefunden und bewiesen haben, jene Gesetze, die sich allein auf die Mischung von Farbeindrücken und nicht von stofflichen Mitteln beziehen und die deshalb für die Farbmeterik grundlegend sind. Zunächst war es Helmholtz [9], der sich mit den Fragen der Farbmischung beschäftigte und der den grundlegenden Unterschied zwischen der additiven und der sog. subtraktiven Mischung erkannte und herausarbeitete. So war er es, der einsah, daß fortan die Forschungen über das Farbensehen allein auf der additiven Mischung zu gründen waren. Grassmann [5] hat – ohne an den Versuchen beteiligt gewesen zu sein – danach dann seine berühmten drei Gesetze formuliert, die heute freilich in den verschiedensten, leider nicht immer richtigen Formen zitiert werden und die sich übrigens zu einem einheitlichen Satz, dem farbmeterischen Grundgesetz [36a], zusammenfassen lassen:

² Es sei hier darauf hingewiesen, daß Runge seine Farbenkugel tatsächlich in Farben ausgeführt und veröffentlicht hat im Gegensatz zu der nur schematisch dargestellten Kugel von Forsius (siehe Fußnote 1).



Philipp Otto Runge (1777–1810)



Hermann Graßmann (1809–1877)

„Das helladaptierte trichromatische Auge bewertet die einfallende Strahlung nach drei voneinander unabhängigen spektralen Wirkungsfunktionen linear und stetig, wobei sich die Einzelwirkungen zu einer untrennbaren Gesamtwirkung addieren (die wir Farbvalenz nennen).“

Maxwell [25] ist es gewesen, der die Helmholtzschen Versuche ausgebaut, mit seiner „Colour Box“ einerseits und der genialen Idee der geschlitzten Farbkreiselscheiben andererseits geprüft, die Grassmannschen Gesetze bestätigt und sie auch im englischen Sprachraum bekannt gemacht hat.

Beim Studium der additiven Farbmischung fand man nun auch die besondere Bedeutung der Zahl 3 bestätigt, die schon seit der Mitte des 18. Jahrhunderts bei den Betrachtungen über die Farbe eine Rolle spielte. Der weit verbreitete Glaubenssatz, daß man aus drei „Grundfarben“ alle anderen Farben durch Mischung erzeugen könne (und der in dieser Form leider auch heute noch immer wieder erzählt wird), fand durch die Forschungen von Helmholtz und Maxwell und durch die Erkenntnisse von Grassmann die notwendige Einschränkung, nämlich daß zwar jede Farbe zu drei passend gewählten „Grundfarben“ stets in eine eindeutige Zahlenbeziehung durch additive Nachmischung gebracht

- 3 Der Ausdruck „äußere Nachmischung“ bedeutet bekanntlich, daß im Falle der Nicht-Nachmischbarkeit einer gegebenen Farbe aus den drei gewählten Grundfarben (sprich Primärvalenzen) eine oder sogar zwei dieser drei Primärvalenzen der unbekannteren vierten Farbe zugemischt werden muß, damit durch die Gleichheitseinstellung der zahlenmäßige Bezug zwischen den drei Primärvalenzen und der vierten Farbe hergestellt werden kann.



Hermann von Helmholtz (1821–1897)



James Clerk Maxwell (1831–1879)

werden kann, daß dabei aber gegebenenfalls von der „äußeren“ Nachmischung³ Gebrauch gemacht werden muß. Bei Helmholtz und Grassmann angedeutet, findet man bei Maxwell dann den Brauch, solche Zahlenbeziehungen zwischen vier Farben in Form einer mathematischen Gleichung zu schreiben, und die Erkenntnis, daß man mit solchen „Farbgleichungen“ rechnen darf wie mit algebraischen Gleichungen.

Die Erkenntnisse aus der additiven Farbmischung führten aber Helmholtz, der ja eigentlich Physiologe war, noch zu anderen Gedanken. Er entsann sich einer (inzwischen bei ihm in Vergessenheit geratenen) Veröffentlichung des schon erwähnten Thomas Young [45], in der dieser den Farbsehvorgang als eine dreiteilige Erregung des Sehnerven vermutete, eine Vorstellung, die auch schon bei früheren Autoren angeklungen war, am deutlichsten vielleicht bei dem Russen V. Omonossov [22], ferner bei G. Palmer [35] und Chr. E. Wünsch [43]⁴. Den Youngschen Gedanken griff Helmholtz auf; er führte ihn zu der Idee der Spektralwertkurven (wie wir heute sagen), für die er aber zunächst nur rein spekulativ die Form aufzeichnen konnte (Abb. 1a). Es war ihm jedoch bewußt, daß durch Anwendung der additiven Farbmischung auf die Spektralfarben die wirkliche Gestalt dieser Kurven zu gewinnen sein würde. So entwarf er zusammen mit seinem genialen Schüler Arthur König einen Spektralfarben-Mischapparat und veranlaßte König zur Durchführung der Messungen, die dieser zusammen mit einem anderen Assistenten, C. Dieterici, im Helmholtzschen Institut glänzend durchgeführt hat (Abb. 1b) [17]. Für die

⁴ Zu diesem Fragenkomplex ist soeben eine Darstellung von P. D. Sherman [41] erschienen.



Thomas Young (1773–1829)



Arthur König (1856–1901)

damalige Zeit mit ihren vergleichsweise bescheidenen technischen Möglichkeiten⁵ war das eine besonders mühevoll Arbeit. Mit primitiveren Mitteln hatte schon vorher Maxwell versucht, Spektralwertkurven zu bestimmen (Abb. 1c).

Wieso nun hat diese rein physiologische Frage in der Entwicklung der Farbmessung eine besondere Rolle gespielt? Nun, einfach durch die Tatsache, die ja schon Newton gelehrt hatte, daß einerseits jede nicht-spektrale Lichtstrahlung ein Gemisch aus den Spektralstrahlungen der verschiedenen Wellenlängen des sichtbaren Gebietes ist und daß andererseits die Farbe eines solchen Gemisches einfach die Summe der Farben der einzelnen spektralen Komponenten ist. Das bedeutet, daß man bei Kenntnis der Farbgleichungen der Komponenten, also der Spektralwerte, und bei Kenntnis der Verteilung der Strahlungsleistung auf die einzelnen Wellenlängen durch einfache Summierung der mit den spektralen Strahlungsleistungen gewichteten spektralen Farbgleichungen die Farbe des Strahlungsgemisches, des „Farbreizes“ (wie wir heute sagen), berechnen kann. Die Kenntnis der Spektralwert-Funktionen ermöglicht also das, was wir heute eine „Farbmessung nach dem Spektral-Verfahren“ nennen, eine Technik, die begrifflicher Weise den Physikern näher als die anderen Farbmeßverfahren liegt. Unter den ersten, die diesen Weg beschritten haben, sind wohl die Forscher der sog. Wiener Schule zu nennen, vor allem

⁵ Man denke z. B. daran, daß damals als beste Lichtquelle, deren Emission über längere Zeiten konstant zu halten war, nur die leuchtende Flamme eines Dreifach-Bunsenbrenners („Triplex-Brenner“) für solche Versuche zur Verfügung stand!

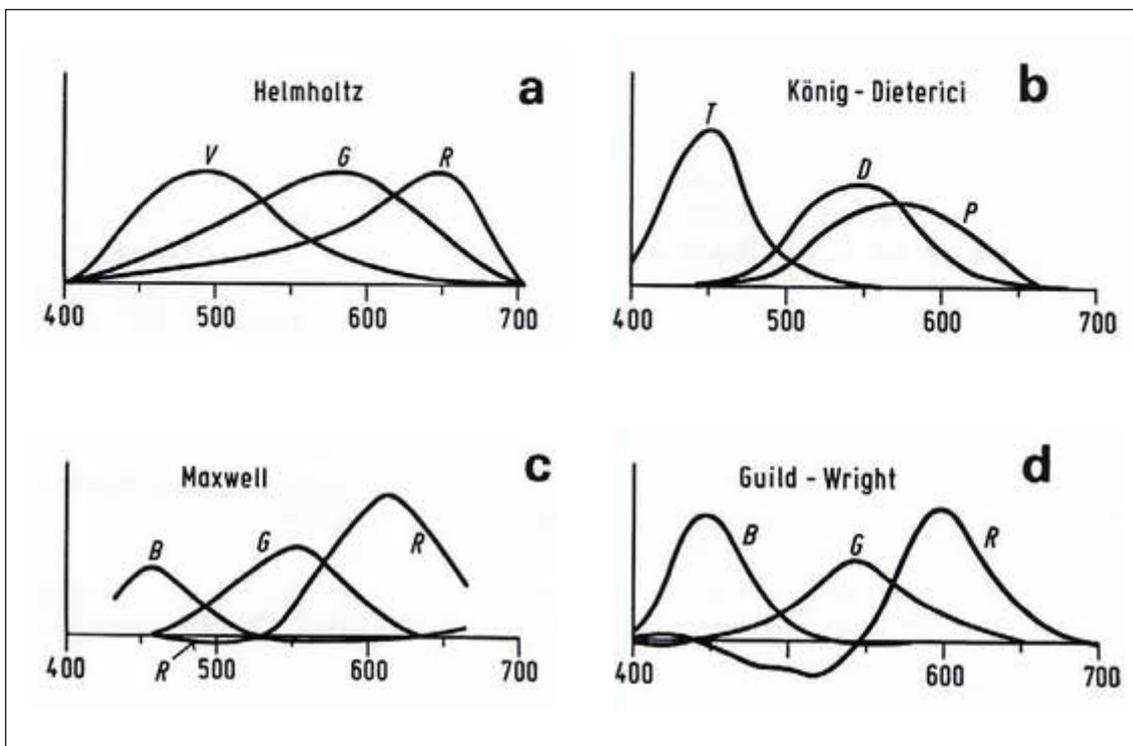


Abb. 1: Einige historische Spektralwert-Kurven

a. Helmholtz' Vermutung über die Gestalt der Kurven (um 1850),

b. Von König und Dieterici gemessene Kurven (1886) Primärvalenzen: Fehlfarben P, D, T der Dichromaten,

c. Von Maxwell gemessene Kurven (1860) Spektrale Primärvalenzen: 630, 528, 457 nm,

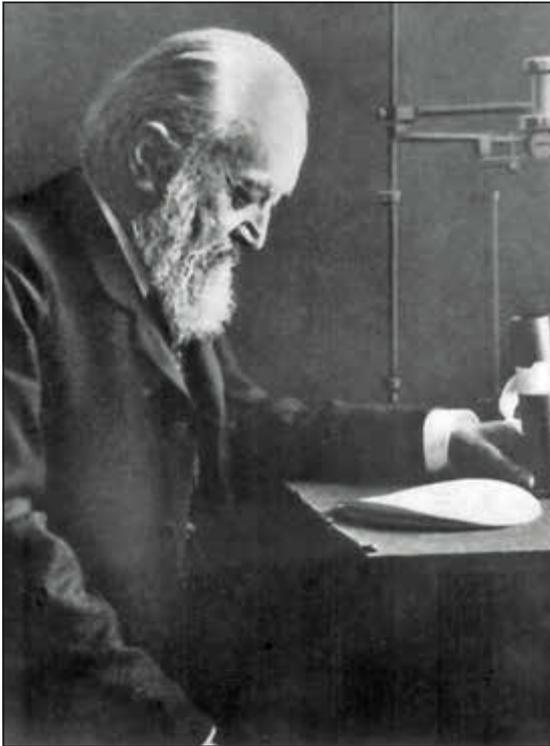
d. Von Guild und Wright gemessene Kurven (1931) Spektrale Primärvalenzen: 700, 546, 436 nm

K. W. F. Kohlrausch und die Brüder Exner, die zumindest im deutschen Sprachraum, um die Jahrhundertwende und den ersten Jahrzehnten danach die Entwicklung der Farbmeterik vorangetrieben haben.

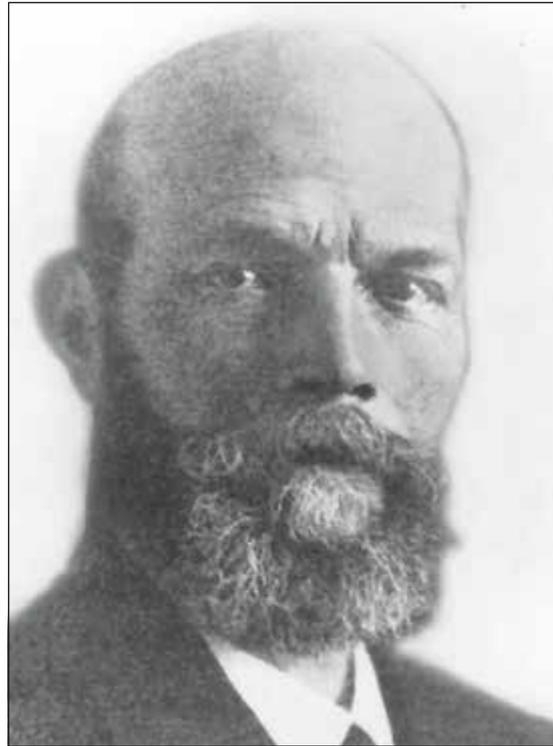
Auf zwei Namen, die mehr oder weniger direkt mit dieser Wiener Schule in Verbindung zu bringen sind, sei hier zunächst nur kurz hingewiesen: auf Erwin Schrödinger und Robert Luther; über beide wird sogleich noch mehr zu sagen sein. Beide haben von der farbmeterischen Seite her die Brücke zu der im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts als Alternative zur Young-Helmholtzschen Dreikomponenten-Theorie zu der von Ewald Hering [10] aufgestellten Vierfarben- oder Gegenfarben-Theorie geschlagen, indem sie nachwiesen, daß sich die von Hering geforderten Spektralwertkurven einfach als Linearkombinationen der „klassischen“ Spektralwertkurven darstellen lassen.

Um die Jahrhundertwende hatte allerdings schon der Helmholtz-Schüler Johannes von Kries [19] mit seiner Zonentheorie diese Brücke vorbereitet, indem er die Vorstellung der Dreikomponenten-Theorie dem Geschehen in den Netzhaut-Zapfen zuordnete, während in weiter zentral gelegenen „Zonen“ das Schema der Gegenfarben-Theorie gelten sollte. Er hat damit die Vereinbarkeit beider Vorstellungen miteinander gezeigt und so den Streit der Physiologen entschärft.

Aber auch farbmeterisch ist das Wirken Von Kries' von größter Bedeutung geworden: hat er doch mit der Entdeckung der Persistenz der Farbgleichungen, d. h. ihrer Unabhän-



Ewald Hering (1834–1918)



Johannes von Kries (1853–1928)

gigkeit von der jeweiligen Farbstimmung des Auges, die Bedeutung der additiven Farbmischung und der daraus gezogenen Konsequenzen auf eine neue, viel breitere Grundlage gestellt. Überhaupt sind seine Erkenntnisse über die Umstimmung des Auges und nicht zuletzt sein aus dem Persistenz-Satz hergeleiteter Koeffizienten-Satz zu Angelpunkten der modernen Farbmetrik geworden – denken wir nur an die Bemühungen, das Problem der Farbwiedergabe durch Lichtquellen und in der Reproduktion in den Griff zu bekommen.

Andererseits haben die Heringschen Vorstellungen und Formulierungen gerade auf die Entwicklung eines Arbeitsgebietes einen großen Einfluß gewonnen, das Schrödinger als „höhere“ Farbmetrik bezeichnet hat im Gegensatz zur „niederen“ Farbmetrik. Maßbeziehungen zwischen den Farben lassen sich ja in der Tat auf ganz verschiedene Weisen herstellen: einmal mit Hilfe des Gleichheitsurteils bei der Einstellung von Farbgleichungen, das andere Mal aber durch Urteile über die Verschiedenheit von Farben oder über die Gleichheit einzelner Eigenschaften ungleicher Farben, z. B. über die Gleichheit ihrer Helligkeiten oder ihres Bunttons. Vom urteilenden Individuum sind alle diese Urteile abhängig, das liegt in der biologischen Natur der Farbe. Natürlich ist das Urteil über die völlige Gleichheit zweier Farben sehr viel schärfer als über den Farbabstand der beiden oder über eine nur „spezifische“ Gleichheit. Daher ist auch die niedere Farbmetrik (wir nennen sie heute die Farbvalenzmetrik) sehr viel besser begründet als die höhere Farbmetrik, bei der wir bis heute noch relativ unsicher umhertasten. Gerade hier wird wohl erst dann ein entscheidender Fortschritt erzielt werden können, wenn wir Genaueres über die Verarbeitung der primären Retina-Signale wissen als bisher, und erst dann wird auch eine sichere Beurteilung der Brauchbarkeit der Gegenfarben-Vorstellungen möglich werden.



Wilhelm Ostwald (1853–1932)



Albert H. Munsell (1858–1918)

Die Entwicklung der Farbmeterik ist also keineswegs mit dem gegenwärtigen Stand abgeschlossen, sondern wird noch vielen Forschern Gelegenheit zu fruchtbarer Betätigung bieten.

Schon mancher Forscher, wie z. B. das Ehepaar Hurvich-Jameson [14] oder Karl Miescher [27] sind mutig auf diesem Weg vorangegangen.

Die moderne Farbmeterik hat aber, wie schon eingangs erwähnt, neben der physiologisch-optischen Wurzel noch eine ganz andere. Das sind die Farbordnungssysteme, wie sie schon Mayer und Lambert im 18. Jahrhundert aufzustellen versucht haben. Der erste, der das nicht auf der Grundlage von Pigment-Mischungen unternommen hat, war Philipp Otto Runge [34] mit seiner Farbenkugel, über die ja schon gesprochen worden ist, die aber seinerzeit ohne direktes Echo geblieben war. Erst um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert erneuern sich solche Bemühungen, allerdings ohne miteinander in Verbindung zu stehen oder voneinander zu lernen. Gemeinsam ist allen diesen Bestrebungen, die Farben in eine überschaubare Ordnung zu bringen. So war das z. B. der ausgesprochene Zweck der Farbordnung, die der Ornithologe Robert Ridgway [37] für die Vogelfeder-Farben in seinem Museum geschaffen hat und die bei den Biologen ziemlich lange als Farben-Katalog beliebt war. Dieses Ordnungsschema nahm wesentliche Elemente der späteren Ostwaldschen Farbordnung vorweg, über die sogleich noch zu reden sein wird. Viel mehr Resonanz hat aber ein anderer Autor jener Jahre gefunden: Albert H. Munsell [29]. Aus den Bedürfnissen des Malers und Kunstlehrers hatte er begonnen, mit den damaligen primitiven Mitteln eine farbmeterisch wohldefinierte Ordnung aufzubauen.



Karl Miescher (1892–1974)



Siegfried Rösch (1899–1984)

Diese farbvalenzmetrische Definition ist freilich bei den späteren Ausgleichsversuchen im Sinne der höheren Farbmetrik verloren gegangen. Aber in der angelsächsischen Welt ist, wie ja allgemein bekannt sein dürfte, dieses System zu einer Art Normsystem geworden.

Es hat seitdem manchen anderen Versuch gegeben, ein Farbordnungs-System zu gestalten. Vom Standpunkt der Farbmetrik aus ist dabei als überragend der Versuch von Wilhelm Ostwald [34] zu werten, der – freilich auch er zeitbedingt mit oft noch unzureichenden Mitteln – sich bemüht hat, sein System wirklich auf farbmetrischen Gesetzmäßigkeiten aufzubauen und es zu realisieren. Dabei waren seine Gedanken zu einem erheblichen Teil von den Vorstellungen Herings beeinflusst. Aus den Kontroversen, zu denen Ostwalds Publikationen geradezu herausforderten und die sich im wesentlichen in den zwanziger Jahren abgespielt haben, ist übrigens ein beträchtlicher Teil unserer heutigen Farbmetrik erwachsen. Von seinen Gedanken haben spätere Systeme deutlich direkt oder indirekt profitiert: auf der einen Seite das schwedische Natural Color System von Anders Hård [7] und auf der anderen Seite (freilich in ganz anderer Weise) das deutsche DIN-Farbsystem [36b; 49].

Zu den Publikationen, die im Anschluß an Ostwalds Veröffentlichungen entstanden sind, gehört auch die große Arbeit Schrödingers [40a] über die Grundlinien der Farbmetrik, die wir zu den klassischen Arbeiten über unser Thema zählen. Schrödinger verdanken wir die Einführung des Farbvektors, des Ortsvektors im dreidimensionalen Farbenraum, als Symbol und Rechengröße für die Farbvalenz⁶, aber auch die Erkenntnis über die besonderen Eigenschaften der „Pigmente größter Leuchtkraft“, jener idealen Körperfarben, für die später Luther den treffenden Namen Optimalfarben geprägt hat.



Erwin Schrödinger (1887–1961)



Robert Luther (1868–1945)

Robert Luther [23] war sicher derjenige, der seinerzeit aus den Veröffentlichungen Schrödingers die klarsten Folgerungen gezogen hat. Ihm verdanken wir einen der wichtigsten Begriffe der modernen Farbmetrik, den der „Farbvalenz“, auch wenn er diesen Namen noch nicht selbst gebraucht hat; er hat vielmehr vom „Farbreiz“ gesprochen. Da aber gegen diese Bezeichnung die Physiologen protestierten, für die ja ganz allgemein der „Reiz“ die unmittelbare Ursache einer Nervenerregung ist, wurde später das, was Luther zweifelsfrei in seiner Publikation gemeint hatte, nämlich das primäre kombinierte Ergebnis der Reizung der drei Zapfenarten in der Netzhaut unseres Auges, mit dem Namen „Farbvalenz“ belegt [36c].

Auf den umfangreichen Überlegungen Luthers zu den Optimalfarben hat dann Siegfried Rösch [38b] aufgebaut und z. B. den so fruchtbaren Begriff der Relativ-Helligkeit der Körperfarben entwickelt⁷. Und er war es, der erstmals vorgeschlagen hat, den Hellbezugswert der Körperfarben über den jeweiligen Farbörtern der Farbtafel senkrecht nach oben aufzutragen; das ergibt dann das räumliche Gebilde, das wir heute Rösch-Farbkörper nennen und dessen Oberfläche von den Optimalfarben gebildet wird.

Es sei dem Autor gestattet, hier noch einen Augenblick bei dem Begriff der Farbvalenz zu verweilen. Farbvalenz bedeutet die Wertigkeit einer die Netzhaut treffenden Strahlung,

⁶ Ansätze dazu findet man freilich schon bei H. Grassmann [5].

⁷ Die „Relativ-Helligkeit“ ist das Verhältnis des Hellbezugswertes einer Körperfarbe zum Hellbezugswert der artgleichen Optimalfarbe.



Dorothy Nickerson (1900–1985)



John Guild (1889–1979)

des „Farbreizes“, für die Erregung des Zapfenapparates, für jene Erregung, die zur Farbpmpfindung führt, aber noch nicht selbst die Farbpmpfindung bedeutet. Es ist gewissermaßen die physiologische Erststufe dazu: Unter gleichen Sehbedingungen liefern gleiche Farbvalenzen auch gleiche Farbpmpfindungen. Die Farbvalenz bedeutet aber auch die Wertigkeit einer Strahlung für die additive Farbmischung: Strahlungen gleicher Farbvalenz, aber verschiedener physikalischer Zusammensetzung können sich in der additiven Farbmischung gegenseitig vertreten, ohne das Ergebnis der Mischung zu verändern. Die Gesetze der additiven Farbmischung gelten also bereits für die Farbvalenzen (und nur für diese!).

Gerade der Begriff der Farbvalenz ist es, der den scharfen Unterschied zwischen niederer und höherer Farbmtrik herausstellt und mit dem man die Trennung der Probleme am sichersten durchführen und durchhalten kann. So braucht man sich z. B. bei der Aufstellung eines Farbordnungs-Systems nur einmal klarzumachen, daß man zwar dabei gewisse Absichten (wie etwa die Gleichabständigkeit) für bestimmte Sehbedingungen zu realisieren versuchen kann, daß dagegen die Farbmuster in dem darauf aufgebauten Farbenatlas sowie die dafür festgelegten Maßzahlen stets nur Farbvalenzen definieren!

Es gibt unzählige Beispiele dafür, wie durch die unbewußte Vermengung der Begriffe Farbvalenz und Farbpmpfindung (= Farbe!) bzw. durch die Ignorierung des Begriffes Farbvalenz die Publikationen oft unklar und die Diskussionen fruchtlos bleiben. Natürlich muß man sich erst einmal die volle Bedeutung des neuen Begriffes klargemacht haben, ehe man erfolgreich damit arbeiten kann. Aber es ist wirklich erstaunlich, wie schwer sich selbst Fachgenossen der Farbmtrik tun, wenn es um die richtige Anwendung des Begriff-



Arthur C. Hardy (1895–1977)



Richard S. Hunter (1909–1991)

fes Farbvalenz geht. Und es ist für den Autor schmerzlich zu sehen, daß unsere ausländischen Fachfreunde diese so nützliche Trennung der Begriffe in ihre Fachsprache praktisch nirgends aufgenommen haben.

Der Begriff der Farbvalenz kommt praktisch besonders deutlich ins Spiel bei der Farbmessung. Und gerade die Farbmessung ist für die Entwicklung der Farbmeterik eine der wichtigsten Wurzeln geworden. Einerseits sind ja Maßbeziehungen zwischen Farben ohne Ermittlung von Maßzahlen gar nicht denkbar, andererseits ist erst durch die Farbmessung eine technische Anwendung der Farbmeterik möglich geworden. Wir müssen also hier jetzt kurz auf die Entwicklung der Farbmessung eingehen.

Nachdem die Gesetze der additiven Farbmischung gefunden waren, lag an sich der Weg zur Farbmessung offen. Dennoch ist man ihn zunächst nur sehr zögernd gegangen. Erst einmal lag noch gar kein eigentliches Bedürfnis dafür vor; wer wußte in den zwanziger Jahren überhaupt etwas von einer solchen Möglichkeit⁸! Und wer konnte sich eine praktische Anwendung der Farbmessung vorstellen? Mangels eines Bedürfnisses war aber natürlich damals auch kein Meßgerät im Handel. Eigentlich konnten nur ein paar Physiker Spektralphotometrie und dadurch Farbmessung nach dem Spektralverfahren betreiben.

Wenn wir heute als die drei prinzipiellen Möglichkeiten zu einer exakten Farbmessung das Gleichheits-Verfahren, das Spektral-Verfahren und das Dreibereichs-Verfahren ken-

⁸ In Deutschland waren es nur einige wenige, und die meisten von ihnen hatten es mit der Ostwaldschen Meßtechnik versucht, die sich ja bekanntlich sehr bald als untauglich erwiesen hatte, eben weil sie mit den Gesetzen der additiven Farbmischung nicht in Einklang stand.



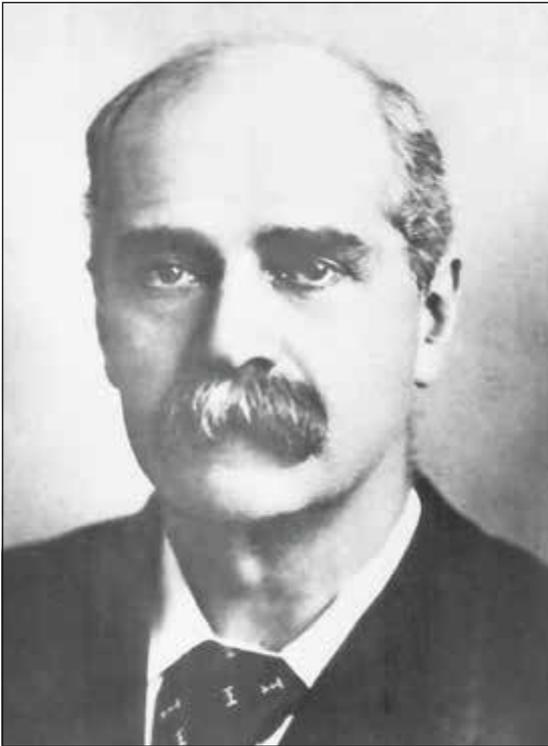
Albert Dresler (1904–1963)



Hans-Georg Frühling (1898–1982)

nen, so müssen wir feststellen, daß eigentlich das Gleichheits-Verfahren das grundlegende ist, denn erst die damit durchgeführten Messungen konnten die Grundlage sowohl für das Spektral-Verfahren wie für das Dreibereichs-Verfahren liefern. Schüchterne Ansätze, spezielle Geräte für das Gleichheits-Verfahren zu entwickeln (wie z. B. das Dreifarben-Meßgerät von von Hübl [11]) wurden nicht zur Kenntnis genommen. Der gute alte Farbkreis hätte bei den damaligen Genauigkeitsansprüchen wahrscheinlich für viele Zwecke ausgereicht, worauf Dorothy Nickerson [32] (die sich um die Entwicklung und Verbreitung der Farbmetrik so vielseitig verdient gemacht hat) gelegentlich hingewiesen hat, und der auch heute noch für didaktische Zwecke unentbehrlich ist, war den Wissenschaftlern offensichtlich zu suspekt. Erst das von John Guild [6a] aus dem Farbkreis-Gedanken entwickelte Gerät und später das von Donaldson konnten in einigen Exemplaren verkauft werden, in Deutschland speziell die Weiterentwicklung des Guildschen Gerätes durch Bechstein. Aber heute haben solche Geräte nur noch für physiologische Untersuchungen auf dem Gebiet des Farbsehens Bedeutung.

Die für das Spektral-Verfahren erforderliche Spektralphotometrie wurde in ihren Anfängen, die bei Körperfarben etwa bis zur Jahrhundertwende zurückreichen, visuell ausgeübt, und zwar wohl in aller Welt mit dem Polarisations-Spektralphotometer nach König-Martens. Da aber bei der Spektralphotometrie von Körperfarben die relative spektrale Empfindlichkeit des Meßorgans keinen Einfluß auf die Richtigkeit des Farbmeßergebnisses hat, konnte man hier auf physikalische Strahlungsempfänger anstelle des Auges zurückgreifen, als solche mit ausreichender Empfindlichkeit zur Verfügung standen. Der Einsatz physikalischer Strahlungsempfänger hat eine technische Anwendung der Farbmes-



William de W. Abney (1843–1920)



William David Wright (1908–1997)

sung überhaupt erst sinnvoll gemacht. Den Durchbruch brachte hier das inzwischen weltweit bekannte Spektralphotometer von Arthur C. Hardy [8a], das um 1930 auf den Markt gebracht worden ist. Dieses Gerät bedeutete schlecht hin die Abkehr von allen visuellen Verfahren in der Farbmessung. Zudem war es bereits mit einer Rechenvorrichtung ausgestattet, die die zum Spektral-Verfahren gehörige valenzmetrische Auswertung der gemessenen spektralen Remissionskurven automatisch besorgte.

Besonders wichtig war die Einführung der lichtelektrischen Meßweise beim Dreibereichs-Verfahren. Als visuelles Verfahren ist es wohl zuerst von Detlefsen angegeben und später von Bloch bekannt gemacht worden. Es war freilich auf etwas primitiven Vorstellungen von der Dreikomponenten-Theorie aufgebaut, aber Luther hat in seiner großen Arbeit die Bedingungen aufgezeigt, denen die für solche Messungen zu verwendenden Farbmeßfilter genügen müssen, damit die Meßergebnisse mit denen der anderen Verfahren übereinstimmen. Aber für visuelle Messungen stößt die Erfüllung dieser *Luther-Bedingung* (wie wir sie heute nennen) auf große Schwierigkeiten, die sich aber beim Einsatz lichtelektrischer Empfänger überwinden lassen, wenn es auch nicht immer ganz einfach ist, wie die Erfahrung zeigt. Eins der ersten Farbmeßgeräte für das Dreibereichs-Verfahren mit lichtelektrischem Empfänger ist aus dem National Bureau of Standards in Washington hervorgegangen, wo sich Richard S. Hunter [13] mit diesem Problem beschäftigt hatte. Etwa zur gleichen Zeit haben in Deutschland A. Dresler [2] und H.-G. Frühling durch Aufteilung der Empfängerfläche einen interessanten Weg zur Erfüllung der Luther-Bedingung beschritten, ein Weg, der in der Folgezeit immer weiter ausgebaut worden ist. Wenn die Luther-Bedingung eingehalten ist (was man in aller Strenge freilich nur von wenigen auf



Walter S. Stiles (1901–1985)



Deane B. Judd (1900–1972)

dem Markt befindlichen Geräten sagen kann), ist das Dreibereichs-Verfahren dem Spektral-Verfahren durchaus ebenbürtig.

Aber mit diesem Exkurs in die Entwicklung der Farbmessung wurde der Darstellung der Entwicklung der Farbmessung weit vorgegriffen. Den Durchbruch für deren Fortschritt hat in der Tat das nunmehr aufgekommene Bedürfnis nach technischer Farbmessung und Farbkennzeichnung gebracht. Es war in den zwanziger Jahren, als in den USA der Wunsch laut wurde, für die Farbe des Erdöls, das damals nach der Farbe gehandelt wurde, objektive Zahlen anzugeben, um das subjektive Urteil (über das es oft zum Streit kam) möglichst auszuschalten. Das veranlaßte das National Bureau of Standards in Washington, dieser interessanten Frage nachzugehen. Der Physiker Irwin G. Priest und sein damaliger junger Mitarbeiter Deane B. Judd begannen, sich in die Grundlagen einzuarbeiten, wozu ihnen in erster Linie Helmholtz' Physiologische Optik in englischer Übersetzung diente. Von hier aus wurden sie zu der damals noch sehr bescheidenen Literatur der Farbmessung weitergeführt, insbesondere zu den Arbeiten von J. CL. Maxwell, Abney [1], Edridge-Green u. a. Wahrscheinlich haben sie schon damals das Verfahren kennengelernt, das ein aufgeschlossener Bierbrauer in England Hn Guild und William David Wright, praktisch gleichzeitig, aber völlig unabhängig voneinander daran gegangen, die Spektralwert-Funktionen neu zu bestimmen. Guild mit seinem Dreifarben-Meßgerät [6], Wright dagegen mit einer zu diesem Zweck neu entworfenen Spektral-Apparatur [43]. Und als 1931 in Cambridge (Engl.) die CIE ihre Tagung abhielt, wo das Komitee für Farbmessung über farbmessrische Grundfragen diskutierte, da lagen diese neuen Spektralwert-Funktionen von Guild und



Günter Wyszecki (1925–1985)



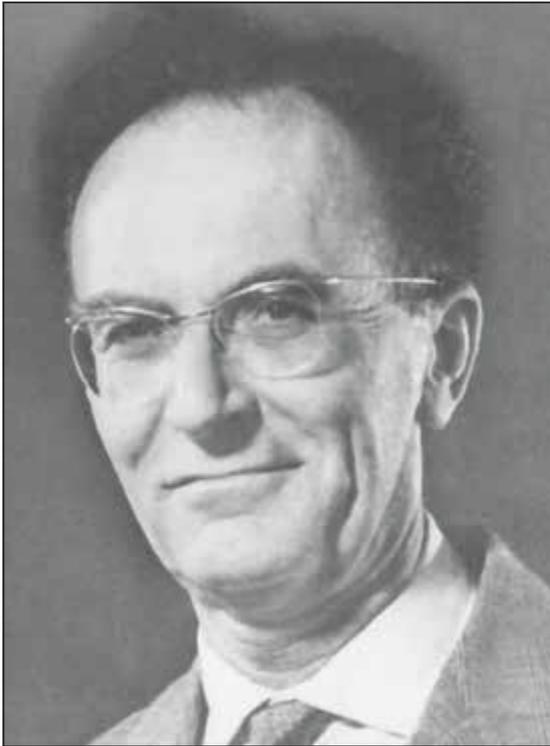
David L. MacAdam (1910–1998)

Wright auf dem Tisch (siehe Abb. 1d). Man stellte fest, daß beide Forscher praktisch zu dem gleichen Ergebnis gekommen waren, und man beschloß, sie zusammenzufassen und mit der (schon 1924 von der CIE vereinbarten) $V(\lambda)$ -Kurve zu vereinigen, damit dem Abneyschen Gesetz Genüge getan wurde. So entstanden die Normspektralwertkurven für den 2°-Normalbeobachter der CIE 1931⁹.

Diese Kurven waren ja entsprechend den physiologischen Erkenntnissen von beiden Forschern für ein Gesichtsfeld von 2° Durchmesser bestimmt worden, um den Einfluß des Stäbchensehens dabei möglichst auszuschalten. Diese Spektralwert-Funktionen und die gleichzeitig vorgeschlagenen Normlichtarten haben durch die Normungsarbeit der CIE rasch internationale Anerkennung und Verbreitung gefunden; seitdem haben wir weltweit eine verhältnismäßig einheitliche Farbvalenzmetrik, die sich auf diesen 2°-Normalbeobachter CIE 1931 als den durchschnittlichen Farbseh-Menschen stützt. 32 Jahre später hat die CIE durch einen zusätzlichen Satz von Spektralwertkurven für ein Gesichtsfeld von 10° einen zweiten Normalbeobachter definiert, der auf den Messungen von W. S. Stiles [42] und E. N. Justova beruht. Damit wollte man den Bedürfnissen der Praxis entgegenkommen, wo man ja nicht mit Probengrößen abzumustern pflegt, die daumennagelgroß sind (was etwa einem 2°-Feld entsprechen würde).

Mit dieser international betriebenen Normungsarbeit hat das Farbmeß-Komitee der CIE die Weiterentwicklung und Verbreitung der Farbmetrik ganz entscheidend vorange-

⁹ Eine ausführliche Darstellung der damaligen Geschehnisse hat W. D. Wright in seinem hier anschließend abgedruckten Vortrag gegeben.



Yves LeGrand (1908–1986)



Arnt Kohlrausch (1884–1969)

trieben und gefördert [47]. Das Hauptverdienst kommt dabei wohl den zwei Vorsitzenden des Komitees zu jener Zeit zu: zuerst Deane B. Judd und nach ihm Günter Wyszecki. Beide zusammen haben dann auch gemeinsam die Folge-Auflagen des von Judd zunächst allein geschriebenen Standardwerkes [16b] besorgt.

Die nun eingeleitete Anwendung der Farbmeterik in der Industrie brachte bald neue Probleme ins Spiel. Vor allem wollte man die Farbunterschiede, die sich beim Nachstellen einer gegebenen Farbvorlage zwangsläufig fast stets ergeben, mit Hilfe der Farbmaßzahlen beschreiben und damit das Urteil über Annehmbarkeit oder Ablehnung der Nachfärbung objektivieren. Sehr bald merkte man freilich, daß das nicht so ohne weiteres möglich ist, denn die Farbvalenzmetrik, mit deren Maßzahlen man es erst versucht hatte, beruht ja nur auf dem Gleichheitsurteil und enthält kein Element zur Bewertung von Farbabständen. Man mußte also den Schritt in die höhere Farbmeterik tun. Aber hier waren nur spärliche Grundlagen vorhanden, am ehesten noch über Buntton-Unterschiede (und dies praktisch auch nur für Spektralfarben). Theoretische Ansätze hatte es zwar seit Helmholtz und Schrödinger gegeben, die aus den Farbmaßzahlen der Farbvalenzmetrik ein „Linielement“, also eine Maßgröße für die Unterschieds-Empfindlichkeit oder den Schwellenwert zu entwickeln versucht hatten, aber man mußte feststellen, daß ihre Ansätze mit den beobachteten Daten nicht in Einklang standen.

Da wagte es um 1940 David L. MacAdam [24a], das Problem generell auf experimentellem Wege anzupacken. Er begann mit seinem Mitarbeiter, für eine begrenzte Zahl von Farbör-

tern im Farbenraum die Unterschieds-Empfindlichkeit des Auges nach den verschiedenen Richtungen des Farbenraumes zu bestimmen. Das Ergebnis dieser Untersuchungen waren die inzwischen berühmt gewordenen MacAdam-Ellipsen, die die Grundlage für viele weitere Untersuchungen geworden sind, Maßformeln für die Farbabstands-Bewertung zu finden – Versuche, mit denen trotz inzwischen erfolgter Abreden zur Benutzung ganz bestimmter Formeln die Farbmétrie auch heute noch praktisch und theoretisch beschäftigt ist.

Das Problem der Farbabstands-Bewertung ist für die technische Anwendung der Farbmétrie von großer Bedeutung. Zwei Beispiele mögen das belegen. Da ist zunächst die Aufgabe der farbmétrischen Rezeptierung von Färbungen aller Art. Es ist noch gar nicht so lange her, daß man zur Rezeptfindung dem Färbemeister ein Muster der gewünschten Färbung in die Hand geben mußte, für die er dann auf Grund seines Wissens und seiner beruflichen Erfahrung das Färberezept angab. Wenn er Glück hatte, konnte die erzielte Färbung nach der zweiten oder dritten Korrektur den Auftraggeber befriedigen. Da eine absolute Übereinstimmung zwischen Vorlage und Nachfärbung nur in Ausnahmefällen gelingen kann, hängt die Abnahme der Färbung von der Toleranz ab, die der Auftraggeber zugestehen bereit ist. Kann man aber die zugelassene Farbabweichung vorher vereinbaren (und das geht natürlich nur mit Maßzahlen), so entfällt eine beträchtliche Willkür. Heutzutage wird freilich die Bestimmung des Färberezeptes nicht mehr dem Färbemeister allein überlassen, sondern man hat bekanntlich inzwischen gelernt, es auf Grund der Farbmétrie vorzuberechnen, wenn dieser Lernprozeß auch mühsam gewesen ist. Bei dieser Vorausberechnung geht auch die Farbabstands-Bewertung von vornherein mit ein, denn der Computer muß solange rechnen, bis das Rezept eine Färbung zu liefern verspricht, die innerhalb der vorgegebenen Toleranz liegt.

Ein anderes Beispiel ist die Kennzeichnung der Farbwiedergabe. Auch hier handelt es sich ja um die Bewertung von Farbunterschieden – seien es die, die bei der Reproduktion von Vorlagen, z. B. in Photographie, Drucken und Fernsehen, auftreten, oder jene, die beim Wechsel der beleuchtenden Lichtart bemerkbar werden. Da in dieses Problem auch die Bewertung der Umstimmung des Auges mit eingeht, ist die farbmétrische Bewältigung der Aufgabe besonders kompliziert. Die Arbeit an diesen Fragen ist mit Namen wie D. Nickerson, G. R. W. Hunt [12] und W. Münch [28; 48] verknüpft.

Daß auch der Mehrfarbendruck farbmétrisch behandelt werden kann, hat schon vor 50 Jahren H. E. J. Neugebauer [30] gezeigt, der die Gesetze der Wahrscheinlichkeit auf dieses Problem angewandt hatte. Überhaupt sind durch ihr spezielles Interessengebiet oder ihren Arbeitsbereich manche Autoren zu bedeutsamen Beiträgen zur Entwicklung der Farbmétrie angeregt worden. Es seien an dieser Stelle als Beispiele Yves Legrand [21] sowie N. T. Fedorov [3] und Arnt Kohlrausch [18] genannt, die von der Physiologie herkommen, oder der Mathematiker N. D. Nyberg [33] und der schon zitierte S. Rösch [38a], von Haus aus Mineraloge.

Wie schon angedeutet, steht heute offensichtlich die höhere Farbmétrie im Mittelpunkt der Entwicklung. Dieses Gebiet ist ja insbesondere für die noch immer nicht befriedigende Lösung der Farbabstands-bewertung wichtig. Aber man versucht auch offenbar, die Farbmétrie so aufzubereiten, daß auch die künstlerische Anwendung der Farbe, ihr ästhetischer Aspekt davon Nutzen haben kann. Es ist nicht verwunderlich, daß gerade im Hinblick auf diese Absichten die Heringsche Gegenfarbentheorie bevorzugt herangezogen

wird in der Hoffnung, dadurch die Brücke von der Farbvalenz zur Farbempfindung auch zahlenmäßig schlagen zu können.

Viele Fragen sind auf dem Gebiet der Farbmeterik in Angriff genommen worden, die von heute noch aktiven Forschern bearbeitet werden. Sie mögen dem Verfasser verzeihen, wenn in diesem historisch konzipierten Referat ihre Namen nicht aufgeführt sind. Der Leser möge bitte darin kein Werturteil über die Arbeiten und Meinungen so vieler wichtiger, kluger und fleißiger Fachgenossen der Gegenwart sehen, über Kollegen, die der Fachwelt mit ihren Namen wohlbekannt sind.

Aber es mag verwunderlich erscheinen, daß hier der Name eines Mannes gewissermaßen nur so nebenbei erwähnt worden ist, nämlich Deane B. Judd. Wohl alle Leser werden wissen, welch entscheidenden Einfluß gerade dieser Forscher international auf die Entwicklung der Farbmeterik gehabt hat. Durch seine Stellung im amerikanischen National Bureau of Standards (wo er die Colorimetry Section wenn auch nicht aufgebaut, so doch zu weltweiter Bedeutung geführt hat), durch seine zahlreichen grundlegenden Veröffentlichungen [16a], als jahrelanger Vorsitzender des Farbmeß-Komitees der CIE, durch sein enormes Wissen und nicht zuletzt durch seine kollegiale, menschlich so ansprechende Persönlichkeit hat er der Sache der Farbmeterik mehr gedient als irgendein anderer. Er hat es verstanden, die in so vielen verschiedenen Sprachen schriftlich und mündlich geäußerten Meinungen und Erfahrungen zu sichten und zu verarbeiten, dabei die Spreu vom Weizen zu sondern und so in echter Weise dem Fortschritt zu dienen. Vor allem aber hat er zahlreiche farbmeterische Probleme selbst experimentell und theoretisch bearbeitet und ihre Ergebnisse in mustergültigen Veröffentlichungen der Fachwelt dargeboten.

Man kann D. B. Judd sicher nicht den Vater der Farbmeterik nennen – das vorstehende Referat hat ja die Vielfalt ihrer Quellen, die Quellen eines modernen Wissensgebietes gezeigt. Aber Judd hat dem Strom, der aus diesen Quellen so vielfältig gespeist worden ist, ein solides Bett gebaut und ihm damit die Richtung für seinen Lauf gewiesen.

Durch die Judd-Medaille der AIC, die seine liebenswürdige und allseitig verehrte Gattin gestiftet hat, wird das Lebenswerk eines großen und dabei so schlichten Mannes geehrt, der in der Fachwelt der Farbmeterik über Generationen hinweg als einer der Größten unseres Fachgebietes geachtet bleiben wird.

Daß der Verfasser dieses Referates für würdig befunden worden ist, die mit dem Namen JUDD verbundene Auszeichnung zu empfangen, wird ihn noch mehr daran gemahnen, aus wieviel guten Quellen er hat trinken dürfen. Es hat ihn glücklich gemacht, daß er ein großes Stück seines Lebens in diesem Strom hat mitschwimmen dürfen.

Schrifttum

Vorbemerkung: Diese Zusammenstellung will und kann nicht etwa eine Übersicht über die gesamten Veröffentlichungen der in diesem Referat erwähnten Autoren bieten. Im Allgemeinen ist von jedem Autor nur der Titel ausgewählt, der für sein Wirken in der Farbmétrie am charakteristischsten erscheint.

- [1] ABNEY, W. DE W., Colour-blindness and the trichromatic theory of colour-vision. Proc. Roy. Soc. London A 83 (1910), S. 462–473; 84 (1910), S. 449 bis 464; 86 (1911), S. 42–56; 87 (1912), S. 326–330
- [2] DRESLER, A., und H. G. FRÜHLING, Über ein photoelektrisches Dreifarbenmeßgerät. Licht 8 (1938), S. 238–242
- [3] FEDOROV, N. T., Allgemeine Farbenlehre (russ.). Moskau 1939. 228 S.
- [4] v. GOETHE, J. W., Zur Farbenlehre. Tübingen: Cotta 1810
- [5] GRASSMANN, H., Zur Theorie der Farbmischung. Poggend. Ann. Physik u. Chemie 89 (1853), S. 69–84
- [6a] GUILD, J., A trichromatic Colorimeter suitable for Standardization work. Trans. opt. Soc. London 27 (1925/26), S. 106–129
- [6b] –, The trichromatic properties of the spectrum. Phil. Trans. Roy. Soc. London A 230 (1931), S. 149–187
- [7] HÅRD, A., Philosophy of the HERING-JOHANSSON Natural Colour System. Farbe 15 (1966), S. 287–295
- [8a] HARDY, A. C., A recording color analyser. J. opt. Soc. Amer. 18 (1929), S. 96–117
- [8b] –, und Mitarb., Handbook of Colorimetry. Cambridge (Mass.): MIT Press 1936
- [9a] v. HELMHOLTZ, H., Über die Theorie der zusammengesetzten Farben. Poggend. Ann. Physik u. Chemie 87 (1852), S. 45–66
- [9b] –, Handbuch der physiologischen Optik. Hamburg/Leipzig: Voss. 2. Aufl. 1896; 1334 S.; 3. Aufl. in 3 Bdn. 1909/11
- [10] HERING, E., Zur Lehre vom Lichtsinn. S.-B. Wiener Akad. Wiss. (3) 66 (1872), S. 5–24; 68 (1873), S. 186–201; 229–244; 69 (1874), S. 85–104; 179–217; 70 (1874), S. 169–204
- [11] v. HÜBE, A., Ein Farbenmeßapparat. Physikal. Z. 18 (1917), S. 270–275
- [12] HUNT, R. G., The Reproduction of Colour. London: Fountain Press 1967
- [13] HUNTER, R. S., Photoelectric tristimulus colorimetry with three filters. Nat. Bur. of Stand. Circular C 429 (1942), 46 S. Auch: J. opt. Soc. Amer. 32 (1942), S. 509–538
- [14] HURVICH, L. M., Color Vision. Sunderland (Mass.): Sinauer 1981, 328 S.
- [15] JOHANSSON, T., Färg (= Farbe. Schwed.). Stockholm: Lindfors Bokförlag 1937, 137 S.
- [16a] JUDD, D. B., Contributions to Color Science. NBS Special Publ. No. 545 (ed. by D. L. MACADAM). Washington, D.C.: U.S. Dept. of Commerce 1979. XII, 745 S.
- [16b] –, und G. WYSZECKI, Color in Business, Science, and Industry. 2nd ed. New York/London: J. Wiley 1963. X, 500 S.
- [17] KÖNIG, A., u. C. DIETERICI, Die Grundempfindungen in normalen und anomalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum. Z. Psychol. 4 (1892), S. 241–347
- [18] KOHLRAUSCH, A., Tagessehen, Dämmersehen, Adaptation. In: Hdb. d. norm, u. patholog. Physiologie, hrg. v. BETHE u. a. Berlin: J. Springer 1928. Darin S. 1497–1594

- [19] v. KRIES, J., Die Gesichtsempfindungen. In: W. NAGEL, Hdb. d. Physiol. d. Menschen, Bd. 3, S. 109–282. Braunschweig: Vieweg 1904
- [20] LAMBERT, J. H., Beschreibung einer ... Farbenpyramide. Berlin: Haude und Spener 1772. (Nachdruck in OSTWALDS Sammelnschrift „Die Farbe“, Nr. 28 [1922])
- [21] LEGRAND, Y., Light, Colour and Vision. (Engl. Übers, v. R. W. G. HUNT.) London: Chapman & Hall 1957. XIII, 12 S.
- [22] LOMONOSSOV, M. V., (Rede über die Herkunft des Lichtes. Eine neue Theorie über die Farben. Russ.) öffentl. Vortrag 1756 Kaiserl. Akad. Wiss. St. Petersburg. 42 S. (Deutsche Übers.: LOMONOSSOV, Ausgew. Schriften, Bd. 1. Berlin: Akad.-Verl. 1961)
- [23] LUTHER, R., Aus dem Gebiete der Farbreizmetrik. Z. techn. Physik 8 (1927), S. 540–558
- [24a] MACADAM, D. L., Visual sensitivity to color differences in daylight. J. opt. Soc. Amer. 32 (1942), S. 247–274
- [24b] –, Color Measurement. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verl. 1981. XIII, 228 S.
- [25a] MAXWELL, J. Ci., Experiments on colour as perceived by the eye, with remarks on colour-blind ness. Trans. Roy. Soc. Edinburgh 21 (1855), S. 275–297
- [25b] –, On the theory of compound colours, and the relations of the colours of the spectrum. Proc. Roy. Soc. London 10 (1860), S. 404–409; 484–486
- [26] MAYER, ToB., De affinitate colorum (1758). In: Opera inedita Tobiae Mayeri, hrg. v. G. Chr. LICHTENBERG 1775. Bd. 1 (Dt. Übers, v. H. LANG, Farbe 28 (1978/79), S. 1–24)
- [27] MIESCHER, K., u. Mitarb., Über das natürliche Farbsystem. Farbe 10 (1961), S. 115–144; 262
- [28] MÜNCH, W., Zum Begrifflichen und zur Kennzeichnungsmöglichkeit der Farbwiedergabe durch Lichtquellen. Farbe 9 (1960), S. 143–182
- [29a] MUNSELL, A. H., A Color Notation. Boston 1916
- [29b] –, The Munsell Book of Color. Baltimore 1929
- [30] NEUGEBAUER, H. E. J., Die theoretischen Grundlagen des Mehrfarbenbuchdrucks. Z. wiss. Photogr. 36 (1937), S. 73–89
- [31] NEWTON, L., Opticks, or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light. 4th ed. London 1730 (1st ed. 1704). – Nachdruck: Dover Publ. 1952
- [32] NICKERSON, D., Color Measurement and its Application to the Grading of Agricultural Products. A Handbook of Disk Colorimetry. U.S. Dept. of Agriculture. Misc. Publ. No. 580 (1946). 62 S.
- [33] NYBERG, N. D., Zum Aufbau des Farbkörpers im Raume aller Lichtempfindungen. Z. Physik 52 (1929), S. 406–419
- [34] OSTWALD, Wi., Farbenlehre. Bd. 1 : Mathematische Farbenlehre (1918). S. 129
Bd. 2: Physikalische Farbenlehre (1919). 291 S. Leipzig/Großbothen: Unesma-Verl.
- [35] PALMER, G., Theory of Colours and Vision. London: Leacroft 1777
- [36a] RICHTER, M., Das farbreizmetrische Grundgesetz. Z. wiss. Photogr. 43 (1948), S. 246–251
- [36b] –, Das System der DIN-Farbenkarte. Farbe 1 (1952), S. 85–98
- [36c] –, Wesen und Bedeutung des Farbvalenz-Begriffes. Farbe 3 (1954), S. 49–60
- [37] RIDGWAY, R., Color Standards and Color Nomenclature. Washington: Hoen & Co. 1912

- [38a] RÖSCH, S., Darstellung der Farbenlehre für die Zwecke des Mineralogen. Fortsch. Mineral., Kristallogr. u. Petrogr. 13 (1929), S. 73–234
- [38b] –, Zur Kennzeichnung der Farben. Physikal. Z. 29 (1928), S. 83–91
- [39] RUNGE, PH. O., Farben-Kugel. Hamburg: Perthes 1810. 60, XV S. Nachdr.: Mittenwald: Mäander Kunstverlag 1977
- [40a] SCHRÖDINGER, E., Grundlinien einer Theorie der Farbmetrik im Tagessehen. Ann. Physik (IV) 63 (1920), S. 397–456; 489–520
- [40b] –, Theorie der Pigmente von größter Leuchtkraft. Ann. Physik (IV) 62 (1920), S. 603–622
- [41] SHERMAN, P. D., Colour Vision in the Nineteenth Century. (The YOUNG-HELMHOLTZ-MAXWELL Theory) . Bristol: Hilger 1981. XVI, S. 237
- [42a] STILES, W. S., and J. M. BURCH, N.P.L. colour-matching investigation: Final report (1958). Optica Acta 6 (1959), S. 1–26
- [42b] –, Mechanisms of Colour Vision. (Selected Papers.) London: Academic Press 1978. VIII, S. 298
- [43a] WRIGHT, W. D., A re-determination of the trichromatic coefficients of the spectral colours. Trans, opt. Soc. London 30 (1928/29), S. 141–161
- [43b] –, Researches on Normal and Defective Colour Vision. London: Kimpton 1946. XVI, 383 S.
- [44] WÜNSCH, CHR. E., Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichtes Leipzig: Breitkopf 1792
- [45a] WYSZECKI, G., Über die Metrik des visuell homogenen Farbenraumes. Farbe 4 (1955), S. 265–272
- [45b] –, Farbsysteme. 2. Aufl. Göttingen: Muster-Schmidt Verl. 1962. 144 S.
- [46] YOUNG, Tn., On the theory of light and colours. Phil. Trans. Roy. Soc. London 92 (1802), S. 12–48
- [47] Commission Internationale de l'Eclairage. Farbmessung. Paris: CIE-Publ. No. 15 (1971). 124 S.
- [48] Commission Internationale de l'Eclairage. Verfahren zur Messung und Kennzeichnung der Farbwiedergabe-Eigenschaften von Lichtquellen. Paris: CIE-Publ. No. 13.2 (1974). 83 S.
- [49] Deutsche Normen. DIN 6164: DIN-Farbenkarte. 2 Teile + 25 Beibl. Berlin: Beuth-Verl. 1960/62

Verfasser:**Prof. Dr.-Ing. habil. M. Richter****Eingang des Manuskriptes:****1. November 1981**

IV. HISTORIE DER FARBMESSUNG

Historie der Farbmessung

FRANK ROCHOW

Zu der Zeit, als Prof. Manfred Richter 1981 über „Die Entwicklung der Farbmessung“ geschrieben hat, waren überall auf der Welt Entwicklungen an verschiedensten Farbmessgeräten im Gange. Das DfwG-Mitglied Gerhard Pausch hatte im DfwG-Report 1-2017 über seine Sammlung „alter“ Farbmessgeräte berichtet, mit denen Qualitätssicherung, Rezepturen, Farbstabilitäten und vieles mehr erfasst werden konnten und wurden. Seine Geschichte beginnt Ende der sechziger Jahre. In den siebziger Jahren kamen dann die ersten Spektralphotometer mit voluminösen Digitalrechnern von verschiedenen Anbietern auf den Markt. Somit schließt der Bericht Gerhard Pauschs über seine Farbmessgerätesammlung, der auch über Fotos Einblicke in die damalige Tagungskultur vermittelt, zeitgeschichtlich direkt an den Artikel Manfred Richters an. Zusammen spannen die beiden Artikel eine Übersicht über die Farbwissenschaft und -messung etwa vom 17. Jahrhundert (1611, das mit Farbtonnamen beschriftete kreisförmige Buntton-Schema des finnisch-schwedische Astronomen und Theologen Aron Sigfrid Forsius) bis zum Beginn der 2000er Jahre, weshalb beide einen besonderen Platz in diesem Jubiläumsheft einnehmen.

Angefügt sind langjährige Erinnerungen von Werner Rudolf Cramer mit Farben und Farbmessungen.

Sammlung historischer Farbmessgeräte – ein kurzer Blick in die jüngere Farbgeschichte

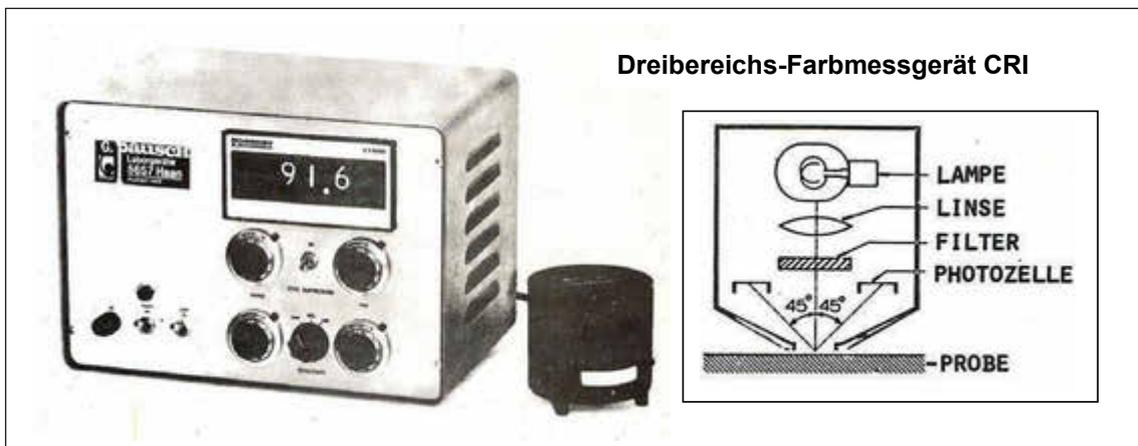
GERHARD PAUSCH

Es muss im Jahr 1969 gewesen sein, als ich Herrn Dr. Konrad Hoffmann bei den Farbwerken Hoechst traf. Er war damals Leiter der Abteilung Farbmeterik innerhalb der Anwendungstechnik. Ich erinnere mich noch deutlich, daß er mich mein Nichtwissen überhaupt nicht spüren ließ, sondern mich geduldig in die Geheimnisse der Farbmeterik einwies. Zu dieser Zeit war ich Vertreter der Firma Canadian Research Institute, die ein Dreibereichs-Farbmessgerät herstellte.

Herr Dr. Hoffmann verfügte über ein Elektroniklabor, das sich wohl mancher Messgerätehersteller wünschte. Die Farbmeßgeräte, die in den sechziger Jahren angeboten wurden, erfüllten nicht die „Hoechst(en)“ Anforderungen an Genauigkeit und Benutzerfreundlichkeit. Die Farbmeterik war ja auch noch Sache weniger Fachleute und die Kalibrierung des berühmten GE Hardy dauerte beispielsweise auch für einen erfahrenen Spezialisten etwa einen ganzen Tag! Fast alle Spektralfotometer waren bald Unikate, weil diverse Änderungen an der Technik vorgenommen wurden. Aus dieser Zeit stammt wohl das Verhalten einiger Farbmeterik-Praktiker, ein neues Meßgerät sofort nach der Lieferung auseinanderzunehmen und den Inhalt mit Erfahrungswerten zu vergleichen.

Auch die Auswertung der Meßwerte war eine eigene Wissenschaft vor der Einführung der Minirechner, also alles arbeitete analog. Die Spektralfotometer besaßen Walzen, auf denen die Spektralkurven geschrieben wurden. Ein Zählwerk für die eingestellte Wellenlänge hatten ja die meisten Geräte, nicht aber ein Zählwerk für den Fotometerwert, das also eingebaut werden mußte.

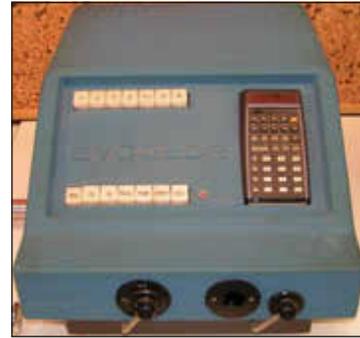
Die ersten Spektralfotometer kamen Ende der 1970er Jahre mit mannshohen Minirechnern von Digital Equipment, Hewlett Packard oder Data General. Daneben einen Lochkarten- oder Lochstreifen-Leser und einen lärmenden 9-Nadel-Drucker. Die Rechner hatten



Dreibereichs-Farbmessgerät des Canadian Research Instituts (CRI), das bunter Mitarbeit des deutschstämmigen Günter Wyczecki entwickelt wurde



Vorstellung des BYCOLOR ca. 1977 bei Byk-Mallinckrodt in Wesel. Von links Dr. Gläser (Hoechst), Dr. Schmidt (Bayer Uerdingen), Prof. Richter (BAM), Dr. Brockes (Bayer Leverkusen), vorn Entwickler Herr Reisser



BYCOLOR mit integriertem HP45, 45°/0° Messgeometrie, Messbereich 400-700 nm, Interferenz-Verlauffilter, entwickelt 1974 von Labotron, Gelting

einen voll ausgebauten Hauptspeicher von höchstens 64 kB, mehr konnte das Betriebssystem nicht verwalten. Diese (Kern-)Speicher hatten dafür den großen Vorteil, daß ihr Inhalt bei Stromausfall nicht verloren ging. Wen wundert es, daß bei der Programmierung mit jedem Bit und jeder Programmzeile gespart wurde. Die Programme mußten einzeln aufgerufen werden und waren schwierig zu bedienen. Heute würde man sie als benutzerunfreundlich bezeichnen.

Die aufwendige und dennoch übersichtliche Technik begeisterte mich als interessierten Laien, so dass ich schon bald ausrangierte Farbmessgeräte in unserem Firmenlager stellte. Dieser Sammlung fehlte natürlich jede Ordnung. Deshalb war ich dankbar, dass mir die FAL Kollegschule, Duisburg einen Raum zur Verfügung stellte. Wegen des Umzugs in ein neues Gebäude im Jahr 2011, musste mir die FAL die Räume kündigen. Jetzt ist die Sammlung Teil des Deutschen Industrielack-Museums Dortmund (ILM).

Der Beginn meiner Farbmessgeräte-Sammlung steht im Zusammenhang mit dem DIN-Ausschuss FNF 24 „Farbtoleranzen in der KFZ-Lackierung“. Hier ist die Geschichte dahinter: Zu dieser Zeit, also 1969/1970 verlangten die Autofahrer bei Karosserieschäden eine Komplettlackierung, weil sie die nach Teillackierung resultierenden Farbunterschiede zum benachbarten Original nicht akzeptierten. Die Versicherer suchten nach für sie günstigeren Lösungen. Prof. Danner im Allianz Zentrum für Technik (AZT) in Ismaning wies mit dem Dreibereichs-Farbmessgerät CRI nach, dass es bereits vor dem Schaden zwischen z. B. der rechten und der linken Fahrzeugseite „xx Prozent Farbdifferenz“ gab. Das hatte natürlich zur Folge, dass es Kritik hagelte, auch in meine Richtung. „Wie können Sie nur solch ein Gerät mit so wenig Information verkaufen?“ Auf Druck des AZT wurde deshalb zur Vereinheitlichung von Messmethode und zur Feststellung tolerierbarer Farbunterschiede der besagte Normenausschuss gegründet.

Farbahnungslos wie ich damals war, hatte ich diese Geräte des Canadian Research Institute vertrieben, die unter Mitarbeit von Dr. Günter Wyczecki entwickelt wurden. Sie kosteten 7.900,- DM, waren recht mobil und für damalige Verhältnisse einfach zu bedienen. Im Messkopf waren hinter einer Glühlampe drei Farbmessfilter für X, Y und Z in einer von Hand drehbaren Platte befestigt. Die Kalibrierung erfolgte dann mit Hilfe von Arbeitsstandards und Potentiometer auf den jeweiligen Farbwert. Der Messkopf wurde dann auf



Adhoc-Sitzung des DIN FNF24 in einem Strandrestaurant an der Cote d'Azur während des FATIPEC-Kongresses 1976, von links: Häger (Herberts), Feichtenbeiner (BMW), Sadowski (Spies Hecker), Mücher (Mercedes), Terstiege (BAM), Zwer-nemann (Glasurit)



Sitzungsthema: Farbmessung an gekrümmten Oberflächen



Ein Bier nach anstrengendem Kongresstag, links: Lier, von recht: Papenroth, Sadowski, Haselmeyer

das Messobjekt gesetzt und der Messwert digital abgelesen. Für kleines Geld konnte man auch einen Glanzmesskopf und Infrarot-Messkopf haben.

1973 verkaufte ich meine kleine Firma, die sich bis dahin fast ausschließlich mit Herstellung und Vertrieb von Lackprüfgeräten beschäftigte, an die damalige BYK-Mallinckrodt GmbH in Wesel. Dort konnte ich meine neu gewonnenen Erfahrungen, auch auf dem Gebiet der Farbmessung erweitern. In Zusammenarbeit mit Günter Stierand und der Firma Labotron wurden schon bald Glanzmessgeräte (Multi-Gloss, Single-Gloss, Mini-Gloss) entwickelt und etwas später das „Spektralfotometer“ Bycolor gebaut. Darin beleuchtet eine Halogenlampe ohne weitere Optik und unter etwa 45° je eine Referenz- und Probenöffnung. Die reflektierte Strahlung gelangt über Glasfaseroptik zu einem langsam rotierenden Interferenz-Verlaufsfiler. Während des Scans durch den sichtbaren Bereich erfolgt eine Analog-Digital-Wandlung der empfangenen Strahlung. Diese Werte werden mit Hilfe eines „angezapften“ HP 45 Taschenrechners und dessen fest verdrahtete Rechenfunktionen (Logarithmentafel, Kubikwurzel) in die Farbwerte L^* , a^* , b^* , ΔE^* umgerechnet.

Leider kam genau in diese Zeit die Entwicklung der Mikroprozessoren, und damit das Aus für dieses interessante Gerät.

Auf dem FATIPEC-Kongress 1976 in Juan-les-Pins habe ich den von Herrn Reisser vorbereiteten Text zum Messprinzip des Bycolor vorgetragen. Es war mein erster Vortrag überhaupt und wahrscheinlich die schönste Tagung meines Berufslebens.



Bild links: Ausschussmitglieder des DIN FNF 24, v.l. Zwernemann, Terstiege, Anselm, Sadowski, Langer, Lutter, Gundlach, Feichtenbeiner ca. 1978 in Münster. Ich glaube, zu Beginn war Professor Manfred Richter Mitarbeiter im DIN-Ausschuss FNF24 (im rechten Bild mit DIN-Geschäftsführer Ekkehard Fritzsche).

An einem Morgen traf sich die deutsche Delegation vor dem Kongressgebäude. Professor Heinz Terstiege meinte, dass an diesem Vormittag keine für uns wichtigen Vorträge im Programm seien. Darum lädt er als Obmann die anwesenden Mitglieder zu einer Adhocsitzung des DIN FNF 24 ein, mit dem Thema „Messfehler in Abhängigkeit von der Oberflächenkrümmung“. Auf der Suche nach geeigneten Räumen – schwierig im Sommer um



Gerhard Pausch (Mitte) und Gerhard Rösler (rechts)



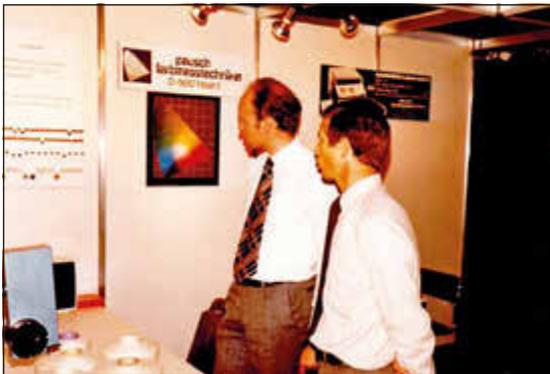
Manfred Richter im Gespräch mit Gerhard Pausch



Czepluch (links)



Terstiege (rechts)



Pelshenke



Harry Hammond mit E. Beyer

9 Uhr an der Côte d'Azur – kamen wir schließlich zum menschenleeren Strand, wo ein beflissener Kellner zwei Tische mit Stühlen anbot. Heinz Terstiege hatte auch schon ein paar Probenbleche parat, an denen er mit Hilfe unterschiedlich dicker Stifte die Krümmung an KFZ-Karosserien demonstrierte.

Mehr und mehr füllte sich der Strand mit Badegästen, ohne dass die Sitzung dadurch gestört wurde. Allerdings meinte Herr Mücher plötzlich: „Herr Häger, bitte heben Sie den Arm. Sie verdecken mir den Blick auf's Thema.“

In den folgenden 1970er und 80er Jahren erweiterte ich mein Fachwissen durch Zuhören und Nachfragen. Außerdem verbrachte ich viele Abend- und Nachtstunden mit Versuch und Irrtum, besonders in der praktischen Anwendung der Theorien von Kubelka-Munk und Saunderson. Meine geschäftlichen Kontakte nutzte ich dabei und fügte mehr oder weniger zufällig weitere Exponate der Sammlung zu.

Dabei halfen mir die Experten, allen voran Herr Dr. Konrad Hoffmann. Wie bereits erwähnt, stellte mir die Friedrich-Albert-Lange Kollegschule in Duisburg einen Raum zur Verfügung, der sonst für Proben der Lehrerband genutzt wurde. Nachdem noch etwas Mobiliar und Beleuchtung beschafft und installiert war, konnte am 30. Januar 1998 die Sammlung in Duisburg zum ersten Mal der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Herr Dr. Hoffmann hat sich mit großem persönlichen Einsatz um die Einrichtung bemüht.



Gerhard Pausch mit Fred Simon



Ausstellung an der Friedrich-Albert-Lange Kollegschule in Duisburg, Dr. Konrad Hoffmann beim Rundgang (im Bild 2. von rechts)

DR. KONRAD HOFFMANN

Bemerkungen zu den in der Friedrich-Albert-Lange Kollegschule ausgestellten Farbmeßgeräten

Transmissionsmeßgeräte

Da wäre zunächst eine Dreiergruppe zu nennen:

1. Ein Eppendorf-Gerät mit Quecksilberlampe und einigen Linienfiltern für Küvetten von 1 - 10 cm Länge. Das Gerät wurde für den Einsatz in der medizinischen Diagnose entwickelt und vermarktet und stammt vermutlich aus den frühen 60er Jahren.
2. Das gleich gilt für das ZEISS Elco2, das auch in vielen Anwendungsbereichen z. B. in der Chemie eingesetzt worden wurde.
3. Das Hitachi Gerät verfügt über einen von 200 - 800 nm reichenden Monochromator und direkte Transmissionsanzeige.

Die größte Verbreitung hatten wegen ihres günstigen Preises die Photometer der Firma Dr. Lange, die hier noch nicht vertreten sind.

Farbmeßgeräte

Zunächst einige Bemerkungen zur Historie: Am Anfang der Entwicklung standen die visuellen Geräte wie das König-Martens (1894) mit spektraler Zerlegung oder das Pulfrich-Stufenphotometer von ZEISS mit mehr oder weniger schmalbandigen Farbfiltern. Da das Auge Intensitäten nicht exakt bewerten aber recht genau feststellen kann, wann zwei aneinandergrenzende Gesichtsfelder gleich hell sind, arbeiteten beide Geräte nach dem Prinzip des optischen Nullabgleiches. Beim König-Martens auf polarisationsoptischem Wege, den wir beim Hardy-Spektralphotometer wiederfinden, und einem empfindlichen visuellen Helligkeitsabgleich nach der Halbschattenmethode. Beim Pulfrich-Stufenphotometer erfolgte der Helligkeitsabgleich mittels einer mechanischen Blende, mit der das Vergleichslicht bis auf das Niveau des Meßlichtes abgedunkelt werden konnte. Bei beiden Geräten diente das Auge als Nullinstrument und an Skalen konnte dann die Transmission oder Reflexion unmittelbar oder nach \tan^2 Umrechnung abgelesen werden.

Nur am Rande sei bemerkt, daß bei den Hoechst Farbwerken die Spektraldaten von Farbstoffen mittels eines solchen König-Martens Gerätes bis in die 50er Jahre bestimmt wurden, was immer eine mühselige und zeitraubende Angelegenheit war.

Photoelektrische 3-Filter-Farbmeßgeräte

In der Entwicklung der Farbmetrik haben sie eine bedeutende Rolle gespielt, solange Spektralgeräte noch nicht vorhanden, unerschwinglich oder in der Handhabung zu umständlich waren. Als ältestes der Sammlung steht hier ein 1949 von mir entwickeltes 3-Filter-Gerät mit elektrischem Nullabgleich und 0/d Geometrie, das für die Belange der Waschmittelindustrie konzipiert war und bis 1957 in mehreren hundert Exemplaren, zuerst von Hoechst und später von Spindler & Hoyer in Göttingen, hergestellt wurde. Der 100 %- Abgleich der 4 Filter erfolgte vorweg mittels zusätzlicher Einstellpotentiometer, was die Bedienung sehr erleichterte.

Anmerkungen von Dr. Konrad Hoffmann zu den ausgestellten Farbmeßgeräten

Auch ein sehr handliches und genaues 3-Filter-Farbmessgerät, der **Colormaster**, stammt aus den Labors der chemischen Industrie (DuPont USA), den ich leider nur als Bild vorstellen kann. Mit 45 Grad-Geometrie geschah die Lichtschwächung mittels einer spiralförmig geschnittenen, drehbaren Scheibe, deren Stellung an einem 4-stelligen Zählwerk abzulesen war. Für den Filtervorausgleich waren 3 Potentiometer vorgesehen, so daß, nicht wie beim Elrepho, bei jedem Filterwechsel eine mühselige und zeitraubende Neukalibrierung erforderlich war. Der Colormaster war in Hoechst (15 Stück) und bei der ICI (30 Stück) das Kopfgerät, mit dem in Außenstellen die Farbwerte von Kundenmustern aufgenommen und dann im Werk die Färberezepte errechnet wurden.

Etwas komfortabler, allerdings auch aufwendiger, war das von der Pittsburg Plate Glas Camp. ebenfalls um 1955 konzipierte **Color Eye**, ein Kugelphotometer mit optischem Nullabgleich, XYZ und ca. 15 Spektralfiltern. In Deutschland war das Color Eye wohl wegen seines höheren Preises und seiner d/40 Grad Geometrie nicht so häufig anzutreffen. Ich erinnere mich noch an eine Arbeit von Rosenloef (Finnland), der die gute Übereinstimmung bei 3 Geräten konstatiert hatte, und die ich für die Zeitschrift Farbe und Lack überarbeitet habe (1977).

Ein weiteres 3-Filter-Farbmessgerät stammte von der Firma Gardner, von dem hier allerdings nur die servogesteuerte Auswerteeinheit vorhanden ist. Desweiteren findet sich hier das ZEISS **Elrepho**, das von 1953 bis 1975 in mehreren tausend Exemplaren hergestellt wurde. Es arbeitete mit d/0 Geometrie und optischem Nullabgleich und war, zusätzlich zu den breitbandigen X-, Y- und Z-Filtern, mit 7 engbandigen Spektralfiltern ausgestattet. Die Handhabung war reichlich kompliziert, weil bei Filterwechsel jeweils neu geeicht werden mußte, und die Ablesung und Interpolation der Meßwerte an der seitlich herausgeführten Analogskala sehr anstrengend war. Ich habe in meinem Labor nie ein Elrepho gehabt, in der Papierindustrie war es jedoch sehr verbreitet.

Eine allgemeine Bemerkung zu den 3 Filtergeräten: Alle Hersteller betonen, daß ihre Filter exakt den Augenempfindlichkeiten nachgebildet sind, was auch bei ZEISS nur ein frommer Wunsch war. Im eigenen Labor wurden die Ansprechempfindlichkeiten der diversen Colormaster mit Hilfe von Kantenfiltern ermittelt, gespeichert und bei der Rezeptrechnung entsprechend berücksichtigt, was zu recht annehmbaren Ergebnissen führte. Auch die ICI war ähnlich vorgegangen.

Spektralreflexionsphotometer

Da wäre zunächst das von Professor **Hardy** (MIT) konstruierte Spektralphotometer zu nennen, mit dem es erstmalig möglich war, Transmissions- und Reflexionsspektren innerhalb einer Minute vollautomatisch aufzunehmen, in Kurvenform wiederzugeben oder die einzelnen Meßwerte an einem 3-stelligen Zählwerk abzulesen. Die optische Auslegung war eine Weiterentwicklung vom König-Martens, das Gerät enthielt aber eine Vielzahl fortschrittlicher, konstruktiver Details und war ein Meisterstück der Feinmechanik und Regelungstechnik. Überdies gab es als Zubehör einen Librascope Analogrechner, später einen Digitalrechner von Davidson & Hemmendinger, mit dem Normfarbwerte auf Bruchteile einer DE-Einheit genau abgelesen werden konnten. Es wurde von 1930 bis ca. 1975 von der General Electric, später von DIANO hergestellt, teilweise mit einer Auflage von 2 Exemplaren pro Monat.

Das „Hardy“ hat einen enormen Einfluß auf die Entwicklung der Farbmeterik und ihrer praktischen Anwendung in den USA ausgeübt und war in allen größeren Unternehmen der farbgebenden Industrie vertreten, zum Teil mit Anbauten zur automatischen Datenerfassung auf Druckern, Lochstreifen oder Lochkarten.

Ab etwa 1957 erschienen dann Reflexionsspektrophotometer verschiedener Hersteller am Markt. Erwähnt sei hier das besonders fortschrittliche **Beckman DK2** mit d/0 Kugelgeometrie und elektrischem Nullabgleich über Potentiometer, Recorder und nahezu konstanter 100%-Linie.

Das hier gezeigte **Leres Trilac** Spektralphotometer hatte ab Mitte der 60er Jahre ebenfalls mit Ulbrichtkugel und Glanzfalle eine gewisse Bedeutung erlangt. Der Strahlengang war ungemein kompliziert und zum Abgleich der 100%-Linie war deshalb auch eine Batterie von ca. 30 Einstellpoti's erforderlich, die regelmäßig nachjustiert werden mußten.

Um 1960 erschienen die **Spectronics** von Bausch und Lomb am Markt, ebenfalls Kugelgeräte mit Glanzfalle und elektrischem Nullabgleich, die verhältnismäßig preiswert waren und eine größere Verbreitung erlangten. Die optische Auslegung der Strahlenteilung war allerdings ziemlich unglücklich konzipiert. Sie erforderte ebenfalls einen Spektralabgleich der 100%-Linie mittels einer mechanischen Ausgleichsscheibe mit einer größeren Anzahl von Einstellschrauben, die immer wieder nachgestellt werden mußten.

Bei dem hier vorgestellten B & L **Spectronic 505** handelt es sich um eine Modifikation durch den Verfasser, mit neuem, völlig symmetrischen Zweistrahlansatz und demzufolge konstanter 100%-Linie. Wegen der hohen Lichtstärke des Zweigittermonochromators ist auch die Leistungsfähigkeit entsprechend gut, so daß auch mit 0,5 nm Bandbreite weitgehend rauschfreie Spektren geschrieben bzw. digital ausgegeben werden konnten.

Von ZEISS wurden ab Mitte der 60er Jahre das Filterspektrometer **RFC3** mit 20 bis 30 Interferenzfiltern gebaut. In den ersten Jahren erfolgte der 100%-Abgleich mittels einstellbarer Blenden hinter jedem Filter; später, wie bei dem hier ausgestellten Exemplar, über einen angeschlossenen DEC POP 8 oder POP 11 Rechner. Anfang der 70er Jahre brachte ZEISS dann das **DMC 25**, ein Reflexionsspektrometer mit Prismenmonochromator sowie Kugel- bzw. 45 Grad-Ansatz auf den Markt. Dieses wurde ebenfalls durch einen DEC PDP 8/11 Rechner gesteuert, der auch für den Abgleich der 100%-Linie sorgte. Ein gewisser Nachteil war, daß wegen des nicht sehr lichtstarken Prismenmonochromators nur eine relativ kleine Ulbrichtkugel verwendet werden konnte.

Ab etwa 1977 stellte dann ZEISS mit dem **DMC 26** auf Gittermonochromatoren um, die auch noch einige technische Verbesserungen aufwiesen. In dieser Zeit kamen dann aus den USA kleinere und von handlicheren Rechnern gesteuerte Farbspektrometer nach Europa.

Großgeräte, die so viel Platz und Bedienungsaufwand erforderten, waren nun nicht mehr gefragt. Sie können diese hier in der Ausstellung jedoch bewundern.

Anschrift des Autors:
Dr. Konrad Hoffmann
Peter-Bied-Str. 49
65929 Frankfurt-Hoechst

Es war seine Art, auch mal deutlich zu sagen, wenn ihm etwas nicht passte. So musste ich auch mal Kritik an meiner Arbeitsweise einstecken. Man beachte: „Sehr geehrter ...“, meistens war ich „lieb“.

Sehr geehrter Herr Pausch!

Bei Ihnen muss man schon Glueck haben, wenn irgend etwas passiert. Meinen alten Weissgradmesser haben Sie immerhin in die Lange Ausstellung gebracht aber ein Bild vom Colormaster habe ich vergeblich gesucht. Dabei hatte ich Ihnen doch extra den BAYER-Bericht mit dem schoenen Colormasterbild zugesandt.

Was meinen Bausch & Lomb angeht so muessten am Schreiberpoti an den Eingaengen 0 und ca. 6 Volt und am Abgriff variable 0 - 6 Volt je nach Reflexion anliegen. Entweder ist die Referenzspannung nicht da (an der Digitallisierungsplatine ist sie jedenfalls vorhanden) oder das Poti macht keinen Kontakt. Das muesste doch leicht festzustellen sein. Die Ausstellung waere doch erst dann interessant wenn man mit den Geraeten auch arbeiten kann. Wenn der B&L nur so rumsteht wuerde ich ihn gegen einen austauschen der bei mir auch nur so rumsteht und nicht funktioniert.

Auch den Hardy muesste man in die Reihe bringen was nicht allzu-schwierig sein duerfte. Der 125 Volt Trafo ist jedenfalls noch vorhanden. Die Innereien sind nur furchtbar vergammelt es ist eine Schande, dass die Uerdinger sich nicht mehr um den Hardy gekuemmert haben. Ich habe ihn noch bei meinem letzten Besuch in Funktion gesehen und er wurde sehr liebevoll behandelt.

An den Zeissgeraeten bin ich weniger interessiert. Waehrend Hardy und Bausch & Lomb einfach eingeschaltet werden koennen, braucht man beim Zeiss erst einen Computer Lehrgang bis man sie in Gang kriegt. Vielleicht kann Herr xxxxxxxx sich darum kuemmern und uns in die Geheimnisse einweihen.

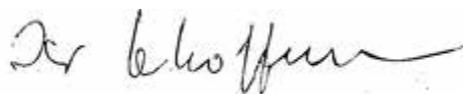
Da lobe ich mir meinen alten Weissgradmesser. Auch ihn braucht man nur einzuschalten, vorausgesetzt der Stecker ist dran und die Stromversorgung.

Apropos xxxxxxxx. Soviel ich weiss war er bei dem xxxxxxxxxxxxxxxx Ableger xxxxxxxx der aber, wie ich von meinen Hoechster Kollegen hoerte ziemlich pleite ist. Hoffentlich hat er eine solide Altersversorgung. xxxxxxxx sollte fuer Hoechst - jetzt xxxxxxxx - seit Jahren eigene Fortran Programme auf Windows 95 umstellen aber das funktioniert bis heute nach nicht richtig.

Haben Sie etwas Farbmatrik Literatur fuer Herrn Peters. Wir sollten schauen dass er Geschmack daran findet, er ist schliesslich der Einzige der die Ausstellung am Laufen halten kann. Der Bayer Bericht, auch wenn er in Spanisch geschrieben ist, ist auf alle Faelle mit seinen Abbildungen und Diagrammen sehr interessant. Ich habe auch einiges was ich ihm zusenden werde, aber einfach verstaendliche Buecher habe ich schon weiter verschenkt.

Soviel fuer heute. Beiliegend meine Rechnung fuer die Fahrtkosten. Diesmal bin ich allerdings nicht auf meine Kosten gekommen da man mir einen Rueckspiegel demoliert hatte als mein Auto am Bahnhof gestanden hatte.

Mit besten Gruessen!



Anmerkungen von Dr. Konrad Hoffmann zu den ausgestellten Farbmeßgeräten

Aber nur so konnte die Sammlung Gestalt annehmen.

Lieber Herr Pausch!

Um die Ausstellung interessant zu gestalten muessten schon einige Instrumente funktionsfaehig sein. Es hat mich und andere immer wieder fasziniert wenn die Apparate von einer Farbvorlage das zugehoerige Spektrum Wellenlaenge fuer Wellenlaenge geschrieben haben. Vor allem muesste es eine Sensation sein, wenn man den guten alten Hardy wieder in die Reihe bringen koennte. Mit einem Schuss Oel muesste das schon moeglich sein. Natuerlich sollte auch mein Bausch & Lomb wieder Kurven schreiben. Ihn allerdings an einen Computer anzuschliessen und diesen mit der noetigen Software auszustatten wuerde uns im Moment wohl ueberfordern. Auch das Elrepho muesste doch auch zum Laufen zu bringen sein.

Wegen des Hardy's sollten Sie sich wie schon erwaeht doch mal mit Uerdingen in Verbindung setzen. Die muessten doch ein Interesse daran haben, dass das von Ihnen gestiftete Geraet auch funktioniert.

Als Einfuehrung koennte der kleine Aufsatz dienen, den ich fuer die DfwG-Mitteilungen geschrieben habe. Ansonsten habe ich noch die Original Instructions von GE zur Verfuegung.

Ein funktionierender Colormaster sollte auch bei der Sammlung sein. Er ist so bequem zu handhaben im Gegensatz zum Zeiss Elrepho. Die ICI (Haxagon House Manchester) koennte vielleicht weiterhelfen. Sie hatte seinerzeit eine grossere Anzahl Colormaster in Betrieb.

In Hoechst sind, so viel mir bekannt, keine mehr vorhanden.

Es waere sicher interessant wenn man dann an Hand von Farbmustern Eichfaerbungen oder Farbkarten (Ral) die zugehoerigen Spektren aufnehmen und diskutieren koennte. Das waere moeglicherweise auch fuer Textilschulen, Coloristen und Praktiker etc. interessant. Man sollte nicht gleich dar BAM oder Hohenstein Konkurrenz machen aber nachdenken koennte man schon darueber.

Ich wuerde mir auch die Muehe machen noch mal nach Duisburg zu fahren und nachschauen welche Geraete man mit welchem Aufwand in die Reihe bringen koennte.

Dann sollte man in den einschlaegigen Zeitschriften kleinere Aufsae-tze (waere auch eine gute Reklame fuer Sie) ueber die Sammlung und moegliche Demonstrationen bringen.

Sie haben natuerlich recht. Es gehoert eine Menge Aufwand dazu die Sammlung publikumswirksam herzurichten (inclusive Dokumentationen zu den einzelnene Geraeten) und das wird an Ihnen haengenbleiben. Ich wuerde Sie gern unterstuetzen aber meine Moeglichkeiten sind sehr begrenzt, auch kann ich meiner Frau wegen nicht tagelang unterwegs sein. Noch eine Frage. Ich unterhielt mich da mit einer charmanten jungen Dame die Redakteurin bei einer Fachzeitschrift in der Naeh von FFM war und der ich einige einschlaegige historische Abhandlungen schreiben sollte. Leider habe ich ihre Karte verloren. Wissen Sie wer das gewesen sein koennte? Vielleicht ruft sie auch mal bei mir an.

Bemerkung zum letzten Absatz: Ich denke, das war Elvira Moeller, die seinerzeit die Deutsche Farbenzeitschrift herausgegeben hat.

Liste der Sammlung und Fotos besonders wichtiger Exponate

Bausch & Lomb Spectronic 505
Byk-Mallinckrodt Bycolor (verliehen nach Dresden)
Byk-Gardner Spectrogard, TCM, TCS, color-view
Diano MatchScan I, MatchMate
Eppendorf Photometer
Gardner XL-10, XL-20, PG-5500, Spectrogard
General Electric Hardy (verschollen in Duisburg)
Hitachi
Hunterlab D 47, D 54
Kollmorgen Color-Eye D1
Leres Trilac
Nippon Denshoku Unitone
Photomarker PM 400
Spindler & Hoyer Hoffmann-Konstruktion
Zeiss 3 Elrepho (1 verliehen nach Dresden), DFC 5
PMQ 2, Elco 2, RFC 3, DMC 25, DMC 26



Eines der ältesten Zeiss Elrepho



Zeiss RFC 3



Zeiss PMQ 2



Lères Trilac



Gardner Photometric Unit PG 5500 ...



... mit XL 20 und XL 10

Die neueste Errungenschaft der Sammlung ist eine Spende der Lackfabrik Wörwag, Stuttgart. Ein MatchMate Farbbrezeptiersystem von Diano, bestehend aus Spectrophotometer MatchScan und einem Minicomputer LSI 11 von Digital Equipment mit zwei 8 inch Disketten-Laufwerken und 512 KB Kernspeicher. Das MatchScan war direkter Nachfolger des Hardy Spectrophotometers. Dieses diente als Vorbild, allerdings wurden neue elektronische und optische Bauelemente in die Konstruktion einbezogen. Als Strahlteiler verwendete man statt des Wollaston-Prismas einen Spiegel, der in die drei Messpositionen geschwenkt wurde: Weißreferenz – Objekt – Schwarzreferenz. Das Umschwenken des Spiegels erfolgte auf der Achse eines Motors mit angelegter Spannung $-5\text{ V} / 0\text{ V} / +5\text{ V}$. Wegen der recht großen Entfernung des Objekts von der Lampe war das Streulicht sehr gering. Das plane Beugungsgitter war mit $20 \times 20\text{ mm}$ Kantenlänge dagegen klein.



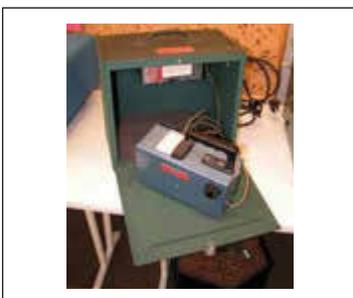
Hunter D 47



Nihon Denshoku Unitone



S&H Photometer



Glanzmessung ist zwar keine Farbmetrik, aber Reflektometer gehören doch zur Sammlung

Zur Zeit sind die meisten Exponate in einem Container zwischengelagert. (Hier abgebildet: Spectrogard und Zeiss Elrepho). Vielleicht dienen diese Zeilen dazu, ihnen einen würdigeren Rahmen zu geben. Dennoch freuen sich die Mitglieder des Deutschen Industrielack-Museums (ILM) über Besucher, die sich jedoch vorher anmelden sollten.

Ich danke allen, die mir den farbigen Weg zur „Erleuchtung“ gewiesen haben.

MatchScan ca. 1984 im
Restaurierungs-Zentrum
Düsseldorf mit Frau Dr. Schinzel



Spectrogard



Zeiss Elrepho,
Hunter D 54



Nicht nur die Gründer des ILM, Thomas Grüner und Volker Bach, freuen sich auf Besucher in ihren Räumen, die neben Farbmatrik interessante Exponate zu bieten haben.

Effektpigmente, ihre Farbmessung und meine Begleitung

WERNER RUDOLF CRAMER

Fast könnte ich behaupten, dass mein Lebenslauf mit dem der Interferenzpigmente und deren Farbmessung kongruent ist. Im Jahr 1969 – ich begann mit meinem Chemiestudium – schloss DuPont mit der deutschen Firma Merck und der amerikanischen Firma Mearl einen Cross-Licensing-Vertrag über die Übernahme des Patentes zur Herstellung von Interferenzpigmenten. Beide Firmen begannen dann mit Produktion von Interferenzpigmenten auf der Basis von Mica-Plättchen, die mit Titandioxid beschichtet sind.

Ich hatte mich sehr stark für die Photographie interessiert und fand einen Weg, um große Abzüge direkt vom Dia ohne Zwischennegativ herzustellen. Die Entwicklung von Diafilmen war für mich bei den ersten drei Filmen etwas frustrierend, sie waren grünlich. Es fehlte in meinem Entwickleransatz Hydrochinon, was ich schnell feststellte und in die Rezeptur einarbeitete. Mit den Diafilmen begann auch für mich die „Spielerei“ der Pseudosolarisation in Farbe. Dafür entwickelte ich Filmplättchen in einer Schale und beleuchtete diese kurzzeitig mit farbigem Licht. Die Ergebnisse dieser Spielereien zeigte ich auf vielen eigenen Ausstellungen in ganz Europa.

Nach meinem Vordiplom wurde ich von Karl Zwernemann, dem damaligen Leiter der Farbmetrik der BASF Lacke und Farben AG (heute BASF Coatings GmbH) gefragt, Messungen nach Feierabend zu machen. Er hatte eine Telefonstandleitung zwischen dem Messgerät Zeiss DMC 25 und dem Rechner von IBM in Düsseldorf rund um die Uhr gemietet. Wir waren acht Studenten, die zuerst von den Mitarbeiterinnen im Labor „eingenordet“ wurden: Wir sollten bloß nicht mehr Messungen als sie machen. Aus dem Labortagebuch entnahmen wir die Durchschnittszahl der Messungen an einem Tag. Da wir nur vier Stunden arbeiteten, halbierten wir diese Zahl. Und diese Messungen schafften wir wiederum in der halben Zeit. Und so hatten wir Zeit, nachts im Werk die verschiedenen Bereiche – die Produktion lief ja auch nachts – kennenzulernen. Im Prüflabor für Autoserienlacke lernte ich den Leiter kennen, der genauso fotobegeistert war wie ich. Wir haben oft unsere Erfahrungen ausgetauscht. Einmal sah ich in der Halle, wo die Lackier- und Trockenkabinen untergebracht waren, 10 – 12 Motorhauben vom Käfer, die mit Interferenzpigmenten lackiert waren. Diese haben ich übers Wochenende ausgeliehen und Fotos auf einem frisch umgepflügten Acker mit diesen Hauben gemacht. Er hatte mir auch Holzkugeln mit Interferenzpigmenten und Tagesleuchtpigmenten lackiert, die ich noch heute besitze. Besonders stolz bin ich auf eine grüne Kugel, die mit dem ersten Autolack mit rotem Interferenzpigment lackiert ist.

Neue Lacke und Lackierverfahren

Ende der 70er Jahre gab es zwei bedeutende Entscheidungen, die die weiteren Entwicklungen der Autofarben und -lacke beeinflussten. Zum einen verzichtete die Autolack- und Autoindustrie aus Arbeits- und Umweltschutzgründen auf den Einsatz schwermetallhalti-



Ineingestapelte Türme in allen Farbkombinationen. Jeder Tonne wurde einzeln grundiert, gefüllt und lackiert.



Lackierte Holzkugeln- hier mit roter Tagesleuchtfarbe – sind tolle Fotoobjekte.



Ein Teil meiner 22 Motorhauben für meinen weißen Golf.



Erst kunterbunt gespritzt, dann abgeklebt und mit dreieckigen Folien abgeklebt und komplett mit Schwarz lackiert!

ger Pigmente. Damit wurde die Welt der Autofarben unbunter. Für gelbe, orangefarbene, rote und auch grüne Pigmente mussten Ersatzpigmente gefunden und eingesetzt werden. Hatten noch 1978 gelbe und grüne Fahrzeuge einen Anteil von 17.1% beziehungsweise 19.1% bei den Neuzulassungen, so sanken diese Werte auf 2.8% beziehungsweise 3.8% zehn Jahre später. Gleichzeitig stieg das Interesse an Effektlackierungen, zunächst mit Aluminiumpigmenten, ab 1985 auch mit Interferenzpigmenten.

Begünstigt wurde der Einsatz der Effektpigmente durch eine lacktechnische Änderung: Lackiert wurden die Karossen am Band mit 2-Komponenten-Lacken, d.h. einem Lack wird Härter zugegeben und dann aufgespritzt. Dieser Lack enthielt auch die entsprechenden Pigmente, die dem Auto ihre Farbe gaben. Mitte der 70er Jahre begann die Autoindustrie, ein neues Verfahren einzuführen. Während bei den 2-Komponenten-Lacken „Schutz und Schönheit“ in einer Lackschicht kombiniert waren, trennte man diese beim 2-Schicht-Verfahren. Zunächst wird ein Basislack, der die Pigmente enthält, vorgespitzt. Nach seiner physikalischen Trocknung durch Verdunsten wird der Basislack mit Klarlack als 2-Komponenten-Lack versiegelt und so gegen mechanische und chemische Einflüsse geschützt.

Während bei 2-Komponenten-Lacksystemen die Fließrichtung der Effektpigmente deutlich wird, gibt es bei der 2-Schicht-Lackierung keine bevorzugte Fließrichtung. So ist die Lackierung einer Karosse und auch deren Reparatur deutlich einfacher.

Die Frage nach der Notwendigkeit von Farbmessungen ergibt sich auch aus den Grundlagen der Autolacke: Im Gegensatz zu anderen Branchen werden hier meistens zwischen 5 bis 7 Mischlacke oder -pasten mit entsprechenden Pigmenten zur gewünschten Farbe zusammengesetzt. Als Prämisse gilt auch, dass dem Autohersteller egal ist, wie der Lacklieferant – meistens sind es mindestens zwei – die Farbe nachstellt. Es ist also egal, ob ein Grün mit einem grünen Pigment oder einer Mischung eines gelben und blauen Pigmentes nuanciert wird. Um dieses Zusammenspiel der Pigmente zu verstehen und im Griff zu haben, bedarf es außergewöhnliche Kenntnisse und auch der Hilfe durch ein Farbmessgerät.

Motorhauben und Golfs

Ich hatte zu der Zeit gute Kontakte zu VW und bekam immer wieder Motorhauben aus Wolfsburg. Man hatte an ihnen nach der Lackierung Gitterschnitttest gemacht und danach ausgebaut, um mit einer neuen Motorhaube die Karosse noch einmal zu lackieren. Diese Motorhauben habe ich verschieden gestaltet und lackiert. Bevor mein weißer Golf mit Interferenzpigment-Lacken umlackiert wurde, hatte ich 22 Motorhauben im Keller aufgereiht stehen und wechselte jedes Wochenende die Haube.

Es war ziemlich gewagt, den weißen Golf komplett auseinanderzubauen und neu zu lackieren. Alle Interferenzfarben wurden als Basislacke auf farbgleiche Füller aufgespritzt, anschließend wurden diese mit Klarlack versiegelt. Die Füller wurden speziell mit den gleichen absorbierenden Pigmenten angesetzt. Da zwischen der Grundschicht mit weißem Interferenzpigment und den Farbstreifen ein deutlicher Höhenunterschied bestand, haben wir den Golf achtmal mit Klarlack lackiert, wobei immer ein Zwischenschliff erfolgte. Insgesamt hatte der Golf eine Schichtdicke von 1000µm (normal sind etwa 70µm).

Die Arbeit hatte sich jedenfalls gelohnt: Der Golf war auf vielen Ausstellungen in Europa unterwegs. Ich hatte einen zweiten Golf gekauft, der direkt zum Lackierer ging. Die Gestaltung war ähnlich und die Umsetzung dauerte auch fast 3 Monate. Mit diesem Golf habe ich den damaligen stellvertretenden Pressesprecher bei VW besucht. Ich erinnere mich, dass wir vor dem Golf auf dem bekannten Parkplatz vor dem Vorstandsgebäude standen und er meinte, dass ich den Wagen dort lassen müsse und ich mir jeden anderen auf dem Parkplatz aussuchen könne. Ich habe ihm aber klargemacht, dass der Golf für weitere Ausstellungen verplant sei. Von da an begannen meine vielen Arbeiten mit Farben und Pigmenten für VW. Ich kaufte einen dritten weißen Golf, der wiederum komplett in Interferenzfarben umlackiert wurde.

Ich lernte Konradin Sydow kennen, der weltweit zuständig für Lacke und Lackierung war. Wir haben uns oft in Wolfsburg oder sonst wo getroffen. Eines Tages fragte mich Konradin, ob ich nicht Ideen für neue Interferenzfarben im VW-Programm hätte. VW hatte Mischlacke von einem bekannten Hersteller von Autoreparaturlacken. Zusätzlich bot VW Designlacke an, die jeweils ein Interferenzpigment enthielt. Ich hatte Konradin einige Vorschläge zur Optimierung – auch neue Interferenzpigmente – zusammengestellt. Nach Wochen zeigte er mir ein Antwortschreiben des Mutterkonzerns, in dem die Verwunderung über so viel Wissen über Interferenzpigmente bei einem Autohersteller ausgedrückt wurde!

Der stellvertretende Pressesprecher von VW wurde Pressesprecher von MAN. Er hat mich mitgenommen, weshalb ich von da an auch LKWs gestaltete.

Hin zur Wissenschaft und Technik

Nach vielen Jahren mit tollen Arbeiten habe ich Ende der 80er Jahre beschlossen, wieder in den wissenschaftlich-technischen Bereich einzusteigen. Einerseits wurde ich von Merck engagiert, neue Entwicklungen im Interferenzbereich zu begleiten. Damit gekoppelt waren viele Versuche, die ich komplett unabhängig und selbständig machen konnte. Meine Kreativität konnte ich also fortsetzen. Interferenzpigmente reagieren wie Licht untereinander, sie mischen sich additiv miteinander. Aus meiner Photozeit kannte ich additive Farbmischungen, weshalb ich sofort mit diesen Mischeigenschaften umgehen konnte.

Zu der Zeit entwickelten die Hersteller von Interferenzpigmenten neue Typen als Kombinationspigmente mit einer Titandioxid- und Eisenoxidschicht, die in goldenen und gelbgoldenen Pigmenten resultierten. Da bot sich für mich die Gelegenheit, ein Gold zu entwickeln. Bisherige Versuche scheiterten daran, dass als Basis Aluminiumpigmente eingesetzt wurden. Diese sind von Natur aus grau und können längs nicht den Goldcharakter bringen, den man mit Interferenzpigmenten herstellen kann. Durch eine geschickte Mischung mit Interferenzpigmenten habe ich das „aurum magicum“ entwickelt. Die Lizenz zur Herstellung habe ich an einen großen Farbhersteller verkauft, der den entsprechenden Lack in goldenen Dosen verkaufte. In dessen Pressemitteilung stand, dass „die Alchemisten seit Jahrhunderten versucht haben aus Quecksilber und Kupfer Gold herzustellen, aber Werner Rudolf Cramer ist es aus Steinen und Erden geglückt!“. Steine sind die Glimmerplättchen als Trägermaterial für die Interferenzpigmente und mit Erden wurden früher Metalloxide bezeichnet.

Farbmessung

Was da noch fehlte, war ein Farbmessgerät, mit dem die Effekte ausreichend gemessen werden konnten. Dass Effektpigmente durch eine Kombination verschiedener Messgeometrien – Beleuchtung und Beobachtung – beschrieben werden sollten, war eine neue Idee. Bislang hatten die Geräte nur eine Geometrie oder eine Kugel.

Ende der 80er Jahre kam ich in Kontakt mit Zeiss, die ein neues Mehrwinkelgerät bauen wollten. Ich habe mein gesamtes Wissen über Interferenzpigmente eingebracht. Teile der Software stammen von mir und insbesondere das Dateiformat, das ich nach Gesichtspunkten von Datenprogrammen festgelegt hatte. Noch heute lassen sich die Messdateien mit nahezu allen Programmen öffnen.

Das Zeiss-Gerät GK311/M – entwickelt unter der Leitung von Hans Gerlinger – halte ich auch heute noch für das beste Gerät zur Messung von Interferenzpigmenten: Auf einer Halbschiene lassen sich der Beleuchtungs- und der Messkopf in 5°-Schritten unabhängig voneinander bewegen. Gesteuert über die Software lassen sich mehr als 250 Geometrien anfahren. Ich habe dieses Gerät innig geliebt und viele Jahre benutzt. Wenn ich richtig gezählt habe, sind es mehrere Millionen Messwerte, die auf meiner Festplatte abgespeichert sind.

Leider wurde das Gerät nur in einer geringen Stückzahl gebaut. Nach der Wiedervereinigung von Zeiss Ost und Zeiss West wurde die Abteilung für Farbmessungen aufgelöst.

Vorher war bei Zeiss ein Gerät ähnlich einem Brausekopf entwickelt worden, das unter



Ein Golf oder doch nicht? Ein Plastikauto erscheint mit Farben und Farbstreifen wie echt. Die Schattenkanten hatte ich mit einer Airbrush-Pistole lackiert. Wo der Rücksitz war, hatte der Golf einen 6-Zylinder-Außenbordmotor.



Eine Anregung von Piet Mondrian auf einem BMW M1 umgesetzt.



Tages- und Nachleuchtpigmente haben ihre eigene Faszination. Die linke Haube mit Nachleuchtpigmenten hing lange als Attraktion im Deutschen Museum in München.



45° ein Musterblech beleuchtete und bei 25°, 45° und 75° vom Glanzwinkel gemessen hat. Parallel wurde bei DuPont ein Gerät entwickelt, welches unter 45° beleuchtete und 15°, 45° und 110° vom Glanzwinkel gemessen hatte. Die Idee zu diesem Gerät stammte von Alan Rodrigues, der es DuPontmac nannte (mac = MultiAngleColor). Er hatte Blechdosen mit silbernem Lack lackieren lassen und hiermit die notwendigen Geometrien visuell bestimmt.

Man muss sich auch gegenwärtigen, dass es bis dahin kein Mehrwinkelgerät gab und man bezüglich Messgeometrien keine Informationen und Erfahrungen hatte. Dann stellte X-Rite im Jahr 1995 mit dem MA68 das erste tragbare Mehrwinkelgerät vor. Dieses Gerät beleuchtete bei 45° und besaß 5 Messgeometrien bei 15°, 25°, 45°, 75 und 110° vom Glanzwinkel – also eine Kombination der beiden Ideen von Zeiss und DuPont. Es gab zwei Varianten, nämlich das MA58 für DuPont mit deren drei Geometrien und eines mit 105° anstelle von 110° für PPG, um den Gebrauchsmusterschutz des 110°-Winkels von DuPont zu umgehen!

Die Einführung dieses Gerätes – portabel und mehrwinklig – führte zum Durchbruch der Farbmetrik in der Lack- und Autoindustrie. Auch im Autoreparaturlackbereich wollte man damit den Autolackierern einreden, dass nun alle Farbprobleme gelöst seien. Ich hatte damals für eine Fachzeitschrift Versuche mit allen Lackherstellern durchgeführt, bei



Ergebnisse der ersten Experimente mit verschiedenen Schichtdicken von Titandioxid auf Glimmer.



Der erste Autolack mit einem roten Interferenzpigment.



Umlackierung des weißen Golfs: Anschleifen, weißer Füller, weißer Perleffektlack, 2x Klarlack. Farbstreifen: Vorlackierung von farbig abgetönten Füllern, abgetönten Perleffektlack, dann insgesamt 8x Klarlack mit Zwischenschliff. Die Nachfrage nach Ausstellung des ersten Golfs war riesig, deswegen folgten noch zwei weitere Golfs.

denen sie von mir vorgelegte Lackbleche messen und rezeptieren sollten. Die Abweichungen vom Originalmuster waren nicht dramatisch, aber doch vorhanden.

Neue Geometrien

Ich habe erstmals 1992 Messungen auf der Seite des Glanzwinkels veröffentlicht, die der Seite der Beleuchtung gegenüber liegt, was bei den heutigen Geräten selbstverständlich ist. Ende 1999 habe ich mit amerikanischen Kollegen in Santa Rosa in Kalifornien zusammengesessen und die Idee für einen Unterschuss des ASTM entwickelt (ASTM = American Standardization and Testing of Materials, heute ASTM International). In diesem Unterschuss sollte über Geometrien für die Messung von Interferenzpigmenten diskutiert und beschlossen werden.

Von da an war ich regelmäßig bei den Sitzungen des ASTM in den USA und habe jedes Mal Vorträge über die Messung von Interferenzpigmenten und die notwendigen Geometrien gehalten. Ab 2004 kam ich ins Entwicklungsteam von X-Rite. Während die technischen Entwicklungen für das MA98 in Grand Rapids liefen, kümmerte ich mich in meinem Atelier in Münster um die farbtechnischen Aspekte. Hierfür baute X-Rite zwei Prototypen jeweils



Das erste tragbare Mehrwinkelgerät MA-68 mit kinderleichter Bedienung.



Das BYK-mac mit zusätzlicher Messung bei -15° vom Glanzwinkel.



Das X-Rite MA98 mit zweiter Beleuchtung bei 15° und zusätzlichen -15° -Winkeln vom Glanzwinkel. Und Messgeometrien außerhalb der Ebene von Beleuchtung und Normaler. Heute bietet X-Rite das Nachfolgemodell MA-T12 an.



Das Datacolor MultiFX10 besaß einen beweglichen Schlitten mit fixierten Geometrien bei drei Beleuchtungen.

aus zwei MA68, die mit seriellen Anschlüssen an einen PC angeschlossen wurden. Meinen Prototyp besitze ich immer noch. Gekoppelt mit den Versuchen bei mir waren auch viele Besuche in Grand Rapids – im Winter mit hohem Schnee und im Sommer mit Angeln auf dem Lake Michigan.

Im Jahr 2008 wurden von der ASTM die Standards zur Messung von Interferenzpigmenten unter E 2539 veröffentlicht. Danach sollte eine zweite Beleuchtung sowie der -15° -Differenzwinkel vom Glanz für beide Beleuchtungswinkel 45° und 15° eingeführt werden.

Im Jahr 2008 veröffentlichte BYK Gardner das BYKmac mit nur einer Beleuchtung bei 45° und dem zusätzlichen Messwinkel bei -15° vom Glanzwinkel. Neu eingeführt wurde von BYK auch die Berechnung des Sparkle-Wertes. Dieser bezog sich speziell auf das im Jahr 2000 eingeführte, weiße Xirallic-Pigment von Merck. Das Wissen war und ist bei den Autohersteller ziemlich gering, weswegen sie messtechnisch ein „normales“ Interferenzpigment von einem weißen Xirallic-Pigment nicht unterscheiden konnte. Die Firmen Merck, Akzo, Eckart, BMW und BYK schlossen sich zu einer Versuchsgemeinschaft zusammen. Besonders Merck war aufgrund der Bedingungen der Autohersteller BMW und Audi an adäquaten Ergebnissen interessiert. Von BYK wurde ein Algorithmus entwickelt, der bis

heute nicht veröffentlicht ist. Akzo hat sich zur Entwicklung eines eigenen Algorithmus aus dem Projekt verabschiedet, später verabschiedete sich auch Merck aus dieser Gruppe, als der Effektpigmenthersteller Eckart von Altana aufgekauft wurde. Zu Altana gehörte auch BYK, weswegen Merck Angst wegen eines Datenabflusses an Eckart hatte.

Zwei Umstände sind im Zusammenhang mit Sparkle zu nennen: Erstens ist Sparkle kein physikalischer Wert, sondern beruht nur auf Berechnung von drei SW-Fotos, welche vom BYKmac gemacht werden. Zweitens beruhen die meisten Berechnungen auf Messungen mit unbekanntem Versuchsmaterial. Die Autohersteller wissen nicht die Zusammensetzung der Pigmente in den Autolacken, sie dürfen diese auch nicht analysieren. Lackierte Musterbleche mit unbekannter Pigmentierung haben sie an interessierte Labore weitergegeben. Aber wie sollen damit wissenschaftlich Ergebnisse erreicht werden?

Kurz nach Veröffentlichung des BYKmac stellte X-Rite das neue MA98 vor. Dieses Gerät besaß eine zweite Beleuchtung und die zusätzlichen Messwinkel bei -15° . Da bei beiden Beleuchtungen gemessen wurde, kamen 19 beziehungsweise 20 Geometrien zusammen. Außerdem konnte "out of plane" gemessen werden.

Die vielen Messgeometrien des Zeiss GKM311/M haben mir wesentlich geholfen, die optischen Eigenschaften der Interferenzpigmente zu verstehen. In vielen Publikationen und Vorträgen habe ich meine Versuchsergebnisse veröffentlicht. Das Ganze hatte und hat nur einen Nachteil: Keiner konnte die Versuche nachvollziehen, da die neuen Messgeräte nicht entsprechend ausgerüstet waren und sind. Deshalb bin ich auf die Idee gekommen, parallel Messungen mit dem BYKmac und dem MA98 – später mit dem MA-T12 – durchzuführen. Der Trick, den ich dabei anwendete und heute noch anwende, besteht in der Kombination der beiden Messgeometrien $45^\circ/\text{as}+15^\circ$ und $15^\circ/\text{as}+15^\circ$ mit der Geometrie $45^\circ/\text{as}-15^\circ$. Aufgrund des Gesetzes der Lichtumkehr entspricht die Geometrie $45^\circ/\text{as}-15^\circ$ der Geometrie $60^\circ/\text{as}+15^\circ$. So können drei Geometrien zur Interferenzlinie kombiniert werden.

Beim BYKmac fehlt die zweite Beleuchtung. Hier lassen sich die beiden Geometrien $45^\circ/\text{as}+15^\circ$ und $45^\circ/\text{as}-15^\circ$ benutzen, um die Interferenz zu beschreiben. Mit diesen beiden Geometrien lässt sich ohne weiteres ein blauer Lack mit einem Aluminiumpigmenten von einem blauen Lack mit blauen Interferenzpigment unterscheiden.

Ausblick

Es sind fast 30 Jahre her, dass das erste tragbare Mehrwinkelgerät veröffentlicht wurde. Bis heute hat sich nichts an der Auswahl der Geometrien geändert, zumal die Anwender nicht wissen, dass die Geometrien mehr oder weniger zufällig ausgewählt wurden. Inzwischen gibt es neue Effektpigmente, deren „Farbenspiel“ nicht von den aktuellen Messgeräten erfasst wird. Dazu zählen sogenannte Regenbogenpigmente und solche auf Copolymerbasis von Cypris Materials. Es ist nicht einfach, über eine angepasste Wahl an Messgeometrien nachzudenken. Bei den Geräteherstellern fehlt es an Wissen über Effektpigmente, bei den Pigmentherstellern an Wissen über Messgeräte und Lacke, bei den Lack- und Autoherstellern über Geräte und Pigmente. Es würde sich aber lohnen, sich mit dem Thema Interferenzpigmente und deren Farbmessung intensiver zu beschäftigen.

V. DIE ARBEIT IN DER DfwG

Eine Lanze für die Multispektraltechnik

BERNHARD HILL, RWTH AACHEN UNIVERSITY

Seit den Jahren um 1980/90 steht ein Thema bis heute im Mittelpunkt der Farbforschung, das Problem, dass unterschiedliche Geräte und Technologien zur Bildaufnahme und Wiedergabe meistens zu unterschiedlicher Farbwiedergabe führen (Abbildung 1). Zur Lösung dieses Problems hat sich damals das Gebiet „Color Management“ entwickelt. Aufwendige Kalibrierverfahren sind damals erarbeitet worden, um Abbildungsalgorithmen oder Abbildungen über dreidimensionale Tabellen für eine korrekte Reproduktion der Farbwerte in jedem Gerät zu erzielen. Im professionellen Bereich der Bildreproduktion, insbesondere der Druckindustrie, werden damit auch sehr gute Ergebnisse erzielt. Allerdings baut das Color Managementsystem auf das bis heute benutzte System der Farbaufnahme mit drei Farbkanälen auf und korrekt kann daher nur eine begrenzte Menge von Farbarten abgebildet werden. Farbarten außerhalb des Mischbereiches der Primärfarben müssen durch Ersatzfarben dargestellt werden. Dazu hat sich das Gebiet des sogenannten „Gamut Mapping“ entwickelt. Auch im kommerziellen Bereich z. B. in der Photographie, haben Anwendungen des Color-Managements zu Verbesserungen geführt. Die Nutzung umfangreicher Kalibrierverfahren scheidet aber bis heute oft noch am Aufwand.

Eine vollständige Lösung für die korrekte Reproduktion von Farben bietet grundsätzlich die Multispektraltechnik an. Diese war in den 1990er Jahren und danach ein viel diskutiertes Thema. Die Grundidee besteht darin, für die Aufnahme und Reproduktion von Farbbildern nicht die für einen Normalbeobachter aus den Bildaufnahmesignalen berechneten Farbwerte zu übertragen, sondern durch eine Abtastung mit vielen spektral schmalbandigen Kanälen das gesamte reflektierte Lichtspektrum eines jeden Bildpunktes im Bild zu erfassen, zu übertragen und am Ende für jeden Bildpunkt zu rekonstruieren. Die Vorteile liegen auf der Hand. Nicht nur die begrenzte Menge von Farben durch Mischung aus drei Farbkanälen, sondern die Gesamtheit aller Farben lässt sich exakt aus der Spektralverteilung für die Reproduktion berechnen. Damit werden auch für alle Menschen mit unterschiedlichem Farbsehvermögen die Farben so reproduziert, wie diese sie auch im Original sehen würden. Daneben eröffnen sich weitere Möglichkeiten, wenn auch die spektrale Verteilung der Beleuchtung im Ausgangsbild mit erfasst wird. Dann kann die spektrale Verteilung des Reflexionsspektrums in jedem Bildpunkt des aufgenommenen Bildes berechnet werden und bei der Reproduktion ist eine Umrechnung auf beliebige andere Beleuchtungsspektren möglich. Die spektrale Verteilung der Lichtquelle kann dazu z. B. mit Hilfe einer Weißreferenzfläche in der originalen Szene oder durch Schätzung aus der Farbverteilung des Bildes gewonnen werden.

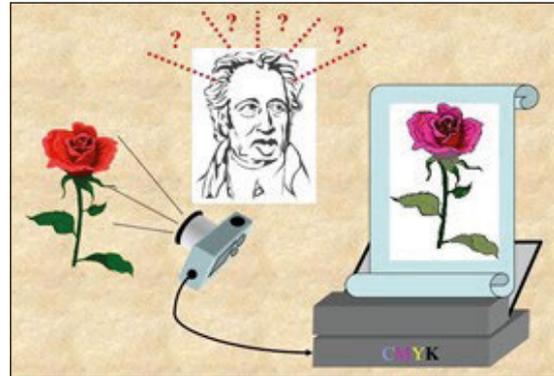


Abbildung 1: Probleme der Bildreproduktion

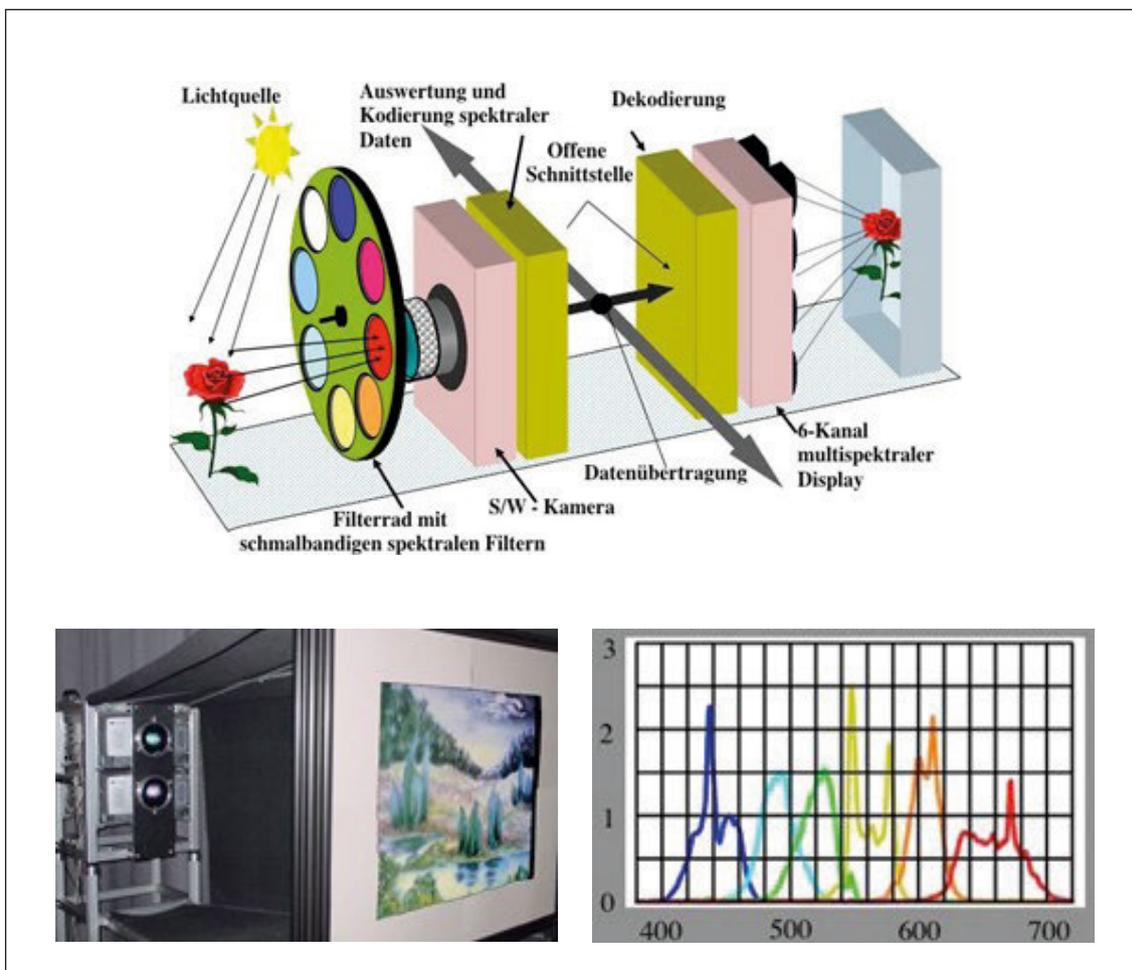


Abbildung 2: Grundaufbau des Labormodells eines multispektralen Bildreproduktionssystems mit Filterrad und Mehrkanalprojektion (oben). Experimentelles 6-Kanal-Projektionssystem, RWTH-Aachen im Jahr 2000 (links unten). Spektralverteilung der Multispektralkanäle (rechts unten).

Weltweit sind um die 1990er Jahre und danach zahlreiche Forschungsarbeiten zur Untersuchung der Multispektraltechnik an Universitäten wie z. B. in Aachen [1,2], Chiba/Tokio [3,4], Rochester [5], Paris [6] und Joensuu, Finnland [7] entstanden und es hat sich über viele Veröffentlichungen und Treffen auf Tagungen der Fachvereine wie z. B. der AIC, CIE, IS&T u. a. bald eine Zusammenarbeit durch Bildung eines eigenen jährlichen Seminars zur Multispektraltechnik gebildet („The International Symposium on Multispectral Color Science“). Dieses hat auch in Aachen unter Mitarbeit von Mitgliedern der DfwG während der Konferenz CGIV 2004 „Color in Graphics, Imaging and Vision“ der „Society for Imaging Science and Technology IS&T“ stattgefunden. Intensiv wurden über viele Jahre die Fragen der Multispektraltechnik auch im Arbeitskreis Farbbildtechnik der DfwG behandelt.

Erste Multispektralsysteme wurden mit Spektralfilterrädern für die Aufnahme im Labor realisiert. Für die Reproduktion wurden Projektionsdisplays mit parallelen Spektralkanälen verwendet (Abbildung 2). Schon mit 6-Kanalsystemen konnten deutlichen Erweiterungen des reproduzierbaren Farbraumes und die bessere reproduzierte Farbgenauigkeit demonstriert werden [8,9, siehe auch Abbildung 4]. Mit realisierten 16-Kanal-Aufnahmesys-

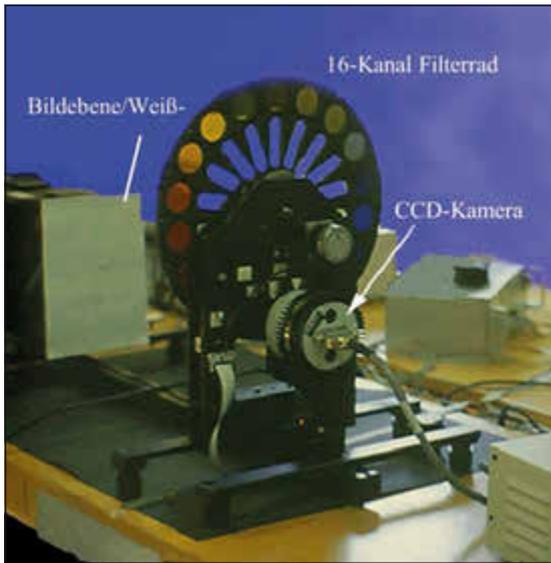


Abbildung 3: Experimentelles Modell einer Multispektralkamera aus dem Jahre 1990 mit einem Filterrad für 16 schmalbandige Spektralfilter und einem CCD-Kamerachip mit Abbildungsoptik

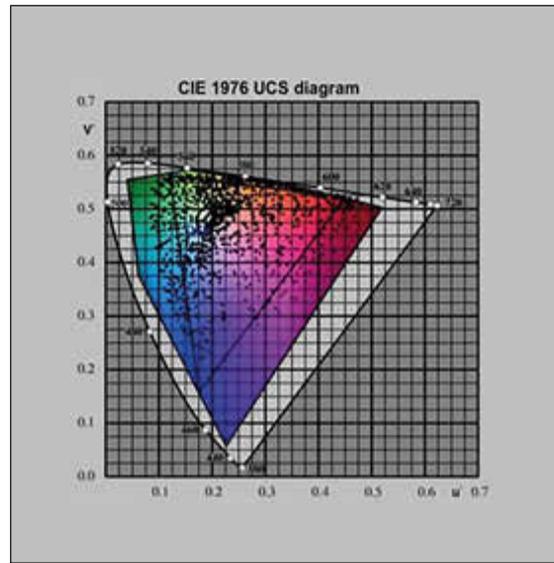


Abbildung 4: sRGB-Dreieck, Bereich eines experimentellen 6-Kanal Multispektralprojektors, Farbarten des Vrhel-Farbdatensatzes und Munsell-Farben in der UCS-Farbtabelle

temen (Abbildung 3) waren Reproduktionsfehler für die Farbwahrnehmung kaum noch nachzuweisen [10]. Um die Jahrtausendwende wurden auch bereits goniometrische Anwendungen der Multispektraltechnik untersucht. Damit konnte sehr genau das richtungsabhängige Verhalten der Farbwahrnehmung an Objekten beschrieben werden [11].

Bald wurde auch schon ein erstes Anwendungsfeld im Bereich der Textilindustrie und Katalogerstellung mit einem industrialisierten 16-Kanal-Kamerasystem mit Filterrad gefunden [12]. Inzwischen haben sich viele weitere Anwendungen der Multispektraltechnik im industriellen Bereich z. B. für die Material- und Produktkontrolle und andere professionelle Anwendungen entwickelt. In der Fernsichttechnik und im kommerziellen Bereich, wie z. B. der Photographie, hat sich die Multispektraltechnik bislang allerdings noch nicht durchgesetzt. Hierzu fehlen noch hochintegrierte Technologien. Wünschenswert ist auf der Bildaufnahmeseite die Entwicklung von integrierten Bildsensoren, die für jeden Bildpunkt parallel eine höhere Zahl von Teilbildpunkten mit schmalbandigen spektralen Filtern enthalten. Erste Produkte in dieser Richtung – allerdings mit noch beschränkter Gesamtauflösung – werden inzwischen angeboten, z. B. ein integrierter Sensor mit 3x3 Einzelkanälen je Bildpunkt von Silios [13] und ein weiterer Sensor mit sogar 4x4 Kanälen der Firma Ximea. Auf der Seite der Bildreproduktion ist die Entwicklung von Displays mit einer höheren Zahl von Primärvalenzen als RGB durchaus denkbar. Die Industrie hat sich aber in den letzten Jahren stärker auf Displays für hohe Dynamik und mit neuen Technologien für die Lichterzeugung konzentriert. Im Druckbereich werden schon lange Systeme mit mehr als 3 oder 4 Farben verwendet, allerdings primär zur Vergrößerung des Farbraumes und noch nicht im Hinblick auf die Rekonstruktion von bestimmten Spektralverteilungen der Reflexion. Auch die Übertragung und Speicherung der Bildinformation für viele parallele Spektralkanäle führt in Bildsystemen zu stark erhöhten Anforderungen. Viele theoretische Vorarbeiten für Kodierungsmethoden sind dazu veröffentlicht worden [z. B. 14].

Die notwendigen Technologien der Multispektraltechnik zur Farbreproduktion werden sich industriell weiter entwickeln. Die großen Vorteile der Multispektraltechnik im Hinblick auf exakte und vom Beobachter unabhängige Farbreproduktion werden sich langfristig durchsetzen:

Die Zukunft der Farbbildtechnik wird multispektral sein!

Literatur

- [1] B. Hill, F.W. Vorhagen, Multispectral Image Pick-up System, U.S. Patent 5,319,472, Germany P 4119 489.6 (1991)
- [2] B. Hill, Optimization of multispectral Imaging systems, 9th Congr. AIC-Color 01, Rochester, USA (2001), SPIE Vol. 4421, 481-486
- [3] Y. Miyake, Development of Multiband Color Imaging System for Recording of Art Paintings, Proc. SPIE, Vol. 3648, 218-225 (1999)
- [4] Y. Miyake, Multispectral Imaging: Past, Present and Future, Proc. of the 10th Congress of the International Color Association AIC, Granada, Spain, 477-479 (2005), ISBN 84-609-5162-6
- [5] R.S. Berns, F.H. Imai, P.D. Burns, Multispectral based color reproduction research at the Munsell Color Science Laboratory, Proc. SPIE Europto Series, Vol. 2309, Zürich, Switzerland, 13-26 (1998)
- [6] J.Y. Hardeberg, F. Schmitt et al, Multispectral image capture using a tunable filter, Proc. SPIE, Vol. 3963, San José, USA, 77-88 (2000)
- [7] V. Bochko, T. Jaaskelainen, J. Parkkinen, Principal Component Analysis of Spectral Images, Proc. IS&T's 2nd European Conf. CGIV-2004, Aachen, Germany, 120-124, ISBN 0-89208-250-X
- [8] Th. Boosmann, B. Hill, Control Algorithms for 6-Primary Displays, Proc. PICS, Rochester USA, 244-249 (2003), ISBN 0-89208-245-3
- [9] S. Helling, Algorithms for spectral color stimulus reconstruction with a seven channel multispectral camera, Proc. IS&T's 2nd European Conf. CGIV-2004, Aachen, Germany, 254-258, ISBN 0-89208-250-X
- [10] B. Hill, High Quality Color Image Reproduction: The Multispectral Solution, Proc. 9th International Symposium on Multispectral Colour Science and Applications MCS-07, Taipei, Taiwan 2007 (invited), 1-7, ISBN 978- 0-89208-272-8
- [11] J. Akao, N. Tsumura, P.G. Herzog, Y. Miyake, and B. Hill, Gonio-Spectral Imaging of Paper and Cloth Samples Under Oblique Illumination Conditions Based on Image Fusion Techniques, *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 48, Number 3, 2004, 227-234
- [12] Patrick. G. Herzog, Virtual Fabrics or Multispectral Imaging in B2B, *Proc. 1st European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision CGIV 2002*, Poitiers, France, 2002, 580-584.
- [13] B. Hill, D. Merhof, T. Stiebel, Farbqualität einer Multispektralkamera mit integrierter Filtermaske, DfwG Jahrestagung 2017 und DfwG-Report 2018-1, S. 69
- [14] W. Praefke, Th. Keusen, Optimized Basis Functions for Coding Reflectance Spectra Minimizing the Visual Color-Difference, Proc. IS&T/SID Third Color Imaging Conference, Scottsdale Arizona, USA, 1995, 37-40

Ortsaufgelöste Farbmessung in der Praxis

FRANZ SCHMIDT, UDO KRÜGER, CHRISTIAN SCHWANENGEL

TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH, Werner-von-Siemens-Straße 5, D-98693 Ilmenau;
E-Mail: franz.schmidt@technoteam.de, udo.krueger@technoteam.de,
ch.shwanengel@technoteam.de; URL: <http://www.technoteam.de>

Zusammenfassung: Im folgenden Beitrag werden nach einer kurzen Übersicht über die Technik der ortsaufgelösten Farbmessung und deren Validierung Beispiele für den Einsatz aus der Praxis in den Bereichen Nachtdesign im Fahrzeuginnenraum, Farbbewertung an Glasfassaden und Farbsaumbewertung an Projektionsscheinwerfern vorgestellt. Dies ist ein Nachdruck eines Beitrags zum 12. Workshop Farbbildverarbeitung 2006 und beschreibt den Stand der Technik zur damaligen Zeit.

1. Einleitung

Die ortsaufgelöste Bestimmung von licht- und strahlungsphysikalischen Größen ist in den letzten Jahren immer wichtiger geworden. In zahlreichen Applikationen u.a. Nachtdesign im Auto, Bewertung von Arbeitsplatz-, Straßen- und Tunnelbeleuchtung, um nur wenige Beispiele zu nennen, gehört die ortsaufgelöste Bestimmung der Leuchtdichte zum Stand der Technik.

Besonders die zunehmende Verwendung von LED's als Lichtquelle (auch für Beleuchtungszwecke) macht die ortsauflösende Farbmessung immer interessanter.

2. Technik der ortsaufgelösten Farbmessung

Ortsaufgelöste Farbmessungen in der Praxis erfolgen mit den bei TechnoTeam seit Jahren im Einsatz befindlichen Filterrada-kameras (siehe Abbildung 1).

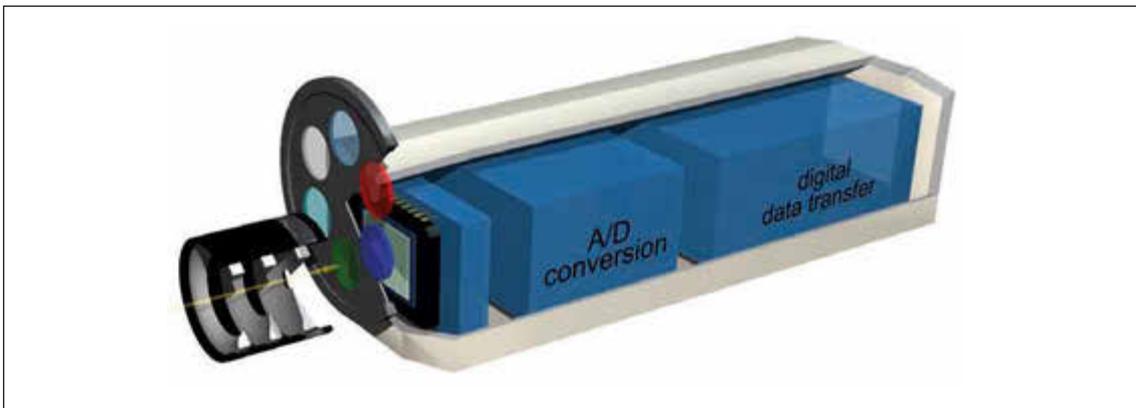


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Filterrada-kamera LMK98-3 Color

Dabei werden vier der sechs Filter für die Farbanpassung verwendet und die beiden weiteren Filterpositionen können für kundenspezifische Aufgaben genutzt werden. Hierbei spielen insbesondere die Verwendung von Filtern für die circadiane Anpassung ($C(\lambda)$, [3]) und die Messung im skotopischen Bereich ($V(\lambda)$) eine große Rolle. Details zur Technik dieser Kameras und deren Funktion findet der Leser in [1] und [4].

3. Validierung der Messtechnik

Die oben genannte Technik – insbesondere die spektrale Anpassung – wird ständig verbessert und weiterentwickelt. Hierzu werden alle verwendeten CCD's einzeln spektral vermessen und die Berechnung/Herstellung der Filter wird ständig den aktuellen Messungen angepasst. Hierfür ist es notwendig, dass von jeder Filtercharge die Filter und die einzelnen Glasschichten vermessen werden, damit Veränderungen in der Schmelze erkannt und ggf. korrigiert werden können.

Weiterhin müssen Verfahren zum Test und zur Justierung des Gesamtsystems weiterentwickelt werden. In diesem Zusammenhang haben wir gemeinsam mit der HAWK Göttingen stabile LEDLichtquellen entwickelt ([2] und Abbildung 2), die in Zukunft durch die PTB kalibriert werden und dann als Lichtquelle für die Justierung der Kameras zur Verfügung stehen. Mit diesen stabilen LEDLichtquellen, die einen großen Bereich des Farbraums umschließen können, ist es möglich, die Justage einer Farbkamera durchzuführen, ohne auf Spektroradiometer oder andere schwer rückführbare Messgeräte zurückgreifen zu müssen.

Weiterhin werden durch die Verwendung von Filterrädern mit breit und schmalbandigen Proben (Abbildung 3) die Voraussetzungen geschaffen, um die in [5] und [6] beschriebenen Verfahren zur indirekten Schätzung der spektralen Empfindlichkeit auch in der täglichen Justierung ortsaufgelöster Farbsysteme einsetzen zu können.

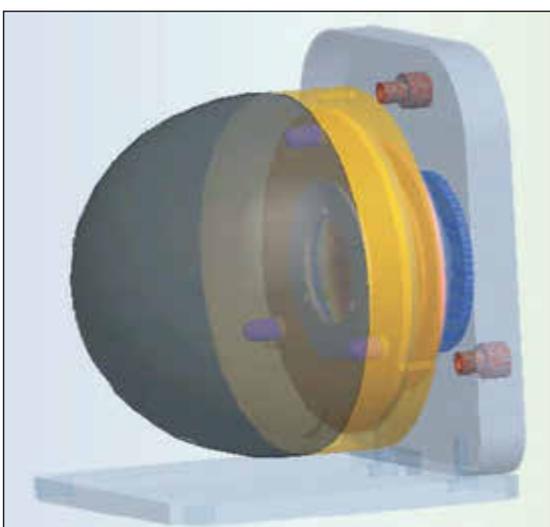


Abbildung 2: Stabile LED-Lichtquelle



Abbildung 3: Filterrad mit 100 verschiedenen Transmissionsproben

4. Praxisbeispiele

In den folgenden Abschnitten werden drei Praxisbeispiele erläutert. Dabei kommt es uns darauf an, sehr unterschiedliche ggf. auch ungewöhnliche Beispiele zu zeigen. Neben der Standardanwendung im Bereich Nachtdesign im Fahrzeuginnenraum haben wir daher die Farbbewertung an Glasfassaden und die Farbsaubewertung für Projektionscheinwerfer ausgewählt. Bei den beiden letzten Anwendungen wird hier die Herangehensweise für die Messungen geschildert. Eine Auswertung und Interpretation der Daten – im Sinne des Anwenders eine Gut/Schlecht-Entscheidung – wird in Kooperation mit den Anwendern derzeit entwickelt.

4.1 Nachtdesign im Fahrzeuginnenraum

Im Bereich Nachtdesign im Fahrzeuginnenraum werden Symbole vermessen und ausgewertet. Symbole sind einzelne Zeichen, Zeichenketten oder Piktogramme, die komplexe und schmale Strukturen enthalten können. Im Folgenden wird die photometrische und kolorimetrische Auswertung der Symbolmessungen mit der ortsauflösenden Farbmessung erläutert.

Die photometrische Auswertung erfolgt auf Basis von Qualitätsparameter wie Leuchtdichte, Farbvalenz und Gleichförmigkeit. Weiterhin sind ggf. die Strukturbreite, die Position des Symbols (z.B. photometrischer und geometrischer Schwerpunkt) und die Position der minimalen/maximalen Leuchtdichte von Interesse.



Abbildung 4: Falschfarbendarstellung der Leuchtdichte eines Symbols (Farbpalette rechts). Die Position des Minimums (1.<) und Maximums (1.>) (in Äquivalenz zu einem Punktmesssystem) wird mit kleinen Kreisen markiert.

Messergebnisse

Bezeichnung	Wert
Mittelwert	3,2 cd/m ²
Minimum	1,8 cd/m ²
Maximum	4,3 cd/m ²
Ungleichförmigkeit	78 %

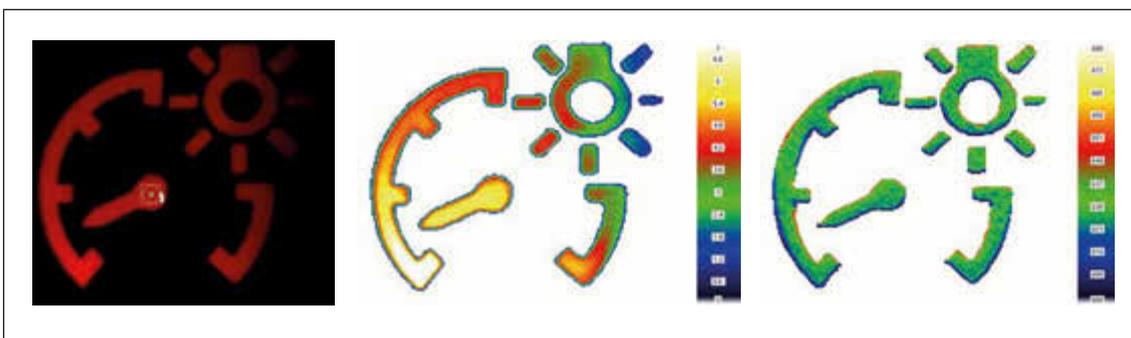


Abbildung 5: Farbbild eines Symbols (lineare Darstellung, links); Leuchtdichtekomponente (Mitte); Dominante Wellenlänge (berechnet für jedes Einzelpixel) (rechts)

Für die Auswertung von Symbolen wird ein adaptiver Schwellwertalgorithmus benötigt, der die leuchtende Fläche vom Hintergrund trennt. Dieser Algorithmus arbeitet nur mit einer Hintergrundschwelle. Für alle Pixel mit Leuchtdichten größer als die Hintergrundschwelle wird nach Analyse der Umgebung entschieden, ob das Pixel zum hellen Bereich oder zum Rand des Symbols gehört. Für die Pixel des hellen Bereiches werden dann, unter Einbeziehung der Lichtstromanteile aus dem Randbereich, die Qualitätsparameter bestimmt. Besonders für die Bestimmung von Minimum und Maximum wird dabei über den bestimmten hellen Bereich ein virtuelles Spotmeter verschoben, um den Einfluss einzelner störender Pixel zu minimieren und das Messergebnis stabiler zu gestalten.

Durch den Einsatz der orts aufgelösten Farbmessstechnik ist es nun ebenfalls möglich, die Farbvalenzen während der Symbolmessung zu bestimmen. Basierend auf der oben erläuterten Klassifikation der Pixel können die Farbvalenzen für den hellen Bereich (der Randbereich wird in diesem Fall nicht verwendet) im Farbraum XYZ gemittelt werden. Aus den so berechneten Farbvalenzen können dann die vom Nutzer gewünschten Messwerte (x,y bzw. dominante Wellenlänge) ermittelt werden. Durch den Einsatz von LED's kann die dominante Wellenlänge von Symbol zu Symbol variieren und muss im Rahmen der Entwicklung bzw. auch während der Produktion überprüft werden. Durch den Einsatz der orts aufgelösten Farbmessstechnik ist hier in der Regel keine zusätzliche Messung mit einem Spektroradiometer nötig und es können mehrere Symbole mit einer Messung überprüft werden.

In der Darstellung der dominanten Wellenlänge auf Einzelpixelniveau kann man erkennen, dass speziell im Bereich der Symbolränder Probleme auftreten, die durch die oben beschriebene Art der Auswertung für die mittlere dominante Wellenlänge verhindert werden können.

4.2 Farbbewertung an Glasfassaden

Wegen der hohen Anforderungen an die Gebäudeisolierung, dem Trend zur offenen und transparenten Gebäudearchitektur, dem Schutz vor Überhitzung in Innenräumen bei Sonneneinstrahlung und dem Blendschutz werden in repräsentativen Bürobauten zunehmend Mehrfachverglasungen eingesetzt. Farbunterschiede sind ein bekanntes Problem bei Glasfassaden oder Fensterreihen aus beschichteten Mehrfachverglasungen. Durch wechselnde Beschichtungen und Aufbau können wahrnehmbare Farbunterschiede in der Außenansicht der Fassade entstehen. Treten solche Farbdifferenzen auf, ist dies häufig

Gegenstand von gerichtlichen Auseinandersetzungen, Bauverzögerungen und Schadenersatzforderungen zwischen Glasherstellern, Glasbeschichtern, Fenster- und Fassadenbauern sowie Bauherren.

Für die Farbmessung werden derzeit Farbmesssysteme auf der Basis von Ulbrichtkugeln und Diodenarrayspektrometern eingesetzt. Diese bestimmen entweder den diffusen spektralen Reflexionsgrad („specular excluded“) oder den gesamten spektralen Reflexionsgrad einschließlich gerichteter Reflexion („specular included“). Diese Verfahren bestimmen aber nur die Farbe unter nah-normalem (senkrechten) Lichteinfall für eine kleine Fläche. Außerdem muss für die Messung die Ulbrichtkugel dicht an dem zu messenden Material positioniert werden. Eine Aussage über die Homogenität der Farbe über die Fläche einer beschichteten Glasscheibe mit Abmessungen bis zu 3 x 6 m² ist damit nicht oder nur sehr aufwendig möglich.

Die subjektive Beurteilung und der Vergleich mit einzelnen punktwise erfolgten Farbmessungen an großen Flächen ist somit ein schwieriges Problem. Die Farb- und Leuchtdichtemesskamera LMK Color erfasst Farb- und Leuchtdichtewerte, als Farbbilder, äquivalent dem menschlichen Auge.

Stehen solche Farbbilder als Messwerte zur Verfügung können Probleme leicht ausgeräumt werden. Unterschiedliche Beleuchtungssituationen (z. B. blauer Himmel, bedeckter Himmel) können erfasst werden. Bei sich ändernden Beleuchtungssituationen werden alle Messwerte in einem Bild gleichzeitig und unter exakt der gleichen Beleuchtungssituation



Abbildung 6: Farbmessungen an Glasfassaden

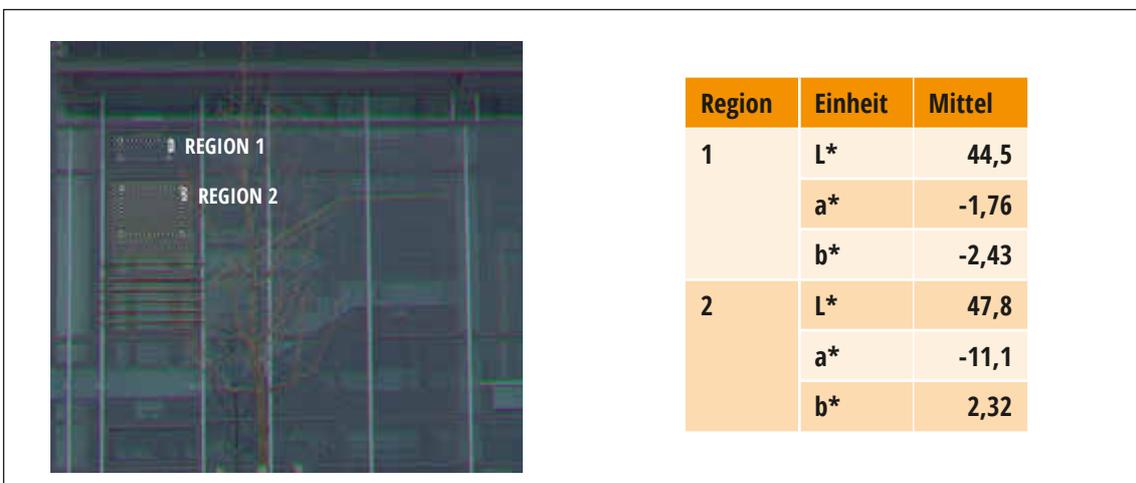


Abbildung 7: Farbfassade mit Farbdifferenzen (links); Farbwerte der eingezeichneten Messregionen (oben rechts)

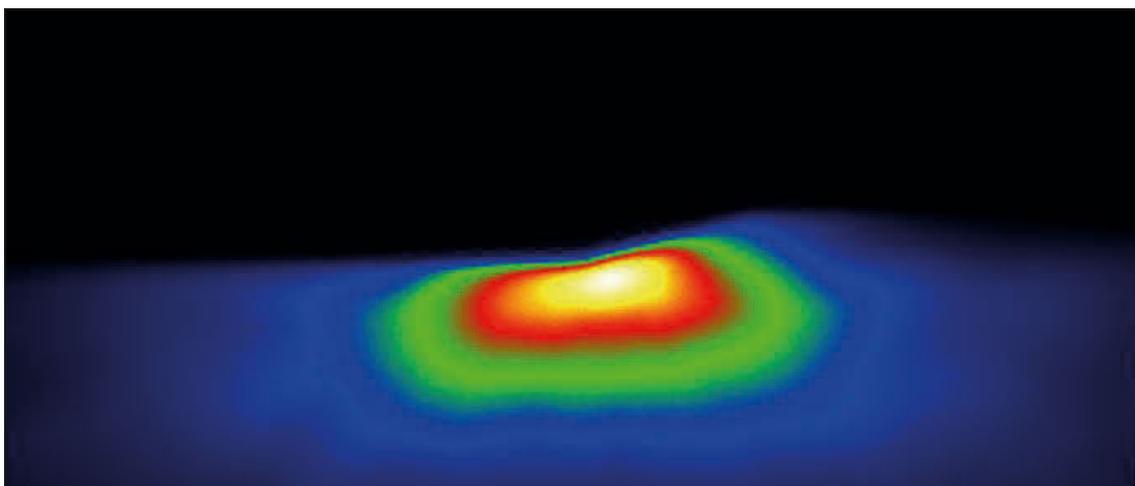
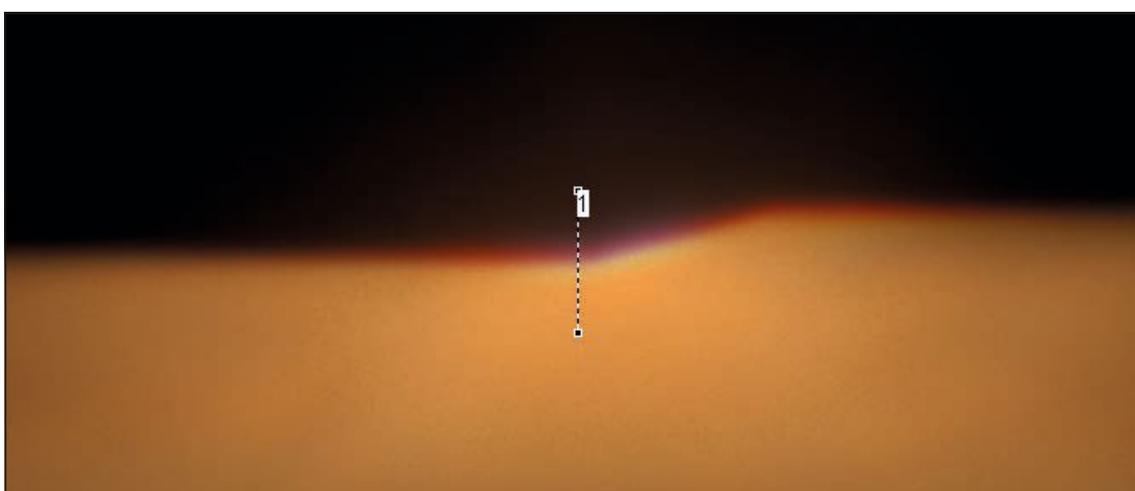


Abbildung 8: Leuchtdichtebild Halogen Ablendlicht

Abbildung 9: Farbbild Ablendlicht mit Halogenlampe mit Vertikalschnitt ($\pm 2^\circ$) bei $-0,5^\circ$

erfasst (siehe Abbildung 6), was mit punktwise messenden Systemen nur bei zeitlich konstanten Beleuchtungen und damit im Freien kaum möglich ist.

In Abbildung 7 ist eine Fassade zu sehen, bei der eine Scheibe (Region 2) nachträglich ausgewechselt wurde. Die Farbunterschiede sind deutlich sichtbar und mit der LMK Color eindeutig messbar.

Für die Farbmessung an Glasfassaden und die Bewertung der Ergebnisse wird momentan versucht, in Zusammenarbeit mit den Glasherstellern und mit dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg eine Mess- und Bewertungsvorschrift für orts aufgelöste Messungen zu entwickeln. Dabei soll insbesondere die Modellierung von Glaseigenschaften (Reflexion, Transmission, ...) unter verschiedenen Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtungen wichtige Hinweise auf die Messszenarien geben.

Neben dem Einsatz als Messtechnik am Bau ist die bildauflösende Farbmessstechnik natürlich auch hervorragend als Produktionsmesstechnik einsetzbar. In Verbindung mit geeigneten Beleuchtungssystemen können Messsysteme realisiert werden, die flächendeckend eine 100%-Kontrolle der beschichteten Gläser erlauben.

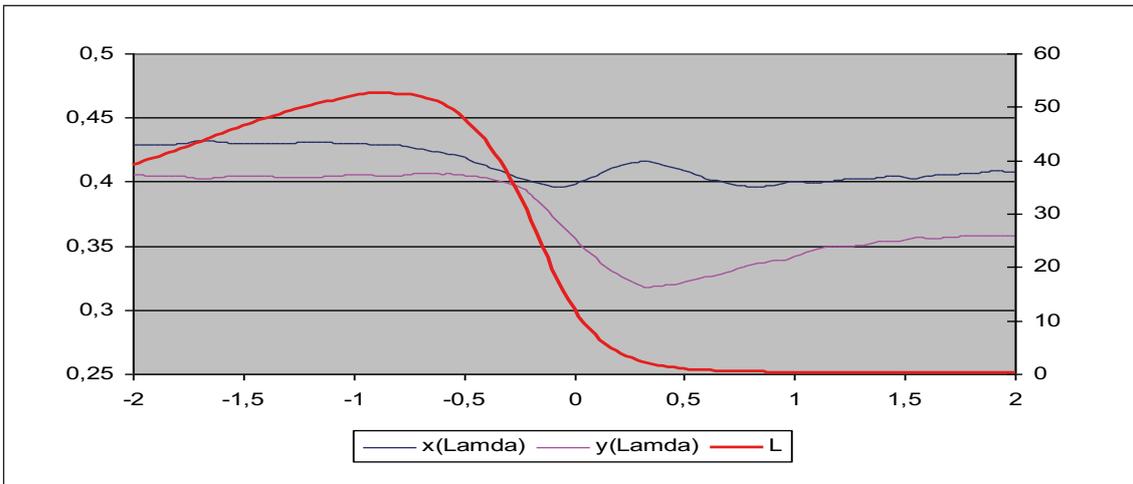


Abbildung 10: L, x, y - Farbkoordinaten des Vertikalschnittes

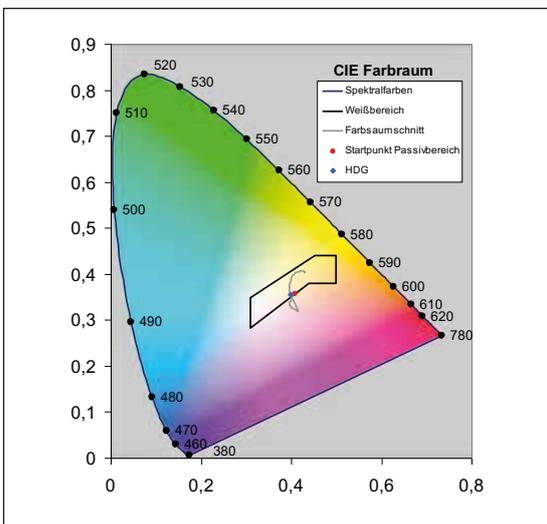


Abbildung 11: CIE-Farbraum mit Weißbereich und Schnittverlauf

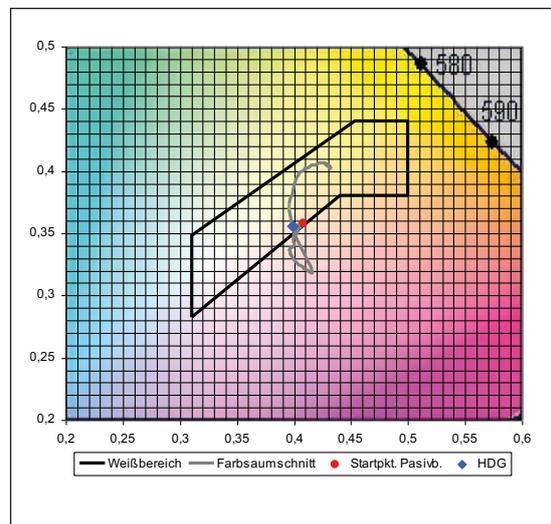


Abbildung 12: CIE-Farbraum mit Weißbereich und Schnittverlauf (vergrößert)

4.3 Farbsäumbewertung an Projektionsscheinwerfern

Farbsäume treten an Projektionsscheinwerfern im Bereich der Hell-Dunkelgrenze (HDG), d. h. im Übergang zwischen Aktiv- und Passivbereich auf. Diese Farbsäume sind z. B. dann sichtbar, wenn man mit dem Fahrzeug vor einer Wand im Parkhaus steht und diese beleuchtet. Weiterhin können Störungen für den Gegenverkehr auftreten. Die Automobilhersteller haben das Ziel, diese Farbsäume zu „begrenzen“, da dieser Effekt als störend empfunden wird. Die Erfassung des Farbsaums kann während der indirekten Messung der Lichtstärkeverteilung [7] erfolgen. Dabei beleuchtet der Scheinwerfer in einem geeignet gestalteten Raum eine Messwand. Die Kamera erfasst die Leuchtdichte- und Farbverteilung an der Wand. Aus diesen Daten können dann die Lichtstärkeverteilung und ggf. die Farbsäume bestimmt werden.

Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen die Leuchtdichte- und die Farbaufnahme eines Abblendlichtmoduls mit Halogenlampen. In Abbildung 9 ist bei $-0,5^\circ$ horizontal (links vom

Knickpunkt) ein Schnitt von $+2^\circ$ bis -2° eingezeichnet. Die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 10 bis Abbildung 12) zeigen verschiedene Möglichkeiten, die an diesem Schnitt gewonnenen Farbkoordinaten darzustellen.

Die gewonnenen Daten auszuwerten, erweist sich aber als problematisch, da es nur wenig Erkenntnisse über Grenzwerte und Toleranzbereiche gibt. Im Passivbereich sind die Leuchtdichten sehr klein, sodass es hier in der Regel nicht zu Farbeffekten kommt. Für den aktiven Bereich könnte gefordert werden, dass die Farbkoordinaten im Weißbereich A liegen (Verlauf ab blauem Punkt (HDG) in Abbildung 12). Welche Abweichungen vom Weißbereich im Übergang zwischen Aktiv- und Passivbereich toleriert werden können, müssen weitere Untersuchungen und Probandenbefragungen in der Zukunft zeigen.

5. Zusammenfassung

Mit den vorgestellten Beispielen konnte gezeigt werden, dass die orts aufgelöste Farbmessstechnik in den verschiedensten Bereichen im Einsatz ist und die Erfassung von Farb-informationen / Farbmesswerten ermöglicht. Es bestehen damit messtechnische Möglichkeiten zur Datenerfassung, die potentiell in der Lage sind, Anwenderprobleme zu lösen. An einigen Stellen treten aber Probleme bei der Interpretation der gemessenen Farbverläufe bzw. Farbabweichungen auf, sodass der Nutzer im weiteren Verlauf der Arbeiten mit den Messwerten zuerst in die Lage versetzt werden muss, für seine Applikation Sollverläufe und Toleranzbereiche festzulegen.

Literatur

- [1] Krüger, U. und Schmidt, F.: Ortsaufgelöste Farbmessung – Parameter und Kennwerte einer realisierten Filterrädkamera, 9. Workshop Farbbildverarbeitung, 8.-9. Oktober 2003, Esslingen, 2003
- [2] Burdick, R.; Krüger, U. und Bobey, K.: Verhalten von Farbproben mit Hochleistungs-LEDs. 11. Workshop Farbbildverarbeitung, 5.-6.10.2006, Ilmenau, 2006
- [3] Porsch, T.; Blankenhagen, C.; Gall, D.: Experimentelle Bestimmung der circadianen Lichtwirkung von Monitoren und TV-Bildschirmen. Licht 2004, 20.-22.09.2004, Dortmund, 2004
- [4] Krüger, U. und Schmidt, F.: Ortsaufgelöste Licht- und Farbmessung - Technische Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten in der lichttechnischen Praxis, LuxEuropa, 19.-21.09.2005, Berlin, 2005
- [5] Büttner, C.; Bobey, K and Schlichting, B.: Spectral Sensitivity Estimation of Digital Cameras. CGIV2006, 19.22.06.2006, Leeds, 2006
- [6] Krüger, U.: Ausgewählte Aspekte der orts aufgelösten Erfassung stationärer Licht- und Farbverteilungen. Dissertation, Publikationsreihe des Fachgebietes Lichttechnik der TU Ilmenau Nr. 6, Der Andere Verlag Osnabrück 2004, ISBN 3-89959-167-4
- [7] Schwanengel, Ch.; Krüger, U.; Schmidt, F., Rodenkirchen, J.: Spatially Resolved Luminance Measuring Methods Compared with Illuminance Measurements of Automotive Headlamps. ISAL 2005 Symposium; Darmstadt University of Technology, pp.1018-1029, 2005

Ortsaufgelöste Licht- und Farbmessstechnik in der Zukunft

UDO KRÜGER, FRANZ SCHMIDT, TECHNOTEAM BILDVERARBEITUNG GMBH, ILMENAU

Aktueller Stand

Die aktuell am Markt befindlichen Systeme nutzen entweder einfache filter-on-chip Sensoren, die RGB-Farbinformation in Makropixeln aufnehmen (in der Regel in der sogenannten Bayer-Geometrie, [1]) und die unter bestimmten Bedingungen (a priori Wissen) zu „echten“ Farbwerten konvertiert werden können. Eine bessere spektrale Anpassung erhält man über ein Filterrad, dessen einzelne Filter spektral sehr genau auf die gewünschte Zielfunktion angepasst werden können. Bei beiden Systemen können zusätzliche spektrale Informationen bei der Aufnahme (a priori Wissen oder gleichzeitige spektrale Messungen) zur Verbesserung der Messdaten verwendet werden.

Weiterentwicklung

Für einige Anwendungen ist dies zu unflexibel, da in der Regel der Farbraum vor der Aufnahme feststehen muss. Daher gibt es seit Langem Bestrebungen auch ortsaufgelöste spektrale Messungen zu ermöglichen. Dies wird in der Regel dadurch erfolgen, dass eine hohe Anzahl an (schmalbandigen) Kanälen erfasst wird und aus diesen dann über gut bekannte Verfahren der Spektralschätzung die spektrale Strahlungsfunktion geschätzt wird [2].

Hierbei werden die beiden oben genannten Systemarten für eine höhere Anzahl spektraler Kanäle erweitert, wobei man je nach Anzahl und Art der realisierten spektralen Empfindlichkeiten der Kanäle von Multi- oder Hyperspectral Imaging spricht.

Interessant wird diese Anwendung, wenn man z. B. direkt im LMS-Farbraum [3] Messungen durchführen kann und bestimmte Parameter der Szene, die für die Modellierung und Messung wichtig sind (z. B. die Adaptationsleuchtdichte), aus dem Bild bestimmen kann.

Filter-On-Chip Sensoren

Es sind kommerziell Sensoren (CMOS filter-on-chip) mit größeren Makrozellen (3x3, 4x4, ... Kanäle, [4]) erhältlich, deren Ergebnisse über verschiedene Farbraumtransformationen [5] in unterschiedliche Farbräume transformiert werden können.

Weitere ausgewählte Beispiele sind:

- NanoSpectral Color Filters [6]
- Plasmonic Color Filters for CMOS Image Sensor Applications [7]
- Multispektraler CMOS-Sensor und Eignungsbewertung für Lichtenwendungen [8]

Die Technologie ergibt vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten für die Sensoren und insbesondere auch für die spektrale Auslegung der Kanäle und ist bei mehreren Anbietern kommerziell verfügbar. Diese Gestaltungsmöglichkeiten sind durch die verwendeten Halbleiterprozesse jedoch auf gewisse bandpassförmige spektrale Transmissionen begrenzt.



Abbildung 1: Multispektralkamera MKF6 70-mm-Film.
[© Ziko / CC BY-SA 3.0]

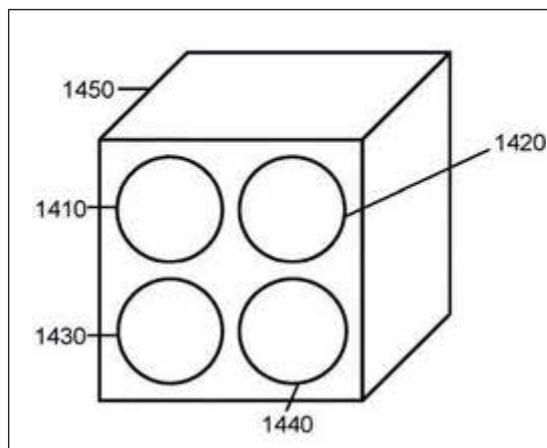


Abbildung 2: Multispektralkamera nach US10412286
[14]

Für die breite Anwendung in der Messtechnik wird eine deutliche Verbesserung der Kanaltrennung notwendig sein. Das lokale Übersprechen von benachbarten Pixeln führt in der Regel dazu, dass die schmalbandig erfasste spektrale Empfindlichkeit der Systeme für breitbandige Messungen nicht verwendet werden kann [9]. Das erschwert die spektrale Schätzung oder macht diese unmöglich. Ein allgemeiner Einsatz in der Farbmessung wird daher erst erfolgen können, wenn diese Probleme stark begrenzt werden können.

Durchstimmbare Filter (Tunable Filter)

Man kann die derzeit verwendeten Filterräder durch veränderbare optische Filter ersetzen.

- Liquid Crystal Tunable Bandpass Filters [10]
- Acousto-Optic Tunable Filters [11]
- Gesamtsysteme [12]

Bei all diesen Systemen ergeben sich derzeit noch zahlreiche Probleme [13]:

- Die nutzbare Öffnung der Filter ist relativ klein, womit keine großen Bildsensoren verwendbar sind.
- Die Objektive müssen in der Regel einen bildseitig telezentrischen Strahlengang aufweisen.
- Die Transmission besonders im blauen Spektralbereich ist sehr begrenzt.
- Der nutzbare Spektralbereich überdeckt nur selten gut genug und in der notwendigen Schmalbandigkeit mit dem in der Farbmessung benötigten Spektralbereich.
- Die Qualität der Filter (u. a. die Homogenität) ist in der Serie in der Regel großen Schwankungen unterlegen.
- Die Temperaturkompensation der Filtereigenschaften ist sehr herausfordernd.

Der Markt muss beobachtet werden, damit hier zum richtigen Zeitpunkt praxistaugliche Lösungen für die Anwender bereitgestellt werden können. Derzeit ist dies nur sehr experimentell in der Forschung möglich.

Parallele Erfassung der Daten

Man kann eine höhere Anzahl paralleler Bilder gleichzeitig auf mehrere Sensoren abbilden oder mit miniaturisierter Optik verschiedene spektrale Kanäle auf einen Sensor abbilden,

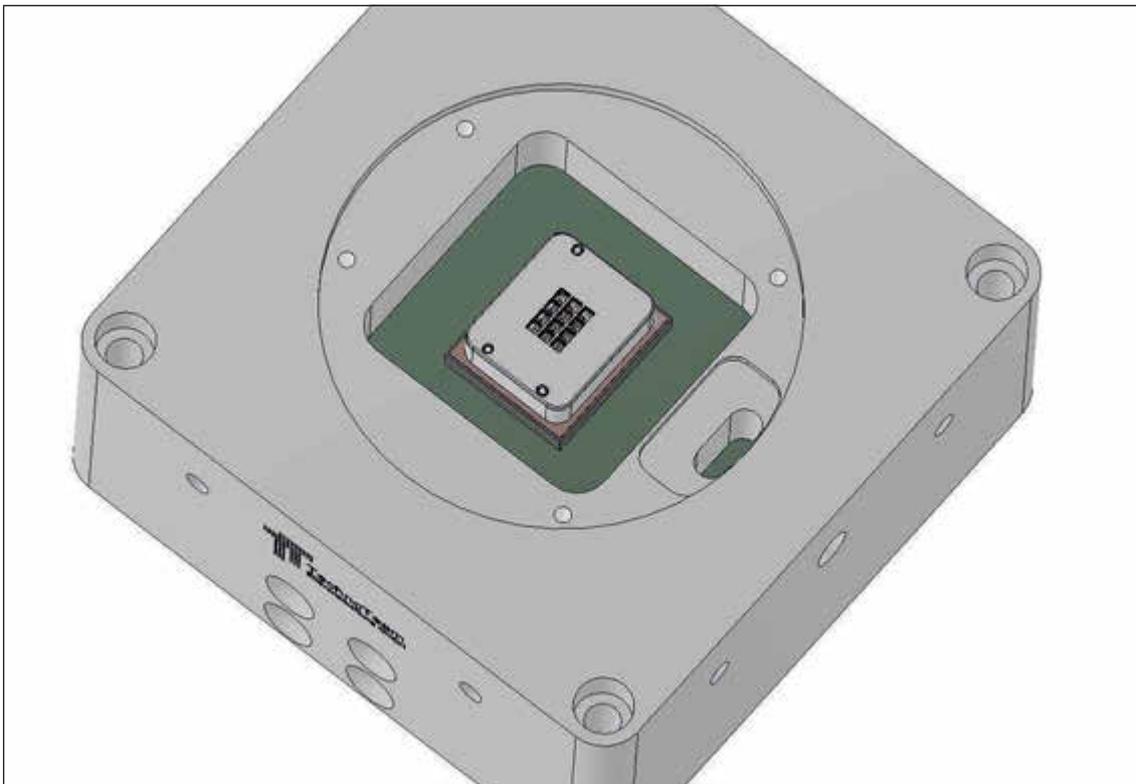


Abbildung 3: SWIR Multiaperturkamera entwickelt vom Fraunhofer IOF in Jena und TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH im Rahmen des RUBIN-AMI Projektes [16]

wobei dann jeder Kanal einen eigenen Bereich auf dem Sensor erhält, um das Kanalübersprechen im Vergleich zu den filter-on-chip Systemen zu minimieren.

- Der parallele Aufbau von Kameras ist bereits aus (Zeiss MKF6 (1976) oder auch Westboro (2019)) bekannt (Abbildung 1 und Abbildung 2).
- Verwendet man miniaturisierte Optiken, kann man über sogenannte Multiapertur-Systeme [15] sehr kleine Kameras herstellen, die verschiedene Kanäle gleichzeitig erfassen können. Auf Grund der sehr kleinen Optiken kann man jeden verfügbaren Sensor verwenden (Abbildung 3).

Literatur

- [1] B. E. Bayer, "Color imaging array," US3971065A, 1975.
- [2] D. Connah, J. Y. Hardeberg, and S. Westland, "Comparison of linear spectral reconstruction methods for multispectral imaging," in *2004 International Conference on Image Processing, 2004. ICIP '04.*, 2004, vol. 3, pp. 1497–1500.
- [3] CIE170-2:2015, "CIE 170-2:2015 FUNDAMENTAL CHROMATICITY DIAGRAM WITH PHYSIOLOGICAL AXES – PART 2: SPECTRAL LUMINOUS EFFICIENCY FUNCTIONS AND CHROMATICITY DIAGRAMS," Vienna, May 2015.

- [4] IMEC, "Hyperspectral imaging technology," 2024. [Online]. Available: <https://www.imechyperspectral.com/en/hyperspectral-imaging-technology>.
- [5] G. Dittrich, P.-G., Radtke, L., Zhang, C., Guo, S., Buch, B., Rosenberger, M., Notni, "Optical characterization with filter-on-chip CMOS sensor-systems," *OCM 2019 4th Int. Conf. Opt. Charact. Mater.*, vol. Bd. 2019 (, pp. 111–119, 2019.
- [6] B. Heuberger, A; Grill, "nanoSpectral Color Filters in CMOS," Erlangen.
- [7] S. Yokogawa, S. P. Burgos, and H. A. Atwater, "Plasmonic Color Filters for CMOS Image Sensor Applications," *Nano Lett.*, vol. 12, no. 8, pp. 4349–4354, Aug. 2012.
- [8] S. Junger, R. Nestler, and D. Gäbler, *Multispektraler CMOS-Sensor und dessen Eignungsbewertung für Lichtanwendungen*. 2016.
- [9] P.-G. Dittrich *et al.*, "Characterization and Correction of Multispectral Resolving Filter-On-Chip CMOS-Sensor-Systems for Shape, Color and Composition Measurements," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1065, p. 022004, Aug. 2018.
- [10] Thorlabs, "Kurios® Liquid Crystal Tunable Bandpass Filters," 2024. [Online]. Available: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=3488.
- [11] N. GUPTA, "ACOUSTO-OPTIC TUNABLE FILTERS," *Opt. Photonics News*, vol. 8, no. 11, p. 23, Nov. 1997.
- [12] HinaLea, "Smarter solutions that combine spectral + spatial data," 2024. [Online]. Available: <https://hinaleaimaging.com/technology/>.
- [13] B. Ruggaber, "Ortsaufgelöste Bestimmung von colorimetrischen Größen mit einer Hyperspektralkamera," Ilmenau, Techn. Univ., 2014.
- [14] T. Moggridge and C. Greene, "Multicamera imaging system and method for measuring illumination," US10412286, 2018.
- [15] H. von Lukowicz, "Neue ultrakompakte Multispektralkamera basierend auf Mikrooptik," *Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, IOF Jena*, 2024. [Online]. Available: <https://www.iof.fraunhofer.de/de/presse-medien/Aktuelles/ultrakompakte-multispektralkamera.html>.
- [16] "SWIR Multiaperturkamera," 2024. [Online]. Available: <https://www.rubin-ami.de/>.

Die DfwG – Ein Forum zur Diskussion der Entwicklung der europäischen Metrologie für farbrelevante goniometrische Messmethoden

ALFRED SCHIRMACHER

Mit fortschreitender europäischer Integration wurde auch die Förderung der Weiterentwicklung der Messinfrastruktur der nationalen Metrologie- und designierten Institute, wie z. B. die der PTB Braunschweig (D) oder des LNE-CNAM (Fr), auf internationale Füße gestellt. Besondere experimentelle Ausrüstung und auch die Finanzierung von Mitarbeitern kann häufig nur durch das Einwerben von Drittmitteln gewährleistet werden. So müssen in speziellen EU-Programmen Konsortien von Metrologie-Instituten mit ihren jeweiligen Partnern zugkräftige wissenschaftliche Programme aufstellen und in einem zweistufigen Begutachtungsprogramm im Wettstreit mit anderen Themenbereichen zum Erfolg führen. Wichtig hierbei ist insbesondere die Unterstützung durch Institutionen, die durch ihre Arbeitsrichtung, Zusammensetzung und Reputation die Relevanz des vorgeschlagenen Programms unterstreichen können. Nicht zuletzt die DfwG als „Plattform für Meinungsaustausch, Weiterbildung, Forschung und Entwicklung sowie für industrielle Anwendung der farbwissenschaftlichen Ergebnisse und Methoden“ [1] hat hier maßgeblich als langjährig aktiver Stakeholder zu einer Erfolgsgeschichte in Bezug auf die europäischen Forschungsprogramme beigetragen.

Spezielle Forschungsergebnisse oder Übersichten zu den jeweiligen Programmen wurden und werden in Beiträgen zu Jahrestagungen oder DfwG-Reports vorgestellt. Im Folgenden sollen die Zielrichtungen der Aktivitäten der Projekte in Rückblick und Vorausschau umrissen werden. Aufgrund der großen Anzahl von Ergebnissen und der Detailfülle

Kurzbezeichnung	Titel	Themenbereich, Homepage, Anzahl Partner	Umfang, Dauer
xDReflect	Multidimensional Reflectometry for Industry	EMRP Industrie, www.xdreflect.eu , 10	2,9 M €, 01.09.2013–31.08.2016
BiRD	Bidirectional Reflection Definitions	EMPIR (Prä)Normativ, www.birdproject.eu , 11	536 k €, 01.05.2017–31.08.2020
BxDiff	New quantities for the measurement of appearance	EMPIR Erweiterter Themenbereich SI, https://bxdiff.cmi.cz , 17	1,6 M €, 01.05.2019–31.10.2022
xDDiff	Multidimensional optical Diffusion for the measurement of appearance	EMP Industrie, n.n., 19	2,8 M€, 01.6.2024, 36 Monate

Tabelle 1: Kennzahlen und Bezeichnungen der EU-Projekte

in den unterschiedlichen Arbeitspunkten seien Interessierte, die spezielle Informationen zu einzelnen Punkten aufsuchen möchten, auf die angegebenen Quellen und insbesondere auf die Projekthomepages verwiesen.

Mit dem voraussichtlichen Abschluss des aktuellen Projekts xDDdiff wird man in 2027 auf eine über vierzehnjährige Periode der kontinuierlichen Entwicklung von goniometrischen Messmethoden zurückblicken können, die in 4 Projekten gewonnen wurden. Die Kennzahlen der einzelnen Projekte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Einige Schwerpunkte und wissenschaftliche Arbeitspakete werden in Teilen im Folgenden stichpunktartig skizziert. Die aufgeführten Referenzen können nur einen kleinen und willkürlich ausgewählten Teil der in den Projekten entstandenen Literatur wiedergeben.

xDReflect [2]

- Ein wesentlicher Trigger des Programms war die Entwicklung der sogenannten roboter-gestützten Goniometrie in Andreas Höpes Arbeitsgruppe ([3], [4]) der PTB. Dieser weltweit vielfach kopierte und modifizierte Ansatz führte insbesondere bei kleineren metrologischen europäischen Instituten zu einem Aufschwung goniometrischer Messungen, der folgerichtig in ein gemeinsames Programm umgesetzt wurde.
- Das Projekt umfasste fünf Arbeitspakete. WP1 *Goniochromatismus* organisierte die erste Vergleichsmessung der europäischen (Staats)Institute [5], die bis dahin isolierte Skalen der richtungsabhängigen diffusen Reflexion (BRDF) entwickelt hatten. Einige Teilnehmer, z. B. das CMI (Cz) oder die PTB [6], führten die Entwicklung ihrer Geräte fort, es trat aber auch schon eine gewisse Spezialisierung auf. So entwickelte das CNAM (Fr) ein höchstauflösendes Goniometer [7] zur Untersuchung des Glanzeindrucks von Oberflächen.
- Ausgedehnte Untersuchungen existierender Standardmaterialien in Multi-Geometrien, erweiterte Wellenlängenbereiche, die Identifizierung grundlegender Geometrien zur Messung goniometrischer Effekte und Empfehlungen zum Datenmanagement für goniometrische Messungen gehörten zu diesem Arbeitspaket. Nicht zuletzt wurde eine Datenbasis spezieller goniometrischer Materialien (Geometrie- und Wellenlängenabhängigkeit) angelegt.
- Im WP2 *Glanz* wurden u. a. künftige Standardmaterialien getestet, ausgiebige Messungen des sog. Glanzpeaks bezüglich Breite und Struktur durchgeführt und erste Ansätze zur Definition einer neuen Glanzskala gelegt. Überraschenderweise traten bei entsprechenden Messungen Speckle-Effekte auf, die Anlass zu ausgiebigen Untersuchungen im Nachfolgeprogramm BxDiff gaben.
- WP3 *Fluoreszenz* behandelte Werkzeuge und Techniken für die Kalibrierung geometrischer Parameter von Goniophotometern und Fluorometern. Die Bewertung existierender und neuer Standardmaterialien gehörte ebenso zum Arbeitsfeld, wie auch die Analyse des kombinierten Effekts von Transluzenz, Glanz und Fluoreszenz. Zusätzlich wurde untersucht, ob übliche Farbgamuts zur Beschreibung von Fluoreszenzeffekten ausreichen.
- Zu den Arbeitspunkten in WP4 *Modellierung und Datenanalyse* gehörten die Entwicklung und Bereitstellung von virtuellen Computerexperimenten zur Bestimmung grundlegender Appearance-Eigenschaften bei multidimensionalen Reflexionsmessungen, die Erweiterung der virtuellen Experimente zu komplexeren Appearance-Eigenschaften und

die Entwicklung effizienter Strategien hinsichtlich verwendeter Geometrien bei BRDF-Messungen.

- Schwerpunkte in WP5 *Visuelle Empfindung* waren die Bestimmung der beteiligten Stimuli bei der Glanz-, Sparkle und Graininessempfindung, der Einfluss des spektralen Umfeldes und von geometrischen Gegebenheiten auf die Wahrnehmung von visuellen Attributen. Zudem wurden Methoden und Leitfäden für Anwender erstellt.

BiRD [8,9]

Dieses Forschungsprojekt war im Sektor „Normung“ angesiedelt und zielte darauf ab, die messtechnischen Grundlagen zur Erstellung von CIE-Reports in den Feldern Gonioreflektometrie, Glanz-, sowie Sparkle- und Graininessbestimmung zu legen, die in neu zu gründenden CIE-Arbeitsgruppen erstellt werden sollten. Ebenso war geplant, ein CIE TC für die Festlegung eines einheitlichen Datenformats zu gründen. Für diese Aktivitäten konnte zum einen auf die Ergebnisse des xDReflect-Projekts zurückgegriffen werden, andererseits erfolgten aber auch ausführliche Messungen an spezifischen Artefakten ([10],[11]) für die jeweiligen visuellen Effekte, die in der Form von Vergleichsmessungen der unterschiedlichen Messgeräte beteiligter Institute ausgeführt wurden. Dies lieferte wertvolle Erkenntnisse für die nachfolgenden Normungsaktivitäten.

So konnten die folgenden CIE-Arbeitsgruppen [12] neu gegründet werden, in denen momentan Reports zu den Messgrößen BRDF, Glanz und Sparkle entstehen:

- TC 2-85 Recommendation on the geometrical parameters for the measurement of the Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF)
- JTC 17 (D1/D2/D8): Gloss measurement and gloss perception: A framework for the definition and standardization of visual cues to gloss
- JTC 12 (D2/D1/D8) The measurement of sparkle and graininess

Da CIE die Gründung eines TCs zum BRDF-Datenformats ablehnte, wurde ein maschinenlesbares Format innerhalb des Projekts entwickelt und mittels eines Online-Tools [13] zur Verfügung gestellt. Wesentliche Inputs zu den Arbeiten des JTC 17 und des JTC 12 waren die Entwicklung einer bildbasierten Apparatur zur Messung der Glanzeigenschaft am Institut des KU Leuven [14] sowie die erstmalige Entwicklung einer offen zugänglichen Sparkle- und Graininess-Skala durch Auswertung einer multilateralen Vergleichsmessung [15].

BxDiff [16,17]

Neben Verfahren für die grundlegenden SI-Basiseinheiten [18] entwickeln nationale Metrologie-Institute auch Messverfahren für abgeleitete Größen. Entsprechend wurde das BxDiff-Programm im Förderungssektor „SI Erweiterter Bereich“ platziert, da aufbauend auf den vorangegangenen Aktivitäten die Fähigkeiten der beteiligten Partnerinstitute in erweiterten Messungen getestet, neue Verfahren und Apparaturen erstellt, theoretische Modelle verfeinert und neuartige Artefakte entwickelt werden sollten.

So fanden im Arbeitspaket WG1 *Fortgeschrittene Untersuchungen zu Problematiken der BRDF-Messung* Vergleichsmessungen bei verringerten Messunsicherheiten auch in out-of-plane Geometrien und unter glanznahen Winkeln statt [19].

Im Arbeitspaket WG2 *Rückführbare BTDF-Messungen* entwickelten die PTB Braunschweig (D) und das Aalto-Institut (Fi) neue Referenzmessplätze und validierten diese in einem bilateralen Vergleich sowie auch in einem weiteren multilateralen Vergleich, der dann auch kommerzielle Geräte umfasste ([20-22]).

In WG3 *Entwicklung der ersten Referenzmessplätze für BSSRDF-Messungen* gelang die Entwicklung entsprechender Apparaturen beim CSIC Madrid [23] und dem CNAM Paris.

WG4 *Modellierung und Interpolationswerkzeuge* konnte bestehende theoretische Verfahren verfeinern und weiterentwickeln und auf die Proben des Projekts anwenden ([22-24]), die wiederum in WG5 *Test und Transfer-Artefakte* ausgesucht, entwickelt und charakterisiert wurden.

Daneben wurde das Verständnis zum Speckle-Problem [25] vertieft, das unabhängig von der Verwendung monochromatischer Strahlung immer dann auftritt, wenn die Winkel-, Orts- und Wellenlängenauflösung bei BRDF-Messungen einzeln oder zusammen hochgetrieben werden.

xDDiff

Das aktuelle Programm, das ab Juni 2024 beginnt, setzt die bisherigen wissenschaftlichen Aktivitäten fort und greift Anregungen aus der Industrie und bislang ungelöste Probleme auf (Abb. 1). In fünf Arbeitsgruppen (WP1 *Bildbasierte BRDF*, WP2 *Vereinfachung (BRDF/ BTDF-Modelle, Abstandsmetriken, Samplingstrategien)*, WP3 *Transluzenz und Mattheit*, WP4 *Ungelöste Probleme (Glanz, Haze, Multiscale BRDF, BTDF bei starker lateraler Streuung)*, WP5 Proben soll u. a. versucht werden, die häufig sehr komplexen und zeitintensiven Messungen der Goniospektrometrie mit modernen Methoden anwendungsfreundlicher zu gestalten, ohne zu viel an Genauigkeit zu verlieren. Auch die Weiterentwicklung von Samplingstrategien, insbesondere in Bezug auf Multiscale-Anwendungen,

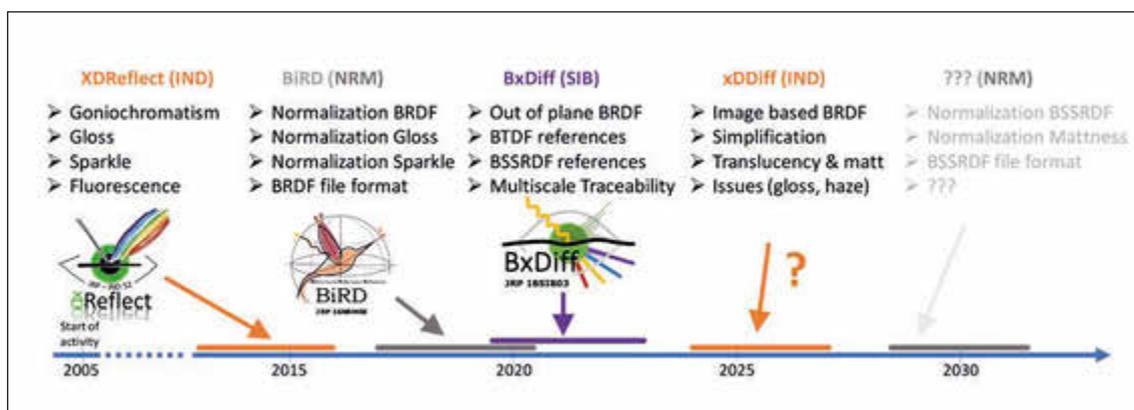


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der europäischen Projekte und ihre wesentlichen Inhalte (entnommen aus einem Poster von Gaël Obein (CNAM))

die z. B. auf cm- und mm-Proben angewendet werden müssen, zielen in diese Richtung. Sodann werden Punkte aufgenommen, die in den bisherigen Projekten (noch) nicht befriedigend gelöst werden konnten.

Abb. 1 fasst den langjährig durchlaufenen Prozess in der Entwicklung goniometrischer Messungen im europäischen Umfeld zusammen. Nachdem mit Hilfe der Industrie und anderen Stakeholdern eine gemeinsam arbeitende Infrastruktur bei den Staatsinstituten aufgebaut wurde (xDReflect), wurde sie konsequent auf neue Themenfelder erweitert (BxDiff), wobei auch die gewonnenen Erkenntnisse auf internationale Ebene eingespeist werden konnten (BiRD). So stellen die nationalen Staatsinstitute in Europa nun die weltweit vielfältigste Messinfrastruktur hinsichtlich der Bestimmung von Messgrößen zur Verfügung, die letztendlich das Erscheinungsbild (Appearance) von jeglichen Oberflächen bestimmen.

Diese sehr erfreuliche Entwicklung hat aber auch zu einer enormen Erweiterung des Aufgabenspektrums geführt. Aufgrund wirtschaftlicher Zwänge kann nicht jedes Metrologieinstitut „alle“ möglichen Messungen anbieten. So wird man langfristig zu einer Arbeitsteilung kommen müssen, die sich aber auch schon im Laufe der letzten Jahre herausgebildet hat.

Es wird spannend zu sehen sein, welche neuen Erkenntnisse und Entwicklungen durch das laufende Projekt und vielleicht noch kommende Projekte gewonnen werden können. Die DfwG wird auf jeden Fall eine willkommene Plattform zur wissenschaftlichen Diskussion sein.

Referenzen

- [1] Homepage der DfwG, <https://www.dfwg.de>
- [2] xDReflect homepage: www.xdreflect.eu, final report: https://www.xdreflect.eu/wp-content/uploads/2017/08/IND52-Publishable-Report-_ACCEPTED.compressed.pdf
- [3] New robot-based gonireflectometer for measuring spectral diffuse reflection, Hünérhoff, Dirk; Grusemann, Ulrich, Höpe, Andreas, Metrologia: 43 (2006), 2, 11-16, ISSN 0026-1394, DOI <https://doi.org/10.1088/0026-1394/43/2/s03>
- [4] Robotergestützte Gonireflectometrie an der PTB, Andreas Höpe, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, DfwG Report 2008/2, 43-54
- [5] Multilateral spectral radiance factor scale comparison, C. Strothkämper, A. Ferrero, A. Koo, P. Jaanson, G. Ged, G. Obein, S. Källberg, J. Audenaert, F. B. Leloup, F. M. Martínez-Verdú, E. Perales, A. Schirmacher, and J. Campos, Applied Optics 1996 Vol. 56, No. 7, March 1 2017
- [6] Polarisierungseffekte in gonireflektometrischen Messungen – Untersuchungen einer Auswahl verschiedener Proben, A. Schirmacher, T. Quast; K.-O. Hauer, DfwG-Report: (2016), Bd. 3, 14-22, ISSN 1860-2835, DfwG-Jahrestagung 2016, Grimma, 4.-6. Oktober, 2016
- [7] G. Ged, A. M. Rabal, G. Obein, 2017 „Absolute BRDF measurements with ultra-high angular resolution for the characterization of optical surfaces“, 2017, NEWRAD 2017 Proceedings, Tokyo, Japan.

- [8] BiRD – “Bidirectional Reflectance Definitions”, a EURAMET EMPIR pre-normative project, A. Schirmacher, T. Quast, DfwG-Report 2021/1: (2021), 54–62
- [9] BiRD homepage: <https://www.birdproject.eu/>, final report: file:///C:/Users/Alfred%20Schirmacher/Downloads/16NRM08_Final_Publishable_Report.pdf (suchen nach “EURAMET publishable summary BiRD”)
- [10] Zur Messung von Sparkle Eigenschaften, A. Schirmacher, M. Pastuschek, Vortrag auf der DfwG Jahrestagung 2018, Bönningheim, 10. Oktober 2018, DfwG-Report 2019/1, ISSN 1860-2835
- [11] A. Ferrero, J. Campos, Angular and Spectral Bandwidth Considerations in BRDF Measurements of Interference-and Diffraction-Based Coatings, Coatings (November 2020)
- [12] <https://cie.co.at/technicalcommittees/recommendation-geometrical-parameters-measurement-bidirectional-reflectance>, chair: G. Obein
<https://cie.co.at/technicalcommittees/gloss-measurement-and-gloss-perception-framework-definition-and-standardization>, chair: F. Leloup
<https://cie.co.at/technicalcommittees/measurement-sparkle-and-graininess>, chair: A. Ferrero
- [13] https://acris.aalto.fi/ws/portalfiles/portal/80964990/Lanevski_Machine_readable_universal_data_format_for_bidirectional_reflectance.pdf
- [14] Development of an image-based gloss measurement instrument, F. B. Leloup, J. Audenaert, Peter Hanselaer, J. Coat. Technol. Res., 16 (4) 913–921, 2019, <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00184-8>
- [15] Preliminary measurement scales for sparkle and graininess, A. Ferrero, E. Perales, N. Basic, M. Pastuschek, G. Porrovecchio, A. Schirmacher, J.L. Velázquez, J. Campos, F.M. Martínez-Verdú, M. Smid, P. Linduska, T. Dauser, and P. Blattner, Optics Express 7589, Vol. 29, No. 5/1 March 2021, <https://doi.org/10.1364/OE.411953>
- [16] Bxdiff homepage: <https://bxdiff.cmi.cz/>, final report: file:///C:/Users/Alfred%20Schirmacher/Downloads/18SIB03_Final_Publishable_Report-2.pdf
- [17] Aktivitäten im EURAMET EMPIR Projekt JRP 18SIB03 BxDiff, New quantities for the measurement of appearance, Vortrag auf der DfwG-Jahrestagung 2021, Arbeitsgruppe Multigeometrie, DfwG-Report 2022/1: (2022), 19-26
- [18] Broschüren zum Internationalen Einheitensystem (SI), <https://www.ptb.de/cms/presseaktuelles/broschueren/zum-internationalen-einheitensystem.html>
- [19] Intercomparison of bidirectional reflectance distribution function (BRDF) measurements at in- and out-of-plane geometries, N. Basic, E. Molloy, A. Koo, A. Ferrero, P. Santafé-Gabarda, L. Gevaux, G. Porrovecchio, A. Schirmacher, M. Smid, P. Blattner, K.-O. Hauer, T. Quast, J. Campos-Acosta, and G. Obein, Optica Publishing Group, Applied Optics, 2023-03-22, <http://dx.doi.org/10.1364/ao.486156>,
- [20] Development of primary reference facilities and measurement comparison of standard artifacts for the bidirectional transmittance distribution function, J. Fu, T. Quast, E. Velke, M. Esslinger, M. Pastuschek, A. Schirmacher, R. Aschan, F. Manoocheri, E. Ikonen, Rev Sci Instrum 94, 083102 (2023), <https://doi.org/10.1063/5.0151803>
- [21] Survey of bidirectional transmittance distribution function measurement facilities by multilateral scale comparisons, J. Fu, A. Ferrero, T. Quast, M. Esslinger, P. Santafé-

- Gabarda, N. Tejedor, J. C. Acosta, L. Gevaux, G. Obein, R. E. Aschan, F. Manoocheri, E. Ikonen, G. Porrovecchio, M. Smid, E. Molloy, A. Koo, S. A. Jensen, R. Oser, J. Audenaert, Y. Meuret, S. Källberg, I. Gozhyk, T. Kraus and A. Schirmacher, Accepted Manuscript online 17 April 2024, published on behalf of BIPM by IOP Publishing Ltd, <http://dx.doi.org/10.1088/1681-7575/ad3fbd>
- [22] Accurate characterisation of optical diffuse transmission – primary facility and extension to translucent samples, J. Fu, T. Quast, S. Teichert, M. Pastuschek, A. Schirmacher, P. Santafé-Gabarda, K.-O. Hauer, and A. Ferrero, Accepted Manuscript online 10 July 2024, published on behalf of BIPM by IOP Publishing Ltd, DOI 10.1088/1681-7575/ad615c
- [23] P. Santafé-Gabarda, A. Ferrero, N. Tejedor-Sierra and J. Campos, 2021, Primary facility for traceable measurement of the BSSRDF, *Optics Express* 29(21), pp. 34175-34188, <https://doi.org/10.1364/OE.439108>
- [22] A. Correia, P. Hanselaer, Y. Meuret, 2019, Accurate and robust characterization of volume scattering materials using the intensity-based inverse adding-doubling method”, *SPIE Vol 11057*, <https://lirias.kuleuven.be/2825988?limo=0>
- [23] A. Ferrero, J.R. Frisvad, L. Simonot, P. Santafé, A. Schirmacher, J. Campos, and M. Hebert, 2021, Fundamental scattering quantities for the determination of reflectance and transmittance”, *Optics Express* 29(1), <https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-29-1-219&id=445047>
- [24] J. Fu, J. Frisvad, M. Esslinger, T. Quast, A. Schirmacher, 2022. Preliminary Results of Angle-Resolved BTDF Characterization of Optical Transmissive Diffusers, *Colour and Visual Computing Symposium 2022 (CVCS 2022)*. Identifier: urn:nbn:de:0074-3271-0,https://ceur-ws.org/Vol-3271/Paper13_CVCS2022.pdf
- [25] T. Labardens, P. Chavel, Y. Sortais, M. Hébert, L. Simonot, A. Rabal, G.Obein, 2021, Study and simulations of speckle effects on BRDF measurements at very high angular resolution, *Electronic Imaging*, 33,

Entwicklung und aktueller Stand der Erscheinungsbildmessung

CHRISTIAN DIETZ

1. Einführung

Die Messung des Erscheinungsbildes von Materialien und Oberflächen ist ein zentraler Aspekt der Farbmeterik und visuellen Wahrnehmung, der weit über die reine Farbmessung hinausgeht. Das Erscheinungsbild umfasst verschiedene visuelle Eigenschaften wie Farbe, Glanz, Textur und Transluzenz, die zusammen den Gesamteindruck eines Materials oder einer Oberfläche bestimmen. Um eine konsistente und präzise Bewertung des Erscheinungsbildes zu gewährleisten, haben die Internationale Beleuchtungskommission (Commission Internationale de l'Éclairage, CIE) und die Internationale Organisation für Normung (ISO) im Laufe der Jahre verschiedene Standards und Richtlinien entwickelt. Der folgende Text gibt einen Überblick über die historische Entwicklung und den aktuellen Stand der Erscheinungsbildmessung.

2. Historische Entwicklung der Erscheinungsbildmessung

Bevor die CIE Standards zur Farbmessung entwickelte, legten frühe Ansätze das Fundament für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Farbe. Den für die spätere Farbmeterik wohl wichtigsten lieferte Albert H. Munsell, ein amerikanischer Künstler und Pädagoge. Dieser entwickelte das Munsell-Farbsystem, das Farben nach Farbton, Helligkeit und Sättigung ordnet. Dieses System war einer der ersten Ansätze zur Quantifizierung von Farbe und Grundlage für spätere Entwicklungen in der Farbmessung.

Diese frühen Arbeiten trugen zum Verständnis der Farbordnung bei, aber eine umfassende Methode zur Farbmessung entstand erst durch die CIE. Mit ihrer Gründung 1913 begann die Entwicklung von Standards. Ein großer Fortschritt war 1931 die Einführung des CIE 1931 XYZ-Farbsystems, welches zur Basis der modernen Farbmeterik wurde, und 1976 zum bekannten CIELAB-Farbraum weiterentwickelt wurde. Schnell wurde aber erkannt, dass das Erscheinungsbild von Materialien nicht allein vom Farbton abhängt. Faktoren wie Glanz und Textur wurden als wichtige Bestandteile des Erscheinungsbildes identifiziert.

In den 1930er Jahren trug Richard S. Hunter entscheidend zur Glanzmessung bei, indem er die unterschiedliche Arten des Glanzes definierte. Hunters Arbeit legte den Grundstein für standardisierte Methoden zur Glanzmessung, die von der CIE und ISO übernommen wurden. Diese Methoden sind heute entscheidend für die Qualitätskontrolle in den unterschiedlichsten Industrien.

In den folgenden Jahrzehnten erweiterte die CIE ihre Standards zur Erscheinungsbildmessung um Werke wie die CIE 175:2006 A framework for the measurement of visual appearance, um die visuelle Wahrnehmung umfassender abzubilden.

Diese Entwicklungen und die enge Zusammenarbeit mit der ISO ermöglichten eine globale Anwendung und führten zu einem umfassenderen Ansatz, der nicht nur Farbe, sondern auch Glanz, Textur und Transluzenz einbezieht.

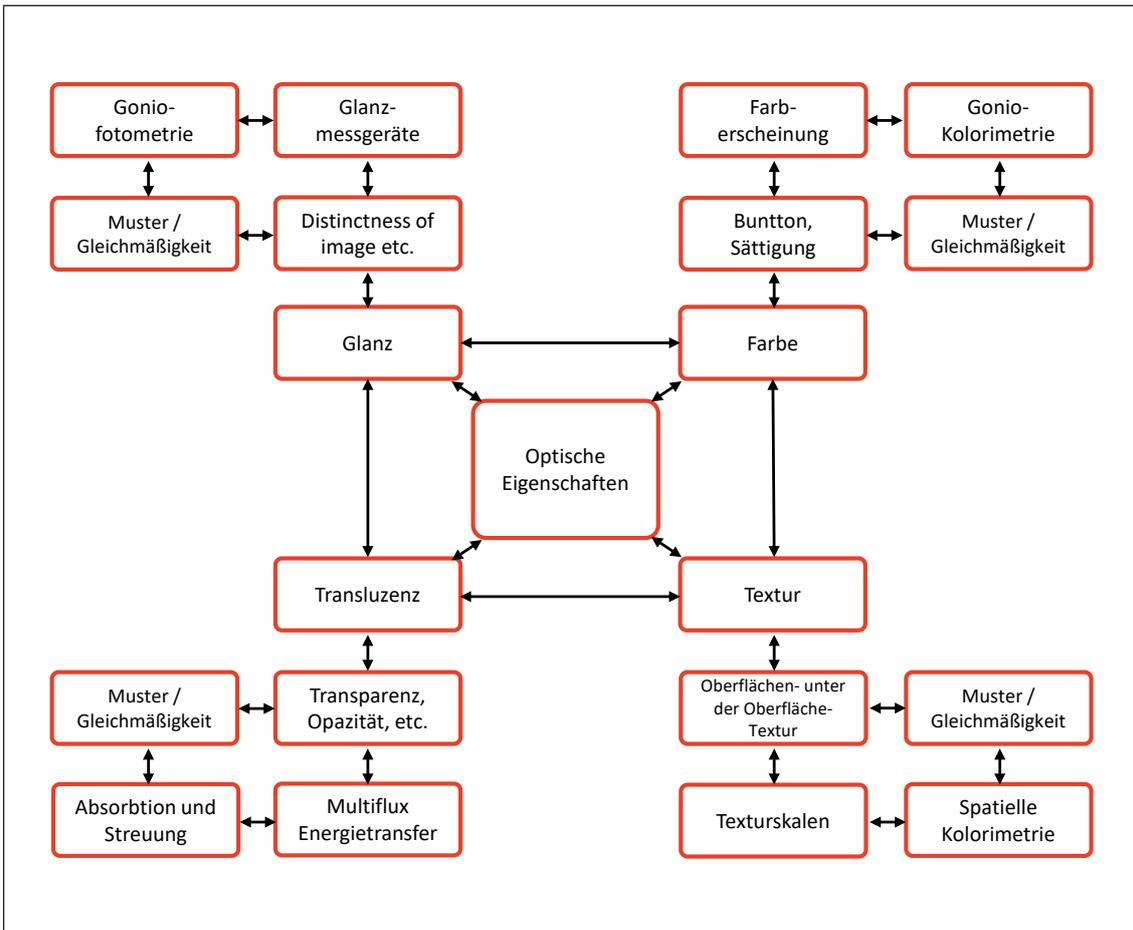


Abbildung 1: Struktur, die die Erweiterung und mögliche Verknüpfung der vier Grundkomponenten des Erscheinungsbildes zeigt. Übersichten aus der CIE 175:2006

3. Der aktuelle Stand der Erscheinungsbildmessung laut CIE und ISO

Heute basiert die Erscheinungsbildmessung auf einem multidimensionalen Ansatz, der sowohl von der CIE als auch von der ISO unterstützt wird. Verschiedene Technologien und Techniken kommen zum Einsatz, um die unterschiedlichen visuellen Attribute wie Farbe, Glanz, Textur und Transluzenz umfassend zu bewerten.

Die enge Zusammenarbeit zwischen der CIE und der ISO hat dazu geführt, dass die Normen zur Erscheinungsbildmessung weltweit konsistent angewendet werden können. Beide Organisationen stellen sicher, dass die entwickelten Normen sowohl den wissenschaftlichen Anforderungen als auch den praktischen Bedürfnissen der Industrie gerecht werden. Die ISO-Normenwerke bieten eine praktische Anwendung der Konzepte und Methoden der CIE und sichern deren breite industrielle Anwendung.

3.1 Farbe

Die Farbmessung ist und bleibt ein zentrales Element der Erscheinungsbildmessung. Die ISO 11664-Serie, die auf den CIE-Standards basiert, bietet eine umfassende Anleitung zur

Farbmessung und Farbberechnung und ermöglicht die präzise Bewertung von Farbdifferenzen unter standardisierten Beleuchtungs- und Beobachtungsbedingungen.

3.2 Glanz

Die Messung des Glanzes wird durch die ISO 2813:2014 geregelt, welche die Basis für viele andere Normen darstellt. Die Messung des reflektierten Lichtanteiles und davon abhängiger weiterer diffuser Effekte wie Haze (Schleier) oder DOI (Distinctness of image – Bildschärfe) ist von entscheidender Bedeutung für die Charakterisierung einer Oberfläche.

3.3 Textur

Die Bewertung der Textur erfolgt durch die Messung der Oberflächenrauheit und anderer Merkmale, die das Streuverhalten des Lichts beeinflussen. Die ISO 4287 definiert die Parameter für die Oberflächenrauheit, während andere Methoden oder Industriestandards (wie z.B. die VDA 280) zur Bewertung von texturrelevanten Attributen herangezogen werden können.

3.4 Transluzenz

Die Transluzenz beschreibt die Fähigkeit eines Materials, Licht zu streuen, während es durch das Material hindurchtritt. Die CIE und die ISO haben Methoden zur genauen Messung der Transluzenz entwickelt, die für die Bewertung der Lichtstreuung und Lichtabsorption in halbtransparenten Materialien wichtig sind.

4. Zukunftsperspektiven

Die CIE und die ISO arbeiten kontinuierlich an der Weiterentwicklung und Verfeinerung der Standards zur Erscheinungsbildmessung, um den technologischen Fortschritten und den sich ändernden Anforderungen der Industrie gerecht zu werden. Fortschritte in der digitalen Bildverarbeitung und optischen Messtechnik führen zu neuen Methodiken, die eine noch präzisere und umfassendere Bewertung des visuellen Erscheinungsbildes ermöglichen. Die Integration von maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz in die Analysen wird die Genauigkeit und Effizienz der Erscheinungsbildmessung und darauf aufbauend auch die digitale Simulation von Materialien weiter verbessern, um Materialien auch in virtuellen Umgebungen glaubhaft darzustellen, wovon wiederum neben der Industrie auch Forschung und Lehre profitieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Erscheinungsbildmessung laut CIE und ISO heute ein multidisziplinäres Feld ist, das weit über die einfache Farbmessung hinausgeht. Mit einem umfassenden Ansatz, der Farbe, Glanz, Textur und Transluzenz integriert, bieten die Normenwerke der CIE und der ISO eine robuste Methodik für die präzise Beurteilung des visuellen Eindrucks von Materialien und Oberflächen. Diese Methoden sind unverzichtbar für die Qualitätssicherung und Produktentwicklung in vielen Industriezweigen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Harmonisierung der Standards wird auch in Zukunft eine zentrale Rolle bei der Verbesserung der visuellen Bewertung und Wahrnehmung von Materialien spielen.

HDR-Technologie – Bilder wie in der Realität

FLORIAN SÜSSL

HDR – bisherige Entwicklung

Der Begriff HDR („High Dynamic Range“, d. h. hoher Kontrastumfang) ist in der Fotografie schon lang bekannt. Wobei unter HDR vor allem Fotos mit künstlerisch betonter Lichter- und Tiefenzeichnung verstanden werden, bei denen Details von hellen und dunklen Bildbereichen bewusst übersteigert kontrastreich und bunt dargestellt werden.

Neben dieser künstlerisch motivierten HDR-Fotografie sind bereits seit einigen Jahren realitätsnahe Aufnahmen von kontrastreichen Motiven möglich. Hochwertige Digitalkameras können pro Aufnahme 14 Blendenstufen differenzieren. Der Kontrastumfang und damit die Wiedergabe heller und dunkler Details einer Szene kann bei der Aufnahme zudem durch computational photography gesteigert werden, indem z. B. ein Bild aus mehreren, unterschiedlich belichteten Aufnahmen berechnet wird (Belichtungsreihe).

Auf den üblicherweise verwendeten SDR-Displays („Standard Dynamic Range“) können solche HDR-Bilder nicht realitätsnah dargestellt werden.

Da mittlerweile HDR-Displays verfügbar sind, können diese HDR-Bilder nun mit hohem Kontrast dargestellt werden – der wesentliche Aspekt des hier behandelten Verständnisses von HDR.

In hochwertigen Smartphones sind HDR-Displays bereits seit mehreren Jahren millionenfach verfügbar, ihre Vorteile bleiben aber im Alltag jedoch oft unbeachtet. HDR-taugliche Displays mit hohem Kontrastumfang, basieren in der Regel auf zwei Technologien: OLED in Smartphones und Mini-LED bei Tablet-PCs und Laptops.

HDR – Herausforderungen

Die bisher im Druck oder auf Displays verwendeten Farbwerte von Bildern oder grafischen Inhalten basieren auf dem Bereich von Schwarz (RGB 0/0/0) bis zu matt reflektierendem Weiß: bei 8bit-RGB 255/255/255 bzw. farbmétrisch LAB L* 100.

Ein wesentlicher Vorteil von HDR ist der sogenannte Headroom, der auch die differenzierte und realitätsnahe Aufnahme und Wiedergabe von Lichtfarben (Selbstleuchter) und glänzend reflektierenden Körperfarben einbezieht, also Motivstellen, die wesentlich heller sind als matt reflektierendes Weiß.

Die gute Darstellung solcher HDR-Bilder setzt ein HDR-Display mit hoher Spitzenhelligkeit voraus. HDR-Monitore sind zudem in der Lage, dunkle Motivbereiche differenziert darzustellen, da OLED- und Mini-LED-Displays in schwarzen Bildbereichen kein Licht emittieren. Bei einfachen LCD-Monitoren hingegen wird die gesamte Monitorfläche flächig hinterleuchtet, weshalb schwarze Stellen dunkelgrau erscheinen – neben der geringeren Spitzenhelligkeit der zweite Grund für den deutlich geringeren Gesamtkontrast von SDR-Monitoren.

Da bei der Ansteuerung von SDR-Monitoren nicht zwischen dem bisher genutzten Helligkeitsbereich und dem Headroom unterschieden wird, wirken HDR-Bilder auf

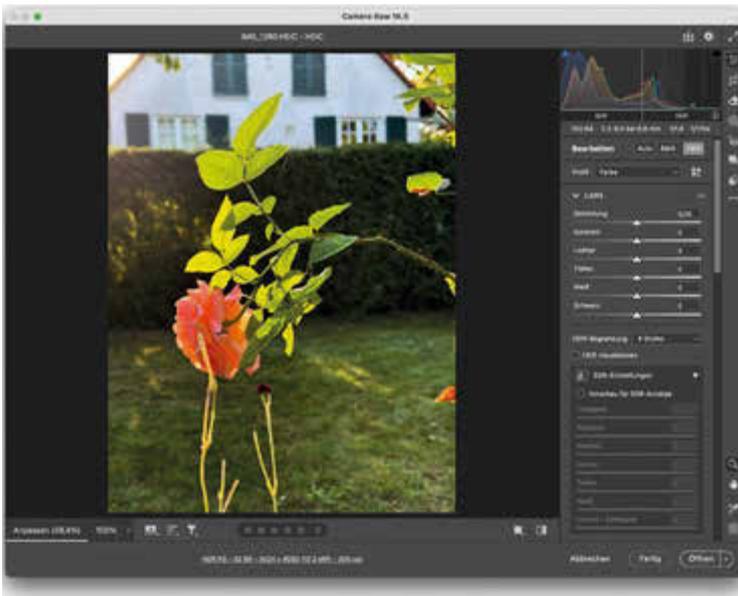


Abbildung 1: Bearbeitung eines HDR-Bildes in Adobe Photoshop. Im Histogramm rechts oben sind SDR- und HDR-Bereich (Headroom) markiert.

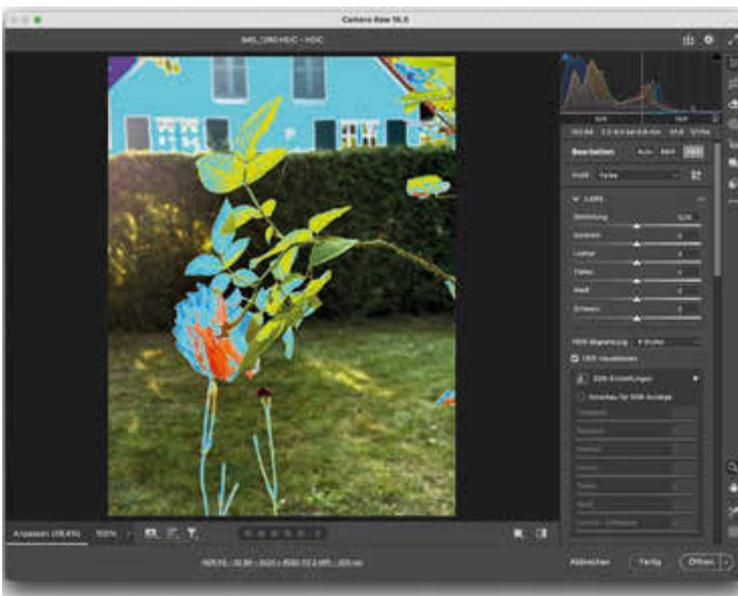


Abbildung 2: Bildbereiche des HDR-Headroom können farblich markiert dargestellt werden. Die Fehlfarben Cyan, Blau und Violett entsprechen jeweils einer Blendenstufe – hier drei Blendenstufen über Diffus-Weiß.

SDR-Displays entweder zu dunkel oder helle Bereiche (Headroom) erscheinen flächig weiß.

Um die Inhalte auch auf den weiterhin verwendeten SDR-Displays sinnvoll darstellen zu können, müssen HDR-Bilder durch sogenanntes Tone-Mapping umgewandelt werden. Daher werden pro Motiv zumindest zwei Varianten benötigt – eine für die Darstellung auf HDR-Displays und eine weitere für SDR-Displays. Aus einer HDR-Aufnahme kann die SDR-Variante prinzipiell auf zwei Wegen erzeugt werden – automatisch z. B. durch den Webbrowser oder durch individuelle Bildbearbeitung z. B. in Adobe Photoshop.

HDR – Was fehlt noch, ist ausbaufähig?

Um die originalgetreue Wiedergabe von HDR-Motiven auch messtechnisch überprüfen zu können, sind orts aufgelöste Farb- und Leuchtdichte-Aufnahmen der gesamten Kette von der realen Szene über die Aufnahme bis zur Wiedergabe auf Displays wünschenswert.

Eine große Herausforderung stellt der Umgang mit HDR in der Web- und Printausgabe mit der nötigen Erweiterung der entsprechenden Dateiformate dar. Betroffen sind Bilddatenformate, die Spezifikationen des International Color Consortiums für die Standardisierung im Colormanagement und das nicht nur für die Druckausgabe wichtige Dateiformat PDF. So kennt PDF bisher keinen Headroom, unterscheidet also nicht zwischen Diffus-Weiß und der Spitzenhelligkeit von HDR-Bildern.

Die Unterstützung von HDR ist zudem auf wenige Webbrowser und Desktop-, bzw. Laptop-Computer beschränkt. Das verhindert eine breite Nutzung, da Webinhalte nach Auswertung der u. a. für die geräteoptimierte Bereitstellung erhobenen Geräteinformationen zu 90% auf Smartphones und nur zu jeweils 5% auf Tablet- und Desktop-/Laptop-PCs konsumiert werden.

Das von den Herstellern bei der Erstellung (Bildbearbeitung) und Ausgabe (Webbrowser) unterschiedlich implementierte Tone-Mapping führt dazu, dass ein HDR-Foto auf demselben Monitor im Bildbearbeitungsprogramm anders aussieht als im Webbrowser.

Die professionelle Bearbeitung von HDR-Inhalten setzt zudem den Einsatz von Monitoren voraus, die vom Anwender messtechnisch, d. h. per Hard- und Software kalibrierbar sind. Das Angebot solcher Monitore für die professionelle Bildbearbeitung im Bereich Fotografie und Druck ist noch zu gering.

Für eine praxistaugliche Qualitätssicherung bei der Bearbeitung und Darstellung von HDR-Inhalten fehlt zudem die Möglichkeit einer herstellerunabhängigen Gerätekalibrierung und Qualitätsbewertung, wie sie z. B. im Druckbereich zur Überprüfung der Softproofdarstellung und für Proofdrucke Standard ist.

HDR – Ausblick

Für viele der genannten Einschränkungen sind bereits Lösungen in Sicht. So ist die Standardisierung von Bilddatenformaten bereits weit fortgeschritten, z. B. in der ISO 21496-1. Diese Norm definiert mit der sogenannten Gain-Map eine datensparsame Tone-Mapping-Technologie zur Bereitstellung eindeutig definierter SDR- und HDR-Repräsentationen eines Motivs in einer Bilddatei. Mit Adobe Photoshop können bereits JPEG-Dateien mit Gain-Map erzeugt werden, was für den alltagstauglichen und rückwärtskompatiblen Einsatz auf Webseiten wichtig ist.

Mit Micro LED wird eine hinsichtlich Auflösung, Leuchtdichte und Farbigkeit leistungsfähigere Displaytechnologie entwickelt, die derzeit noch auf Nischenanwendungen sehr kleiner oder sehr großer Displays beschränkt ist.

Für eine breite Nutzung von HDR-Bildern muss nur noch eine wesentliche Voraussetzung erfüllt werden: die Unterstützung von HDR in Webbrowsern und Apps auf mobilen Geräten.

Die Farbe in der Drucktechnik

ANDREAS KRAUSHAAR

Ein wesentlicher Aspekt, der für die Farbe spricht, ist ihre Unabhängigkeit von der angewandten Technik. Daher lassen sich die meisten Anwendungsbereiche der Farbenlehre in der Drucktechnik als identisch oder doch sehr ähnlich im Vergleich zu anderen Farbindustrien beschreiben. Interessant ist, dass der erste DfwG-Vortrag im Jahr 1974 über die Trocknung von UV-Druckfarben handelte.

Der folgende Artikel konzentriert sich daher auf wesentliche Besonderheiten der Druckindustrie im Hinblick auf die Farbenlehre im Allgemeinen bzw. der Farbmetrik im Speziellen. Es handelt sich zum einen um das Fehlen einer physischen Referenz und der damit verbundenen größeren Farbtoleranzen in der Farbproduktion und zum anderen um die Wahl der Normlichtart D50 (anstatt D65).

Übliche farbwissenschaftliche Fragestellungen wie die Auswahl und Spezifikation der gewünschten Farbe unter Zuhilfenahme geeigneter Farbordnungssysteme im Design, die Visualisierung mittels physischer Muster bzw. der Bildschirmdarstellung (Softproof) sowie die Erstellung und Bewertung des finalen Produkts gleichen anderen Farbindustrien doch sehr. Selbstredend zeigen sich Unterschiede in den konkreten Methoden zur Berechnung bzw. Modellierung der Farbreizentstehung im Vergleich zu den Verfahren in der Textil-, Kunststoff- oder Lackapplikation. Die Schwierigkeiten der farbgenauen Modellierung des Druckprozesses stellen beispielsweise auch heute noch eine Herausforderung für Farbforscher dar, beispielsweise bei der Modellierung des Inkjetdrucks oder der unterschiedlichen Oberflächenveredelungsverfahren.

Die grundlegende Arbeitsweise im Druckprozess, welche sich in den Bereichen Werbe-, Verpackungs- sowie industrieller Druck weitgehend wiederfindet, ist in Abbildung 1 dargestellt.

Der Druckprozess nimmt seinen Anfang mit der Idee des Kunden. Die Vielfalt im Designprozess lässt sich am treffendsten mit dem bildhaften Vergleich von „Kraut und Rüben“, beschreiben, wobei die Fogra in schriftlicher Form meist von „Daten unbekannter Qualität und Herkunft“ spricht. Es gibt in der Tat Agenturen und Produzenten, die Druckdaten qualitativ aufbereiten (PDF/X) und samt farbverbindlichem Prüfdruck für die korrekte Druckbedingung dem Druckdienstleister zur Verfügung stellen. Dies ist jedoch die Ausnahme. Daher obliegt es in der Praxis zumeist dem Drucker, die angelieferten Daten zu interpretieren und für den Druck aufzubereiten. In diesem Kontext erweist sich die Referenz, d. h. die gewählte Referenzdruckbedingung (Fogra-Standard, z. B. FOGRA51), als entscheidender Faktor. Sie beschreibt den finalen Druckprozess mit allen Stärken und Schwächen und dient somit als Referenz für den Prüfdruck. Der Prüfdruck dient somit der Vorhersagbarkeit des Kunden sowie der zu erreichenden Referenz des Druckers – und beiden als Referenz im Streitfall. Die jeweiligen Toleranzen sind in hohem Maße vom Anwendungsfall abhängig. Dabei haben sich der von der Fogra entwickelte Prozessstandard Offsetdruck (PSO) sowie der Prozessstandard Digitaldruck (PSD) international etabliert. In der Praxis zeigt sich, dass der Drucker auf eine Vielzahl von Materialien druckt, ohne dass dies zu Problemen führt. Allerdings entspricht die vorhandene Druckbedingung („Aktuelle DB“) in den wenigsten Fällen der Referenzdruckbedingung, sodass eine Umhe-

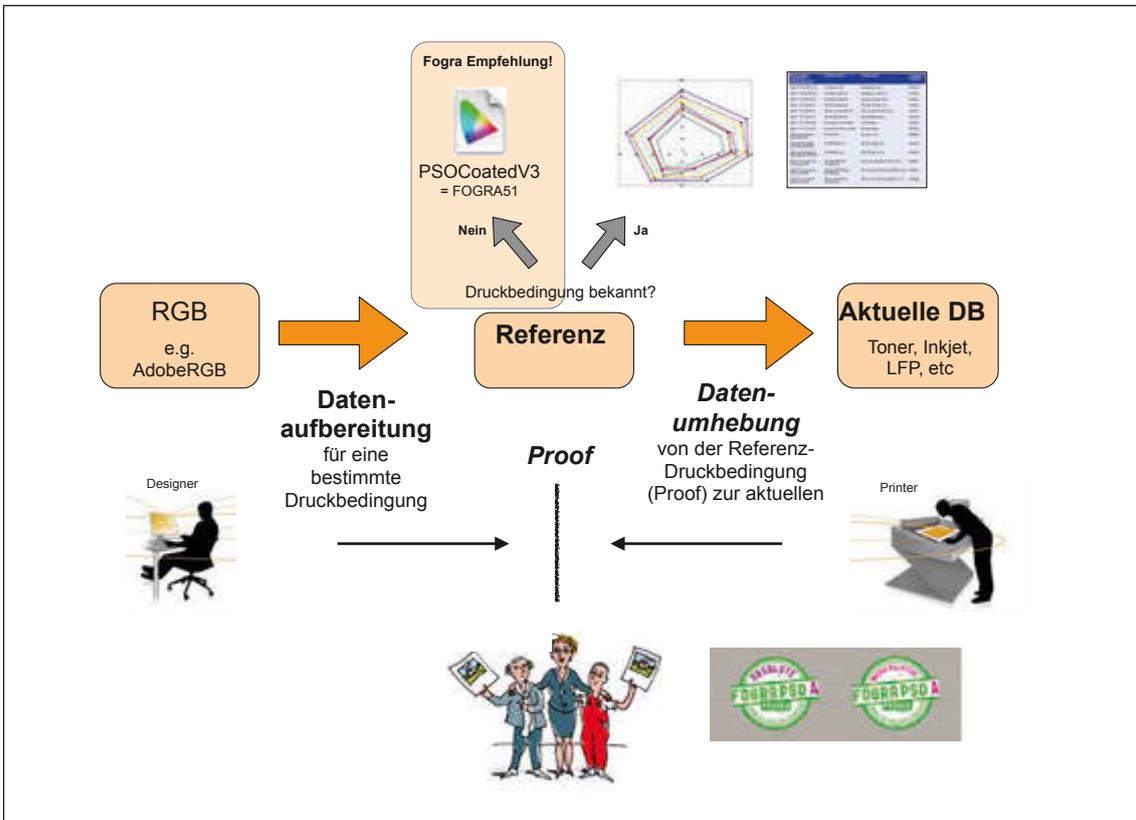


Abbildung 1: Darstellung des prinzipiellen Arbeitsablaufs in der Druckproduktion.

bung der Druckdaten erforderlich ist. Für diese notwendigen Farbtransformationen hat sich das ICC-Farbmanagement als hervorragend geeignet erwiesen.

Die vorliegende Workflow-Beschreibung offenbart einen signifikanten Unterschied zu allen anderen farbgebenden Industrien. In vielen Fällen dient eine Druckdatei mit einer konkreten Farbangabe (CIELAB-Wert samt Messbedingung) als Referenz. Der Druckdienstleister ist folglich nicht in der Lage, ein physisches, einfarbiges Muster zu vermessen und dieses mithilfe seiner etablierten Färbetechnik und Erfahrung auf seinen Reproduktionsprozess zu übertragen. Der erwähnte Unterschied wurde mir bewusst, als ich wahrnahm, dass andere Anwender von Farben die Farbtoleranzen in der Druckindustrie als zu groß empfinden. Selbstverständlich ist es möglich, ein Muster und dessen Reproduktion mit einem Messgerät zu realisieren, das deutlich kleinere Farbabstände aufweist, als dies bei fünf Dienstleistern der Fall wäre, die jeweils ein anderes Messgerät verwenden und einen CIELAB-Wert nachstellen müssen.

An dieser Stelle ist ein weiterer Unterschied zu anderen Färbetechniken hervorzuheben. Das Druckverfahren ist in der Lage, Millionen verschiedener Farben auf einmal zu erzeugen, während die meisten anderen Verfahren immer eine Farbe für ein bestimmtes Verfahren rezeptieren und anpassen. Während diese meist deckend und damit unabhängig vom Untergrund (und anderen „störenden“ Effekten) sind, ist es das Druckverfahren, das mit lasierenden Farbschichten diese „Effekte“ beherrscht und eine Farbvielfalt in beeindruckender Art und Weise hervorbringt.

Zuletzt soll noch der offensichtlichste Unterschied zwischen der Druckindustrie und allen anderen Färbeverfahren erläutert werden – die Frage der Normlichtart. Es ist auch vielen Vertretern der Druckindustrie nicht immer klar, warum sie D50 und nicht D65 verwendet.

Etablierung von Beleuchtungsvorgaben in der Druckindustrie

In der Druckindustrie hat man sich seit den 1970er Jahren auf ein mittleres Tageslicht mit einer Farbtemperatur von 5000 K geeinigt – D50 (engl. Daylight). Wichtig ist hierbei festzustellen, dass die gegenwärtigen Methoden des Vierfarbendrucks prinzipiell nur bei einer einheitlichen Beleuchtung im Stande sind, eine farbgenaue Reproduktion von der Farbaufnahme bis zur Wiedergabe zu realisieren. Die durchgängige Verwendung einer einzigen Lichtart wird in der Praxis leider nicht immer berücksichtigt. Dies führt nicht selten zu Reklamationen und teuren Nacharbeiten, da Kunde und Auftraggeber Vorlage und Druck (Nachstellung) unter verschiedenen Beleuchtungen betrachten.

Die Frage nach der „richtigen“ Farbtemperatur

Die Praxis der Druckvorlagenherstellung zeigt seit langem einen drastischen Rückgang von Durchlichtvorlagen (Dias). Der Farbvergleich zwischen transparenten Vorlagen und Drucken war in der grafischen Industrie allerdings ausschlaggebend für viele Richtlinien sowie für die Kompromissbildung bei der Entwicklung von Normvorgaben¹. Diese Kompromisse basieren auf den unterschiedlichen Abmusterungsanforderungen von Durchsicht- und Aufsichtproben, die im Folgenden beschrieben werden.

Transparente fotografische Vorlagen sind derart ausgelegt, dass sie bei Betrachtung mit einer Projektionslampe farbneutral erscheinen. Da Projektionslampen ungefähr eine Farbtemperatur von 3000 K bis 4000 K besitzen, erschien es zweckmäßig, auch diese Farbtemperatur für die Abmusterung festzulegen. Für die Abmusterung von Aufsichtsvorlagen und Drucken war allerdings eine Kunstlichtquelle nicht notwendig. Es hat sich vielerorts eingebürgert, diese bei Tageslicht abzumustern, das für die nördlichen Breiten beim Blick aus dem Nordfenster charakteristisch ist.

Ausschlaggebender Grund für die Verwendung des Tageslichts ist, dass es in der Regel neutraler empfunden wird als die herkömmlichen Kunstlichtquellen (Glühlampen). Ein weiterer Vorteil des im Vergleich zur Glühlampe tendenziell bläulichen Tageslichts ist eine zunehmende Kontrasterhöhung von Farben, die im blauen Spektralbereich ihr Absorptionsmaximum haben, wie z. B. Gelbtöne. Ein direkter Vergleich der Normlichtart D50 mit D65 hinsichtlich der maximal differenzierbaren Farbschattierungen zeigt leichte Vorteile in den Cyan- und Magentafarben bei D50. Für andere Farben sind die Unterschiede nicht signifikant.

Der zuvor erwähnte Kompromiss der Druckindustrie, die Tageslichtart D50 für die Abmusterung und somit auch für die Farbmessung zu verwenden, hatte folgenden Hintergrund. Die Anwender sollten durch unterschiedliche Vorgaben für die Abmusterung von fotografischen Durchsichtsvorlagen (ca. 3800 K²) und Drucken (ca. 6500 K³) nicht unnötig verunsichert werden. Man wollte Druckbetrieben nicht zumuten, in der Repraabteilung

andere Lampen zu installieren als im Drucksaal. Folglich wurde mit D50 (≈ 5000 K) eine Farbtemperatur dazwischen gewählt.

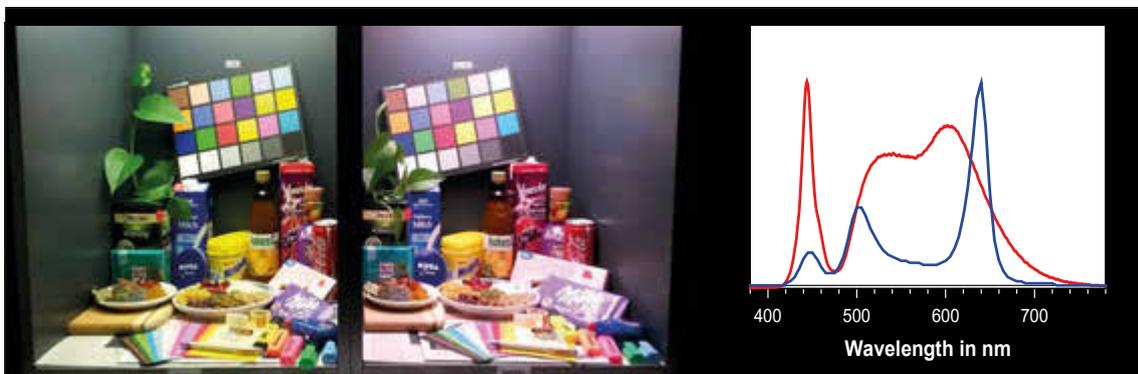
Andere farbverarbeitende Industriezweige, wie beispielsweise die Textil- oder Papierindustrie, waren nicht mit den Ursachen für diesen Kompromiss konfrontiert und arbeiten seit langem mit der CIE-Normlichtart D65.

- 1 Schläpfer. K.: Normierung der Farbabbildung in der graphischen Industrie In: Ugra-Mitteilungen (1974), Nr. 2
- 2 Norm ANSI PH 2.23 : 1961. Viewing Photographic Color Prints and Transparencies. Bezug: ANSI, <http://www.ansi.org/>
- 3 Norm DIN 6173-2:1983. Farbabbildung; Beleuchtungsbedingungen für künstliches mittleres Tageslicht. Bezug: Beuth-Verlag, 10772 Berlin

Farbe in der Licht- und Beleuchtungstechnik

CHRISTOPH SCHIERZ, KARIN BIESKE

Anfang der 2000er Jahre hielten LED-Lichtquellen Einzug in die Beleuchtungstechnik. Motivation war erst die bessere Energieeffizienz gegenüber der Glühlampe und später die Quecksilberfreiheit gegenüber der Entladungs- bzw. der Leuchtstofflampe. Dieser Wechsel bedingte eine Änderung des typischen Lichtspektrums von weißem Licht, die viele alte Fragen der Farbmeterik wieder in den Fokus der wissenschaftlichen Diskussion brachte. Die Etablierung von LEDs in der Innenraumbeleuchtung inspirierte viele Forschungsthemen in den Folgejahren. Peter Bodrogi von der TU Darmstadt leitete von 2012 bis 2018 die Arbeitsgruppe „Farbmeterik, Grundlagen“ der DfwG, die sich unter anderem in vertiefenden Expertenseminaren intensiv mit den Themen auseinandersetzte. Das große Interesse an der Anwendung von Farbe in der Licht- und Beleuchtungstechnik spiegelt sich auch in der Zahl der wissenschaftlichen Arbeiten wider, die mit dem DfwG-Förderpreis ausgezeichnet wurden.



Versuchsaufbau zur Untersuchung des Einflusses des Spektrums auf die Farbwiedergabeeigenschaften, der im Rahmen der Masterarbeit von Ulla Hartwig eingesetzt wurde.

Farbwiedergabe und Farbpräferenz

Das Thema Farbwiedergabe war für viele Jahre ein Forschungsschwerpunkt sowohl am Fachgebiet Lichttechnik an der TU Ilmenau als auch an der TU Darmstadt. So zeigte sich etwa in Experimenten, dass einige LEDs visuell eine bessere oder eine schlechtere Farbwiedergabe aufweisen als der allgemeine Farbwiedergabeindex beschreibt. Den Zusammenhang zwischen Spektrum, Farbwiedergabeeigenschaft und subjektiver Bewertung untersuchte Katharina Jungnitsch in ihrer Diplomarbeit an der TU Ilmenau, für die sie 2006 den DfwG-Förderpreis erhielt. Lampen mit diskontinuierlichen Spektralverteilungen erwiesen sich als besonders kritisch. Auch an der TU Darmstadt wurde intensiv zum Thema Farbwiedergabe geforscht. Nathalie Krause erhielt 2013 den DfwG-Förderpreis für ihre Arbeit zur Bewertung der Farbwiedergabe, in der sie die Reflexionsspektren von Objekten unter verschiedenen weißen Lichtquellen analysierte. Sebastian Babilon wurde 2019 mit dem DfwG-Förderpreis für seine Doktorarbeit ausgezeichnet. Er untersuchte mit Hilfe von Gedächtnisfarben, wie weit der Farbwiedergabeindex durch eine Farbpräferenz als Farbqualitätsmetrik abgelöst werden kann.

Peter Bodrogi, unter Leitung von Professor Khanh an der TU Darmstadt, arbeitete auf dem Gebiet auch international in der CIE-Division 1. Er leitete das TC 1-62 „Color Rendering of White LED Light Sources“ (Publikation CIE 177:2007) und das TC 1-68 „Effect of stimulus size on colour appearance“ (Publikation CIE 208:2011). Zudem war er Berater im CIE TC 1-90 (Publikation CIE 224:2017 „Colour Fidelity Index for accurate scientific use“). Parallel dazu wurde im TC1-91 „New Methods for Evaluating the Colour Quality of White-Light Sources“ nach weiteren Maßen für die Beschreibung der Farbqualität einer Beleuchtung gearbeitet (Publikation in Vorbereitung).

Farbdiskrimination und Farbabstand

Die Produktstreuung bei der Herstellung von LEDs ließ auch wieder die Frage nach der Farbdiskrimination als Grundlage für ein Qualitätsmerkmal aufkommen: Was sind wahrnehmbare und was tolerierbare Lichtfarbenunterschiede bei LEDs, bei Leuchten in einem Raumbereich und zwischen angrenzenden leuchtenden Flächen? Wie gut lassen sich Lichtfarbenunterschiede bei unterschiedlichen Spektralverteilungen beschreiben? Es wurden mit Hilfe von Testpersonen unterschiedliche Farbabstandsformeln wie die MacAdam-Ellipsen, $\Delta u'v'$ und Farberscheinungsmodelle wie CIECAM02 in Untersuchungen überprüft. Guido Kramer berichtete auf der DfwG-Jahrestagung 2013 über seine Doktorarbeit an der TU Ilmenau, die zeigte, dass die MacAdam Ellipsen für die Unterscheidung von Lichtfarben nicht geeignet sind, da sie die Farbumstimmung nicht berücksichtigen. In ihrer 2019 ausgezeichneten, an der Hochschule München und der Fogra geschriebenen Masterarbeit entwickelte Carolin Breit eine Farbtabelle zur subjektiven Bewertung von Farbunterschieden, auf deren Basis technologieneutrale Gütekriterien für die Eignung von LED-Leuchten in abmusterungskritischen Beleuchtungssituationen ermittelt werden konnten. Die mit dem DfwG-Förderpreis 2009 ausgezeichnete Diplomarbeit von Katrin Möller beschrieb, wie die Lichtfarbe eines LED-Scheinwerfers mittels Temperaturkennlinien und/oder mit Einsatz eines Farbsensors stabilisiert werden kann.

Farbmetamerie

Erste Versuche wurden mit farbigen LEDs in Kombination mit Leuchtstofflampen, mit farbigen Leuchtstofflampen- und LED-Kombinationen unternommen. Bei subjektiven Abmusterungen von metamer ausgelegten Versuchsaufbauten, für die identische Farbkoordinaten gemessen wurden, fielen deutlich wahrnehmbare Lichtfarbenunterschiede auf, die sich nicht aus Messunsicherheiten und Beobachterfeldgröße erklären lassen. Für die seit 1931 gültigen Spektralwertfunktionen wurden daher Variationen untersucht und vorgeschlagen, die das Problem beheben und LED-Spektren besser bewerten sollen. In diesem Zusammenhang wurden 2018 sowohl die Dissertation von Saskia Polster als auch die Masterarbeit von Johannes Michl, beide von der TU Ilmenau, mit dem DfwG-Förderpreis geehrt.

Mischung von Lichtfarben

Die Entwicklung von LEDs als Lichtquellen für die Innenraumbeleuchtung erlauben eine einfache Variation der Lichtfarbe. Hier besteht eine weitere starke Verbindung zwischen Licht und Farbe in der Beleuchtungsanwendung. Über die Lichtfarbe kann bei gleicher Lichtleistung die nichtvisuelle Lichtwirkung beeinflusst werden, die mit Wirkungen auf Wohlbefinden und Gesundheit in Verbindung gebracht wird. Dies ist ein sehr aktuelles Thema in der Licht- und Beleuchtungstechnik.

Die DfwG-Förderpreise 2022 und 2023 gingen an die TU Darmstadt. In ihrer prämierten Masterarbeit untersuchte Elisabeth Kemmler die Präferenz von weißen Lichtfarben, die sich oberhalb oder unterhalb des Planckschen Kurvenzugs befinden, und welche Faktoren diese subjektive Bewertung beeinflussen. Insbesondere spielte die Wahrnehmung der weißen Wände eine nachweisbare Rolle. Christian Endl wurde für seine Masterarbeit ausgezeichnet, die sich mit der dynamischen Regelung eines Mehrkanal-LED-Systems beschäftigte, um einen konstanten Weißpunkt sowie eine konstante Farberscheinung von Objekten zu gewährleisten. Adrian Eissfeldt erhielt den Preis für seine Dissertation, in der er die Optimierung LED-basierter adaptiver Tageslichtsysteme unter Berücksichtigung der Beobachtermetamerie untersuchte.

Weitere Themen, die im Zusammenhang mit Farbmischungen für LED-Beleuchtung untersucht wurden, betreffen die gewünschte Dynamik und Veränderlichkeit der Lichtfarbe (Karin Bieske, Dissertation, TU Ilmenau, 2010). Dabei stellen sich Fragen, wie Lichtfarbenänderungen realisiert werden können, ohne das Sehen zu beeinträchtigen. Wie schnell und in welchen Schrittwerten sind durch Steuerung Anpassungen möglich? Welche Parameter beeinflussen die Wahrnehmung in welchem Maße (z. B. Beleuchtungsniveau, Variationsrichtung, Änderungsgeschwindigkeit, Effekte auf die Farbwiedergabeeigenschaften und Adaptation)? Im Kontext der nichtvisuellen Lichtwirkungen bleibt die Steuerung bzw. Regelung der Lichtfarbe ein hochrelevantes Thema in der Licht- und Beleuchtungstechnik.

Praktische Qualitätskontrolle am Beispiel des Farbmesssystems colorCONTROL

JOACHIM HUEBER, MICRO-EPSILON ELTROTEC GMBH

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

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

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

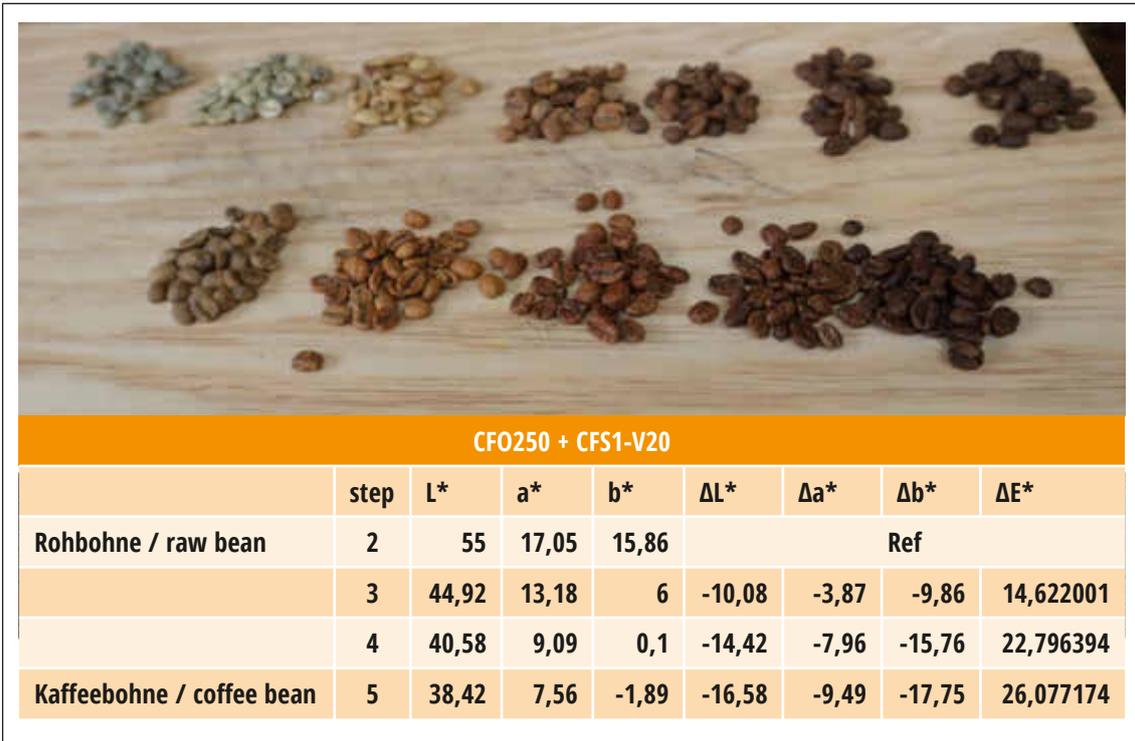
Die Einfärbung und Farbgebung Materialien wird aber auch zur Unterscheidung von einzelnen Produkten und Funktionen als Kennzeichnung genutzt. Hierbei wird mit Farbsensoren zum einen überprüft ob die Farbe entsprechend richtig ist und zum anderen die Teile in gleichartige Verpackungen sortiert.

In Zeiten zunehmender Umweltbewusstheit und steigender Rohstoffkosten wird die effiziente Nutzung von Ressourcen immer wichtiger. Präzise Farbsensoren sind eine innovative Lösung, um genau dieses Ziel zu erreichen. Durch den Einsatz von Farbsensoren kann die Materialverschwendung erheblich reduziert werden. Farbabweichungen und Fehlproduktionen werden frühzeitig erkannt, sodass Produktionsabläufe effizienter gestaltet und Rohstoffe optimal genutzt werden können. Dies führt nicht nur zu einer Senkung der Produktionskosten, sondern leistet auch einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz.

Insgesamt ist die Farbmessung in industriellen Anwendungen ein unverzichtbares Werkzeug, das dazu beiträgt, die Qualität, Konsistenz und Ästhetik von



Messung der Farbe in der Röstkammer durch ein Schauglas mit dem relativen Farbmesssystem colorSENSOR CFO200 und Winkelsensor CFS1



Röststufen und deren Farbwerte ermittelt mit colorSENSOR CFO200

Produkten zu sichern. Durch den Einsatz moderner Technologien und präziser Messmethoden können Unternehmen sicherstellen, dass ihre Produkte den höchsten Standards entsprechen und die Erwartungen der Kunden übertreffen.

Nachgefragt von Karin Bieske (KB):

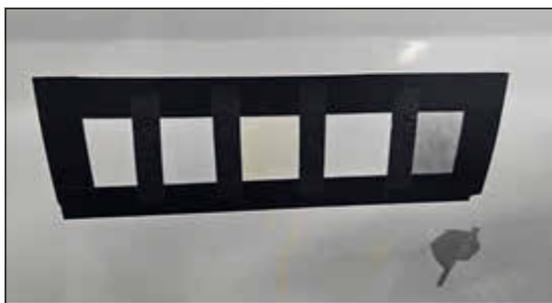
KB: Was waren die Entwicklungsschritte, Herausforderungen für die erfolgreiche Nutzung von Farbsensoren in der industriellen Anwendung in den letzten Jahren?

JH: Ursprünglich wurden die relativen Farbmesssysteme colorSENSOR CFO für die Smarte Erkennung von Farben entwickelt, um das Ergebnis einfach an eine SPS per Digital I/O zu übertragen. In den vergangenen Jahren kam es aber immer häufiger dazu, dass die Farbwerte auch in Produktionsdokumenten gespeichert werden mussten und somit kamen immer neue Protokolle und Schnittstellen dazu.

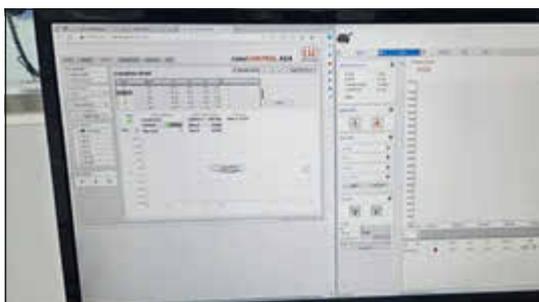
KB: Wie ist das Auflösungsvermögen bei der Messung? Welche Messmethodik wird typisch eingesetzt? wird spektral oder integral gemessen?

JH: Mit unseren relativen Farbmesssystemen wird im Dreibereichsverfahren mit an die Augenempfindlichkeitskurven angelehnten Filtern im XYZ gemessen. Hierbei entsprechen die Filtercharakteristiken annähernd D65 und 10°.

Mit unserem spektralen Farbmesssystem colorCONTROL ACS7000 wird das empfangene Licht mit einem 5 nm Gitter zerlegt und von einer Zeile aufgenommen.



Karosserie Farbmessung Inline: Unterschiedliche Weißtöne und Silberfarben



Anzeige der Farbwerte in der Weboberfläche des Spektralmessenden Farbmesssystems colorCONTROL ACS7000



Berührungslose Farbmessung an einer Karosse mit dem spektralen Farbmesssystem colorCONTROL ACS7000 mit einem Ringsensor 45°:0°

KB: Wie wird die Beleuchtung für die Messung angepasst?

Wir verwenden in unseren Messsystemen LED-Beleuchtungen. Bei den relativen Farbmesssystemen wird die Beleuchtung immer anhand des am stärksten reflektierenden Teil eingestellt, so dass es bei der Prüfung in der Regel zu keiner Überbelichtung des Empfangschips kommt.

KB: Erfolgt eine orts aufgelöste Messung mit Bilderkennung?

JH: Die Messung mit unseren Messsystemen erfolgt nur punktuell.

KB: Was sind typische Messzeiten, Messgeschwindigkeiten und was sind Herausforderungen beim Einsatz in harschen Umgebungen?

JH: In der Regel wird in den industriellen Anwendungen mit einer Messfrequenz von 1 kHz gemessen. Es gibt aber auch sehr schnelle Prozesse bei denen 7500 Teile pro Sekunde erkannt und sortiert werden müssen. Dies kann der colorSENSOR CFO200, da er mit einer Messfrequenz von bis zu 30 kHz messen und über die Digitalen I/O's das Ergebnis ausgeben kann.

Die größte Schwierigkeit bei der berührungslosen Farbmessung sind Abstandsschwankungen oder Größenunterschiede der zu prüfenden Teile. Hier muss man entweder den Sensor nachführen oder die Messung triggern, so dass nur Messwerte bewertet werden, in denen der Abstand zwischen Teil und Sensor korrekt war.

KB: Welche Toleranzen, Farbunterschiede müssen erkannt werden?

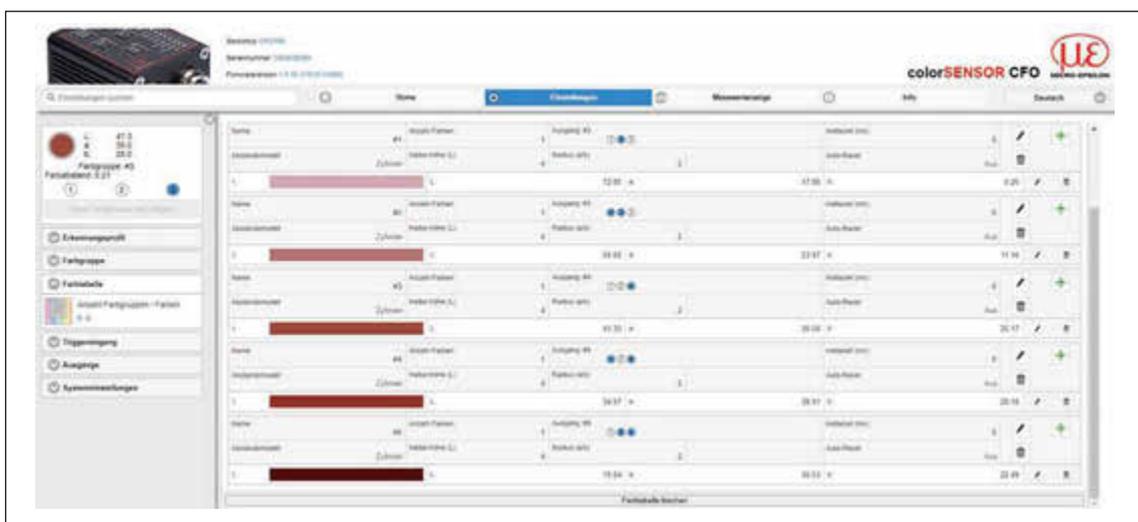
JH: Das kommt ganz auf die Anwendung darauf an. In den meisten Fällen wollen die Kunden nur Ihre Produkte kontrollieren bzw. unterschieden können. Hierbei handelt es sich meistens um sehr große Unterschiede. Bei anderen Anwendungen müssen Farben mit $\Delta E < 1$ erkannt oder mit dem spektralen Messverfahren vermessen werden.

KB: Welches sind Herausforderungen für die Zukunft?

JH: Schnelle Messdatenübertragung; Einbindung in OPC U/A; höhere Messgenauigkeit zu einem günstigeren Preis uvm.



Messung der Eintrübung von Waschwasser mittels relativer Farbmessung colorSENSOR CFO200 mit Transmissionssensor CFS3



Darstellung der relativen Messwerte des colorSENSOR CFO200 in seiner Weboberfläche

VI. DfwG IN ZAHLEN UND FAKTEN

DfwG in Zahlen und Fakten

KARIN BIESKE, FRANK ROCHOW, WERNER RUDOLF CRAMER

Die Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft (DfwG) e.V. ist ein gemeinnütziger Verein zur Förderung von Forschung und Verbreitung neuerer Erkenntnisse auf dem Gebiet der Farbwissenschaft. Sie wird geleitet durch das Präsidium, bestehend aus dem Präsidenten, dem Vizepräsident, dem Schatzmeister und dem Sekretär, der die Geschäfte des Vereins führt. Bis 1994 unterstützte ein Beirat die Arbeit des Präsidiums. Später zählten zum erweiterten Vorstand die Leiter der DfwG-Arbeitsgruppen.

Das Präsidium der DfwG



1974–1982

Präsident: **Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Richter**
Vizepräsident: Dr.-Ing. Heinz Terstiege
Sekretär: Dr.-Ing. Georg Geutler
Schatzmeister: Dr.-techn. Werner Kunz
Beirat: Prof. Stephan Eusemann
 Dr. Udo Fischer
 Dr. Fritz Heinrich
 Dr. Jürgen Krochmann



1982–2001

Präsident: **Prof. Dr.-Ing. Heinz Terstiege**
Vizepräsident: Dr. Fritz Sadowski (bis 1986)
 Dr. Fritz Fister (1986 – 1989)
 Frank Rochow (1989 – 1998)
Sekretär: Dr.-Ing. Georg Geutler (bis 1998)
 Frank Rochow (ab 1998)
Schatzmeister: Dr.-techn. Werner Kunz (bis 1997)
 Lutz Grambow (ab 1997)
Beirat: Dr. Udo Fischer
 Dr. Jürgen Krochmann
 Dr. Dietrich Strocka



2001–2013

Präsident: **Dr.-Ing. Gerhard Rösler**
Vizepräsident: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Hill
Sekretär: Frank Rochow
Schatzmeister: Lutz Grambow (bis 2007),
 Dr.-Ing. Carsten Steckert (ab 2007)



2013–2017

Präsident: **Prof. Dr.-Ing. Bernhard Hill**
Vizepräsident: Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz
Sekretär: Frank Rochow
Schatzmeister: Dr.-Ing. Carsten Steckert

seit 2017



Präsident:
Dr.-Ing. Andreas Kraushaar



Vizepräsident:
 Prof. Dr. sc. nat.
 Christoph Schierz



Sekretärin:
 Dr.-Ing. Karin
 Bieske



Schatzmeister:
 Dr.-Ing. Carsten
 Steckert

DfwG-Ehrenmitglieder

Aufgrund ihres Engagements und ihrer hervorragenden Verdienste für die Farbwissenschaft und das Ansehen der DfwG national wie international schlug, der Vorstand die Ernennung von DfwG-Ehrenmitgliedern vor. Mit Zustimmung der Hauptversammlung wurden damit verdiente Fachleute gewürdigt. DfwG-Ehrenmitglieder sind:



Prof. Manfred
 Richter (1905–1990)
 1986



Prof. Dr.-Ing.
 Bernhard Hill
 2018



Frank Rochow
 2019



Prof. Dr.
 Klaus Richter
 2022

Entwicklung der DfwG-Mitgliederzahlen

Aktuell zählt die DfwG 179 Mitglieder, 134 persönliche und 45 (25 %) korporative Mitglieder. Die Mitglieder kommen aus den Bereichen der Druck-, Textil-, Lack- und Kunststoffindustrie. Sie sind Hersteller von Messgeräten und Zusatzequipment, arbeiten an Hochschulen und Institutionen und sind Akteure, die die Farbmessung in der industriellen Anwendung einsetzen. Außerdem gehören auch Mitglieder dem Verein an, die in Bereichen der Licht- und Beleuchtungstechnik, der Medizin arbeiten sowie Personen, die sich mit der Historie der Farbmessung beschäftigen.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Mitgliederzahlen seit der Gründung der DfwG 1974 bis heute. Eine erste Analyse der Altersstruktur ist in der Ausgabe des zweiten DfwG-Reports (02/1992) zu finden. Seit 2002 liegen digitale Mitgliederdaten vor, sodass eine Analyse der Entwicklung in den letzten 30 Jahre vorgenommen werden kann. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis. Für die Altersgruppen unter 40 Jahre, 41 bis 60 Jahre und über 60 Jahre ist deutlich der allgemeine Trend zu erkennen. Der Anteil junger Leute an den Mitgliedern im Vergleich zu 1992 hat sich halbiert und liegt heute unter 10%. Waren 1992 die Mehrheit der Mitglieder zwischen 41 und 60 Jahre alt, sind es heute die über 60-jährigen.

Der Wunsch, die nächste Generation aktiv im Verein einzubinden und die DfwG auch bei jungen Leuten bekannt zu machen, führte 1987 zur Initiierung des DfwG-Förderpreises, mit dem sehr gute studentische Arbeiten auf dem Gebiet der Farbwissenschaft gewürdigt werden.

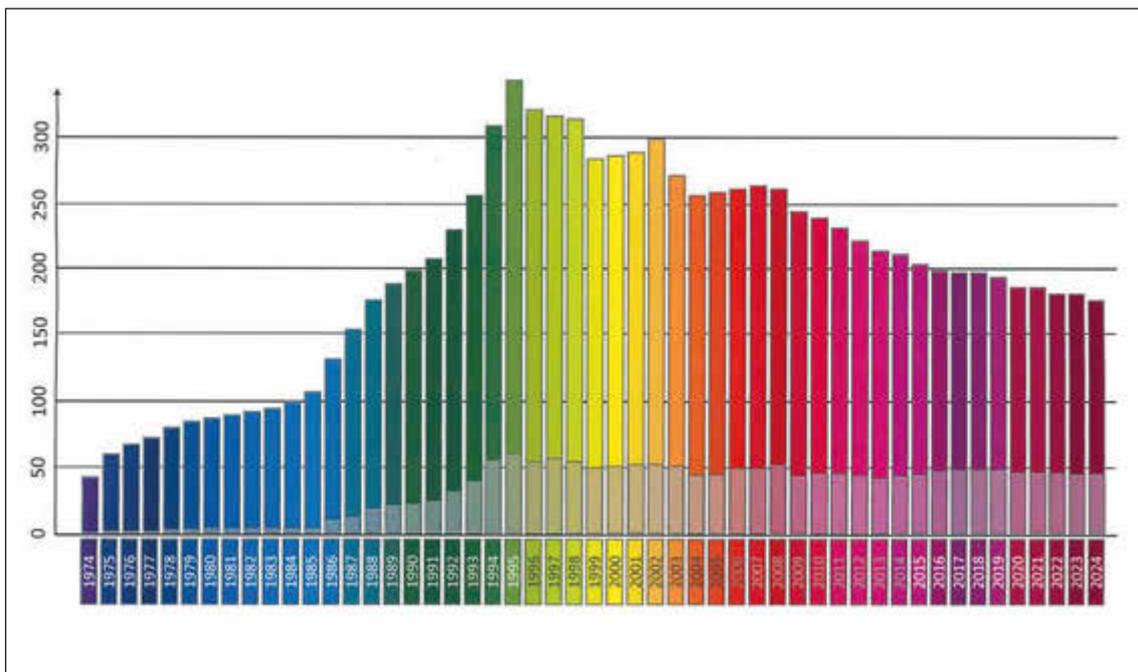


Abbildung 1: DfwG-Mitgliederzahlen zwischen 1974 und 2024 – alle Mitglieder davon korporative Mitglieder (grau)

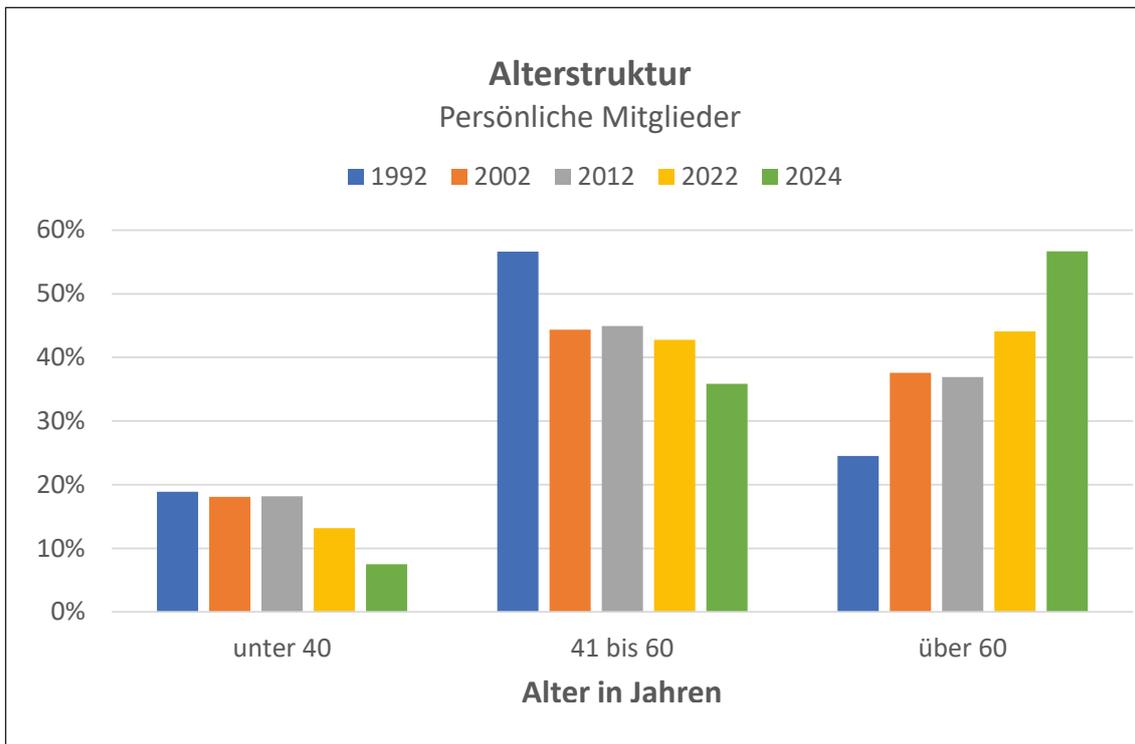


Abbildung 2: Entwicklung der Altersstruktur der persönlichen Mitglieder in den letzten 30 Jahren
Die Grafik erfasst etwa 80% der persönlichen Mitglieder (nur von diesen sind die Geburtsdaten bekannt.)

DfwG-Förderpreis

Im Protokoll der DfwG-Mitgliederversammlung 1987 in Ludwigshafen ist im Tagesordnungspunkt 5. Verschiedenes vermerkt: „(Es) ... wird vorgeschlagen, alle zwei Jahre einen DfwG-Preis an Studenten für gute Diplom- und Studienarbeiten auf dem Gebiet der Farbe zu vergeben. Der Vorstand der DfwG soll hierzu ein Preiskomitee auswählen.“

Es wurde 1988 Vergabebestimmungen formuliert und 1989 wurde der mit 2000.- DM dotierte DfwG-Förderpreis zur Förderung des farbwissenschaftlichen Nachwuchses erstmals vergeben. Bis heute wurden 26 junge Wissenschaftler und Studierende geehrt, die sich vertieft und engagiert mit Themen der Farbwissenschaft beschäftigt haben.

Auszeichnungen mit dem DfwG-Förderpreis

- 1989 **Detlef Uhlendorf:** Untersuchungen über eine qualitative Bewertung von empfindungsgemäß gleichabständigen Farbkoordinatentransformationen
- 1991 **Beate Mieszala:** Der farbmetrische Einfluß der Farbschichtdicke bei der autotypischen Farbmischung im Offsetdruck
- 1991 **Thomas Knottenberg, Dr.:** Trichromatisches Gegenfarbensehen, gegründet auf Buntheitsurteile über ungesättigte Farben

- 1993 **Susanne Kurz:** Computerunterstützte Herstellung eines Farbdifferenzatlanten
- 1993 **Dirk Exner:** Empirische Überprüfung von Farbwiedergabeindices für die Qualitätsmetrik
- 1995 **Thomas Kremer, Dr.:** Deuteranomales Gegenfarbensehen unter Berücksichtigung des Abney-Effekts
- 1995 **Michael Stein:** Grundlagen und Möglichkeiten der farbmtrischen Rezeptierung mit Farbstoffen und Pigmenten für Holzuntergründe
- 1997 **Torsten Pomierski, Dr.:** Neurophysiologisch motivierte Architektur zur Erzeugung stabiler Texturrepräsentationen
- 1999 **Andreas Paul, Dr.-Ing.:** Drucktechnische Farbschwankungen im Offsetdruck und ihre Bewertung in verschiedenen Farbraumbereichen
- 2002 **Andreas Kraushaar, Dipl.-Ing.:** Farbmanagement in der digitalen Filmproduktion
- 2004 **Karsten Lindig, Dipl.-Ing.:** Colormanagement für LCoS-basierte Projektionssysteme
- 2006 **Katharina Jungnitsch, Dipl.-Ing.:** Subjektive Bewertung der Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen mit unterschiedlichen Spektren
- 2008 **Stephan Helling, Dr.-Ing.:** Kamerasystem und Algorithmen für die multispektrale Farbbildaufnahme
- 2009 **Katrin Möller, Dipl.-Ing.:** Farbstabilisierung eines LED-Scheinwerfers mittels Temperaturkennlinien und / oder Einsatz eines Farbsensors
- 2011 **Johannes Brauers, Dr.-Ing.:** Algorithmen und Verfahren zur geometrischen Korrektur und hochdynamischen Auswertung von Multispektralaufnahmen
- 2013 **Nathalie Krause, Dipl.-Ing. (FH):** Bewertung der Farbwiedergabe - Reflexionsspektren von Objekten unter verschiedenen weißen Lichtquellen
- 2016 **Paul Jakob Myland, B. Sc.:** Kolorimetrische Farbproduktion digitaler Kamerasysteme unter Verwendung linearer Interpolationsmethoden
- 2018 **Saskia Polster, Dr.-Ing.:** Neue Spektralwertfunktionen für die verbesserte Bewertung von LED-Spektren
- 2018 **Johannes Michl, M. Sc.:** Untersuchung der Eignung verschiedener Spektralwertfunktionen für das Binning weißer LEDs
- 2019 **Sebastian Babilon, Dr.:** On the color redition of white light sources in relation to memory preference
- 2019 **Caroline Breit, MA:** Etablierung lichttechnischer Gütemerkmale von LED-Leuchten für die Abmusterung farbkritischer Vorlagen
- 2021 **Johannes Fließbach, M. Sc.:** Modifikation und Kalibrierung einer handelsüblichen Kamera zur Aufnahme von Leuchtdichtebildern
- 2022 **Tarek Luttermann, Dr.:** Spectral Super-Resolution: deep learning and the physical perimeter of metamerism
- 2022 **Christian Endl, M. Sc.:** Dynamische Regelung eines Mehrkanal-LED-Systems hinsichtlich eines konstanten Weißpunktes und einer konstanten Farberscheinung von Objekten
- 2023 **Adrian Eissfeldt, Dr.:** Optimierung LED-basierter adaptiver Tageslichtsysteme unter Berücksichtigung der Beobachtermetamerie
- 2023 **Elisabeth Kemmler, M. Sc.:** Präferenzuntersuchung des Weißpunktes (Duv) in Abhängigkeit der Farbtemperatur, des Farbgamuts und betrachteter Objekte



Sebastian Babilon bei der Ehrung durch Andreas Kraushaar



Gerhard Rösler gratuliert Katharina Jungnitzsch

„Fellow der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft“

Im Jahr 2021 wurde die Auszeichnung zum „Fellow der DfwG“, die mit einer lebenslangen Ehrenmitgliedschaft verbunden ist, in die Satzung der Gesellschaft aufgenommen. Diese Auszeichnung soll die Anbindung der DfwG an die internationale Farbgemeinde stärken. Geehrt werden können demnach Wissenschaftler, Lehrende, Ingenieure oder Entwickler, die durch langjährige multinationale berufliche Arbeiten und ihr besonderes Engagement wesentliche Beiträge zur Weiterentwicklung der Farbwissenschaft und den mit ihr verbundenen Arbeitsgebieten geleistet haben.

Auf der Jahrestagung 2021 in Kerpen Horrem wurde Dr. Alejandro Ferrero Turrión vom CSIC Madrid für seine herausragenden Beiträge insbesondere im Bereich multigeometrischer Anwendungen, wie z.B. zu Problemen der Sparkle- und Effektpigmentmesstechnik, zum Fellow der DfwG ernannt. (siehe DfwG-Report 2021/3 und unter <https://dfwg.de/dfwg-fellow/>).



Dr. Alejandro Ferrero Turrión

DfwG-Jahrestagungen

Die DfwG versteht sich als Plattform für Meinungsaustausch, Weiterbildung, Forschung und Entwicklung sowie für industrielle Anwendung der farbwissenschaftlichen Ergebnisse und Methoden. Dazu organisiert sie Tagungen, Vorträge sowie Berichte über Forschung und Fortschritte auf dem Gebiet der Farbwissenschaft.

Übersicht über die DfwG-Jahrestagungen

1974	24. Oktober 1974 Gründung der DfwG, Frankfurt am Main
1975	
1976	1. DfwG-Jahrestagung, 12. April 1976, BAM, Berlin
1977	2. DfwG-Jahrestagung, 17. bis 18. Oktober 1977, Offenburg
1978	3. DfwG-Jahrestagung, 27. bis 28. September 1978, Neu-Ulm
1979	
1980	
1981	
1982	
1983	
1984	4. DfwG-Jahrestagung, 11. April 1984, München
1985	
1986	5. DfwG-Jahrestagung, 11. Februar 1986, BAM, Berlin
1987	6. DfwG-Jahrestagung, 24.02.1987, BASF, Ludwigshafen
1988	
1989	7. DfwG-Jahrestagung, 23. Mai 1989, Frankfurt/ Hoechst
1990	
1991	8. DfwG-Jahrestagung, 2. Oktober 1991 Institut für Rundfunktechnik GmbH (IRT), München
1992	9. DfwG-Jahrestagung, 22. Oktober 1992, Weil am Rhein
1993	10. DfwG-Jahrestagung, 22. November 1993, Köln
1994	11. DfwG-Jahrestagung, 18. November 1994, TU Ilmenau
1995	
1996	12. DfwG-Jahrestagung, 14. November 1996, Universität Stuttgart
1997	13. DfwG-Jahrestagung, 14. November 1997, Bergische Universität Gesamt-HS Wuppertal
1998	14. DfwG-Jahrestagung, 13. November 1998, TH Aachen
1999	15. DfwG-Jahrestagung, 10. bis 11. September 1999, TU Ilmenau
2000	16. DfwG-Jahrestagung, 19. bis 20. Oktober 2000, TU Darmstadt
2001	17. DfwG-Jahrestagung, 18.-19. Oktober 2001, Märkische Fachhochschule, Hagen
2002	18. DfwG-Jahrestagung, 8.-9. Oktober 2002, TU Ilmenau
2003	19. DfwG-Jahrestagung, 6.-10. Oktober 2003, Technische Akademie Esslingen (TAE)
2004	20. DfwG-Jahrestagung, 20.-22. September 2004, Dortmund
2005	21. DfwG-Jahrestagung, 4.-6. Oktober 2005, BAM, Berlin
2006	22. DfwG-Jahrestagung, 26.-28. September 2006, TU Dresden
2007	23. DfwG-Jahrestagung, 9.-11. Oktober 2007, TU Darmstadt
2008	24. DfwG-Jahrestagung 2008, 8.-10. Oktober 2008, TU München
2009	25. DfwG-Jahrestagung, 6.-8. Oktober 2009, Berlin
2010	26. DfwG-Jahrestagung, 6.-8. Oktober 2010, TU Darmstadt
2011	27. DfwG-Jahrestagung, 4.-6. Oktober 2011, PTB, Braunschweig
2012	28. DfwG-Jahrestagung, 9.-11. Oktober 2012, RWTH Aachen
2013	29. DfwG-Jahrestagung, 8.-10. Oktober 2013, TU Ilmenau
2014	30. DfwG-Jahrestagung, 23.-25. September 2014 in Wuppertal
2015	31. DfwG-Jahrestagung, 6.-8. Oktober 2015, SKZ, Würzburg
2016	32. DfwG-Jahrestagung, 4.-6. Oktober 2016, Grimma/Großbothen
2017	33. DfwG-Jahrestagung, 4.-5. Oktober 2017, Fogra, Aschheim bei München
2018	34. DfwG-Jahrestagung, 8.-10. Oktober 2018, Hohenstein Laboratories, Bönnigheim
2019	35. DfwG-Jahrestagung, 8.-10. Oktober 2019, HTWK Leipzig
2020	36. DfwG-Jahrestagung, 16. September 2020, Online-Tagung
2021	37. DfwG-Jahrestagung, 5.-7. Oktober 2021, Image Engineering GmbH, Kerpen Horrem
2022	38. DfwG-Jahrestagung, 4.-6. Oktober 2022, Fraunhofer IPA, Stuttgart
2023	39. DfwG-Jahrestagung, 4.-6. Oktober 2023, Fraunhofer IAP, Potsdam
2024	40. DfwG-Jahrestagung, 8.-10. Oktober 2024, Micro-Epsilon Eltrotec GmbH, Göppingen

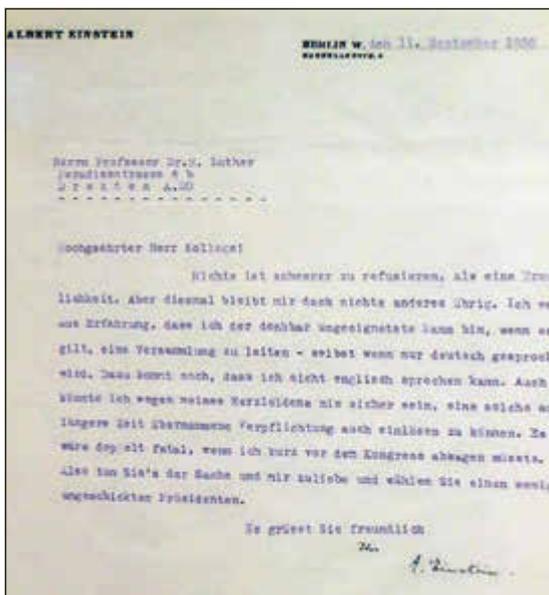
Der Höhepunkt der Aktivitäten der DfwG ist die Jahrestagung, die an verschiedenen Orten innerhalb Deutschlands seit 1996 regelmäßig stattfindet. Sie bildet sowohl die Plattform für den Erfahrungsaustausch zwischen den Mitgliedern als auch ein umfangreiches Vortragsprogramm, das über die laufenden Forschungsaktivitäten informiert. In diesem Jahr haben wir unsere 40. Jahrestagung.

In den ersten Jahren nach Gründung organisierte die DfwG die gemeinsamen Tagungen mit dem Deutschen Farbenzentrum (DFZ) Farb-Info'79 in Hamburg und der Farb-Info'80 in Zürich mit. Auch internationale Farbtagungen wurden federführend seitens der DfwG organisiert. So fand 1981 der 4. AIC-Kongress COLOR 81, das AIC Interim Meeting "Instrumentation for Colour Measurement" 1990 und das AIC Midterm Meeting "Colorimetry" 1995 jeweils in Berlin statt.

Die DfwG pflegt einen Austausch mit den einschlägigen nationalen und internationalen Vereinen und Organisationen. Dazu gehören das Deutsche Farbenzentrum (DFZ), der DIN-Normenausschuss Farbe (FNF), das Deutsche Nationale Komitee der CIE (DNK-CIE), die German Color Group (GCG), die Internationale Vereinigung für die Farbe (AIC), die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., das Dresdner Farbenforum (DFF) oder die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG). Im Laufe der Jahre fanden immer wieder Jahrestagungen in Kooperation mit Partnern statt.

Die Jahrestagung 2006 hat ein gemeinsames Programm der DfwG, des Deutschen Farbenzentrums und der Kustodie der TU Dresden in Dresden. Sie wurde begleitet durch die Ausstellung der Sammlung Farbenlehre Schnittstelle Farbe sowie mit einem Besuch des Lichtdruck Museums.

Eine bleibende Erinnerung an diese DfwG Tagung ist dieser interessante Brief von Albert Einstein an die Privatadresse von Robert Luther aus dem Jahr 1930 (Prof. Luther hatte ihn im Namen der Deutschen Gesellschaft für photographische Forschung gebeten, die Leitung des für 1931 geplanten VIII. Internationalen Kongresses für wissenschaftliche und angewandte Photographie in Dresden zu übernehmen). Einstein war damals 51 Jahre



Antwortschreiben von Albrecht Einstein auf die Anfrage von Prof. Luther



Wilhelm-Ostwald-Museum Haus Energie in Großbothen



DfwG-Jahrestagung 2013 an der TU Ilmenau

alt und hatte 9 Jahre vorher den Nobelpreis erhalten. Zwei Jahre später besuchte er wieder die Princeton University, New Jersey, wo er jeweils ein halbes Jahr im Wechsel mit Berlin arbeiten wollte. Er kam nach Hitlers Machtübernahme im Januar 1933 nie mehr nach Deutschland zurück. Einstein starb 25 Jahre später wegen eines geplatzten Aortenaneurysmas.

Die Jahrestagung 2016 wurde in Grimma/Großbothen durchgeführt. Dabei bot sich die Gelegenheit, das Haus Energie, das das Wilhelm-Ostwald-Museum beherbergt, zu besichtigen. Die original erhaltene Bibliothek sowie das historische Labor von Wilhelm Ostwald waren sehr beeindruckend. Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., die sich der Erhaltung, Pflege und Nutzung des Nachlasses von Wilhelm Ostwald verpflichtet fühlt, bot beeindruckende Einblicke in Leben und Werk von Ostwald.



Berhard Hill, Janosh Schanda und Frank Rochow während der Tagung 2011

Immer wieder waren Hochschulen Gastgeber für Jahrestagungen. So tagte die DfwG an der TU Ilmenau, der Universität Stuttgart, der Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, der RWTH Aachen, der TU Darmstadt, der Märkische Fachhochschule Hagen, der Technische Akademie Esslingen, der TU München, der HTWK Leipzig und der TU Dresden.

Oft waren es auch Institute und Forschungseinrichtungen, die anboten, die DfwG-Jahrestagungen durchzuführen. 2011 lud die Physikalische Technische Bundesanstalt (PTB) nach Braunschweig ein. Es war eine große Freude Janosh Schanda, ehema-



Teilnehmer der Jahrestagung 2011 an der PTB in Braunschweig



Jahrestagung 2015 beim Süddeutschen Kunststoffzentrum (SKZ)

liger Präsident der CIE und ausgewiesener Experte auf dem Gebiet der Farbe dort als Teilnehmer zu erleben.

Besonders in Erinnerung geblieben ist auch die Jahrestagung 2022 am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), das gemeinsam mit der Forschungsgesellschaft für Pigmente und Lacke e.V. (FPL) und dem Fachverband für den Flexodruck DFTA durchgeführt wurde und Einblick in die Forschungsfelder von Lacken und Pigmenten und der Drucktechnik bot.

Im letzten Jahr war die DfwG zu Gast am Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP). Am 4. Oktober 2023 war der Nobelpreis für Chemie für die Entdeckung und synthetische Herstellung von Quantenpunkten (quantum dots) verliehen worden. Der Blick hinter die Kulissen der Technologieentwicklung von Nanomaterialien und Quanten



Teilnehmer der DfwG-Jahrestagung 2018 bei Hohenstein Laboratories in Bönningheim



Teilnehmer der DfwG-Jahrestagung 2021 bei Image Engineering in Kerpen-Horrem

Dots am IAP war sehr interessant, spielen sie doch für OLED- und Quantum Dot (QD)-Displays eine große Rolle und bot Anknüpfungspunkte zum Deutschen Flachdisplay-Forum e.V. (DFF). Im Workshop zum Thema *High Dynamic Range (HDR) von der Kamera-Aufnahme bis zur Display-Ausgabe* konnte man die bemerkenswerte Bildqualität auf Monitoren bestaunen.

In den letzten Jahren fanden auch viele Tagungen bei Mitgliedsunternehmen statt und boten Schnittstellen für vielfältige Fragestellungen zu unterschiedlichen Farbthemen. Führend im Bereich Textilforschung ist Hohenstein Laboratories. Image Engineering bot Einblicke in Testequipment für Farbkameras.

2017 war die DfwG zu Gast in der Fogra, dem Forschungsinstitut für Medientechnologien e.V., Spezialist zu Fragen rund um die Drucktechnik. Als Leiter der AG Farbbildverarbeitung bot sich für Andreas Kraushaar von der Fogra die Möglichkeit an, einen gemeinsamen Themenblock mit der German Colour Group (GCG) ins Tagungsprogramm einzubinden. Rico Nestler, heute Vorstandsvorsitzender des Zentrums für Bild- und Signalverarbeitung e. V. (ZBS), würdigt die gute Zusammenarbeit.



Jahrestagung 2017 zu Gast in der Fogra dem Forschungsinstitut für Medientechnologien e.V.

Grußnote zu 50 Jahre Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft (DfwG) e.V.

RICO NESTLER, ZSB

Der 50. Jahrestag der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) e.V. in 2024 fällt zusammen mit dem 30jährigen Bestehen des Zentrums für Bild- und Signalverarbeitung e. V. (ZBS). Dessen wesentliches Anliegen ist die Überführung von Forschungsergebnissen der bildgestützten technischen Mustererkennung in praktische Anwendungen. Hierbei spielen die Erfassung, Verarbeitung und Analyse der Daten „technischer Augen“ die zentrale Rolle. Technische Sehsysteme können mittlerweile die Umwelt anwendungsbezogen optimierter „sehen“ und primär charakterisieren als der visuelle Sinn des Menschen dies ermöglichen würde. Aber die Notwendigkeit, dass technische Erkennungssysteme Aufgaben auch nach menschlichem Ermessen lösen müssen, erfordert es, den visuellen Sinn nicht außer Acht zu lassen. Die komplexe Farbwahrnehmung, der sich die DfwG widmet, ist hierfür ein Beispiel eines Szenenmerkmals mit ganz herausragender Bedeutung. Dementsprechend ist beim ZBS e.V. seit jeher die technische Erzeugung von Farbinformation und deren korrekte Beschreibung und Interpretation im Sinne der Farbmeterik untrennbar verbunden mit der eher informatisch, informationstheoretisch geprägten Nutzung im Rahmen der Signal- und Bildverarbeitung zur Mustererkennung.

Aus dieser Motivation heraus und initiiert aus persönlichen Kontakten unterhalten DfwG und ZBS seit Vereinsgründung intensive Beziehungen, woraus eine Vielzahl gemeinsamer Kontakte, Austausche aus den Jahrestagungen und Aktivitäten hervorgegangen sind. Im Mittelpunkt dieser Aktivitäten stand stets das Ziel, die Verbindung zwischen Farbwissenschaft und Aspekten der technischen Umsetzung und Nutzung der Farbwahrnehmung zu stärken sowie den kontinuierlichen fachlichen Austausch zwischen den unterschiedlichen Wissensgebieten zu suchen und Synergien zu nutzen.

Nachdem sich am 12. und 13. Oktober 1995 ein u. a. durch ZBS (Dr. Karl-Heinz Franke) initiiertes kleiner Kreis von Wissenschaftlern erstmals zu einem Workshop „Farbbildver-

beitung“ in Koblenz zusammengefunden hatte, erweiterte sich dessen Interessentengruppe über mehr als 20 Jahre in Zahl, Verbreitung und Zusammensetzung stetig. Stabil blieb dabei die fachliche Ausrichtung dieses „Farbworkshop“ auf die technische Nutzung von Farbdaten im Rahmen der Lösung von Erkennungsproblemen, wobei die oben erwähnte ganzheitliche Sichtweise auf die Farbe stets eingeschlossen war. Dies widerspiegelte sich in vielen gegenseitigen Beiträgen zu den regelmäßigen Veranstaltungen. Auf dem 6. Workshop „Farbbildverarbeitung“ in Berlin im Jahr 2000 wurde angeregt durch ZBS die German Color Group (GCG) als lose Vereinigung gegründet. Das Ziel der GCG ist die Förderung von Techniken zur Erfassung, Analyse und Verarbeitung von verallgemeinert multispektralen Datenaufkommen sowie die ideelle und praktische Unterstützung bei der Überführung in technische Anwendungen. Die unübersehbare fachliche Schnittmenge zwischen Beiträgen der Workshops „Farbbildverarbeitung“ und den Jahrestagungen der DfwG war der Ausgangspunkt von Überlegungen zu Möglichkeiten einer engeren fachlichen Verbindung beider Vereinigungen.

2003, 2014 und 2017 wurden zeitlich und örtlich abgestimmt mit den Jahrestagungen der DfwG Workshops „Farbbildverarbeitung“ mit gemeinsamen Vortragsreihen von Beiträgen der DfwG und GCG organisiert. Damit wurde den Besuchern beider Veranstaltungen die Gelegenheit zum tagungsübergreifenden fachlichen Austausch über „Farbe“ geboten. Das positive Feedback aus diesen Veranstaltungen sollte die Verantwortlichen bestärken, die Überlegungen in Richtung einer Kompetenzbündelung weiter zu führen und zu konkretisieren.

Die Farbbildverarbeitung, die sich Anfang der 1990er Jahre mit der ersten Verfügbarkeit von Farbkameras als eigenständiges Teilgebiet der Bildverarbeitung etabliert hat, entwickelt sich stetig und im Gegensatz zur Farbmétrie etwas dynamischer weiter. Ausgangspunkt ist wiederum der technische Fortschritt im Bereich optischer Bildgebungen in Richtung höherer Vielfalt spektraler Auszüge in und außerhalb des VIS. Farbmerkmale von Szenen werden daraus rechnerisch aus höherdimensionalen multispektralen und geringer metameren primären Merkmalen erzeugbar, komplexere Farbeigenschaften besser beschreibbar. In Kombination mit anderen optisch und bildhaft erzeugbaren Szenendaten, wie z. B. der 3D-Geometrie oder der Strahlungsemission, entwickelt sich derzeit das neue Gebiet der sogenannten multimodalen Bildverarbeitung mit neuen Entwicklungsaufgaben von der Datenerzeugung bis hin zu Methoden und Verfahren zur Ausschöpfung der darin enthaltenen vielfältigen Informationen. Um diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen, werden die GCG und der Workshop „Farbbildverarbeitung“ sich zukünftig anpassen müssen.

Der ZBS e.V. widmet sich seit Bestehen der praxisnahen Grundlagenausbildung auf den Gebieten Bildverarbeitung und Mustererkennung, Farbbildverarbeitung und 3D-Bildverarbeitung an der TU Ilmenau und sichert diese personell (Dr. Karl-Heinz Franke, seit 2014 Dr. Rico Nestler) sowie mit Lehrmitteln ab. Auch hier wird eine ganzheitliche Sichtweise und Verbindung zwischen Farbwissenschaft und Farbdatenverarbeitung gelebt und vermittelt. Die enge Verbindung zwischen DfwG und ZBS ermöglicht es hierbei, neueste Erkenntnisse aus beiden Gebieten in die Lehre einfließen zu lassen.

Der ZBS e.V. bleibt Ihnen in diesem Sinne als Einrichtung und auch persönlich weiterhin verbunden! Beste Wünsche zum Jahrestag!

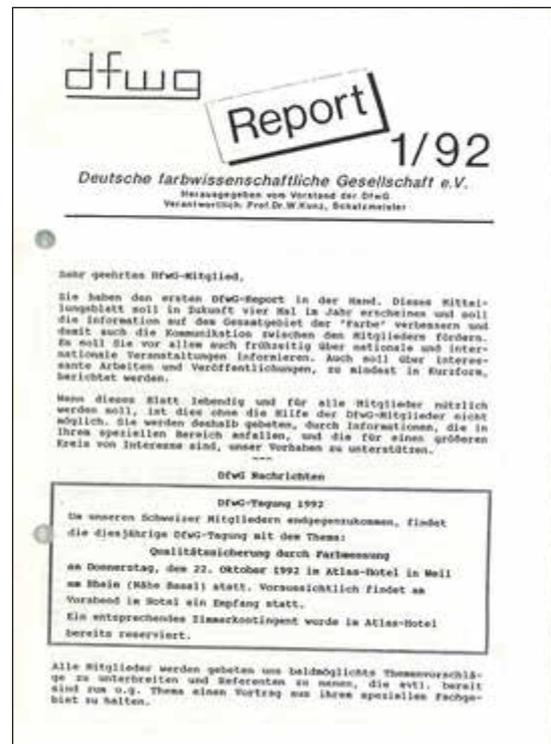
Dr. Rico Nestler Vorstandsvorsitzender ZBS e.V.

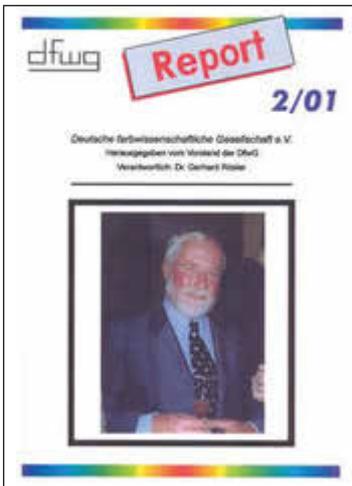
DfwG-Report

1992 erschien die erste Ausgabe der DfwG-Reports mit einem Umfang von 26 Seiten. Verantwortlich für die Herausgabe war Werner Kunz, der damalige Schatzmeister des Vereins. Das Mitteilungsblatt, schwarz-weiß und im A5-Format, wurde kopiert und an die Mitglieder per Post verschickt. Es sollte zum Gesamtgebiet der Farbe informieren und damit die Kommunikation zwischen den Mitgliedern fördern. Wichtig waren die Ankündigungen von nationalen und internationalen Veranstaltungen. Auch sollte über interessante Arbeiten und Veröffentlichungen, zumindest in Kurzform, berichtet werden.

Mit der Herausgabe verband der DfwG-Vorstand den Wunsch nach einem lebendigen und für alle Mitglieder nützlichen Kommunikationsmittel. Damals wie heute gilt: „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 Ihrem speziellen Bereich anfallen, und die für einen größeren Kreis von Interesse sind, unser Vorhaben zu unterstützen.“, heißt es im Vorwort zur ersten Ausgabe.

In der Zwischenzeit sind 97 Ausgaben des DfwG-Reports im Zeitraum von 33 Jahren erschienen, mit ein bis vier Heften pro Jahr. Alle Reports sind auf der Webseite (<https://dfwg.de/dfwg-report/>) öffentlich zugänglich, wobei die aktuellen Ausgaben zunächst nur im geschützten Mitgliederbereich veröffentlicht werden.





Es lohnt in jedem Fall auch einen Blick in die älteren Ausgaben zu werfen, spiegeln sie doch die Entwicklungen und fachlichen Schwerpunkte der unterschiedlichen Fachdisziplinen in der DfwG in den vergangenen Jahren sehr gut wider. Zugleich kann man die Entwicklung der Drucktechnik sehr gut an den Veränderungen der Reports nachverfolgen.

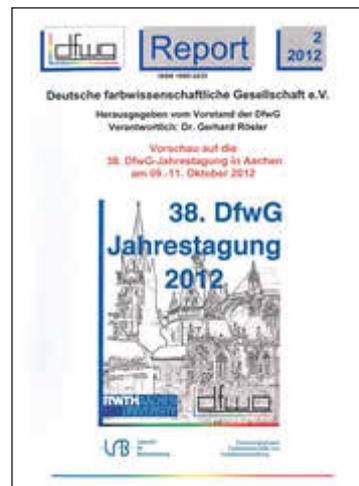
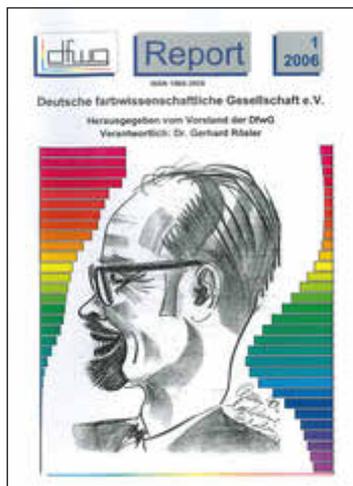
Ab der Ausgabe 2/1993 hatten die Ausgaben einen farbigen gedruckten Einband. Der Report 2/1997 ist der letzte, der in Verantwortung von Werner Kunz erschien. Nach schwerer Krankheit übergab er das Amt des Schatzmeisters an Lutz Grambow und die Verantwortung für den Report an Heinz Terstige, dem damaligen Präsidenten der DfwG. Bis zu seinem Tod 2001 war Heinz Terstige für 13 Ausgaben verantwortlich.

Gerhard Rösler hat für die DfwG die Webseite www.dfwg.de im Sommer 2000 entworfen und veröffentlicht, die kontinuierlich weiterentwickelt wurde. Im Sommer 2003 besaß sie bereits einen Umfang von mehr als 130 gedruckten Seiten. Holger Everding gestaltete 2018 die Internetseiten neu und unterstützt seit dem den Internetauftritt dfwg.de.

Mit der Ausgabe 1/2003 erhielt der DfwG-Report ein neues Gesicht, zunächst nur im



Christina Hacker



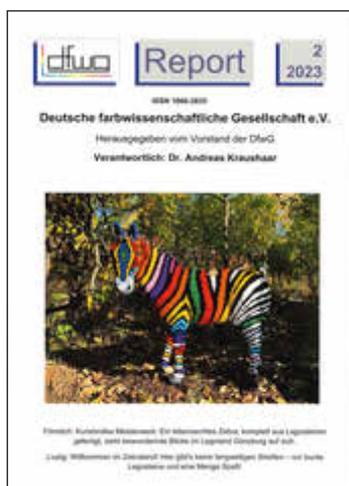


Werner Rudolf Cramer



Einband. Ab der Ausgabe 1/2004 sind auch die Innseiten farbig. Ein neuer Drucker bei GretagMacbeth ermöglicht regelmäßigen Zugang zu kostengünstigen Farbdrukken. Gleichzeitig erscheint der Report ab dieser Ausgabe im A4-Format. Das erlaubt größere Schrift und damit eine bessere Lesbarkeit und die farbliche Gestaltung ist ein deutlicher Informationsgewinn. Ab der Ausgabe 1/2005 wird der DfwG-Report unter der ISSN-Nummer 1860-2835 geführt und in der Deutschen Bibliothek gesammelt. Seit dieser Ausgabe unterstützt Christina Hacker die Redaktion und Organisation des DfwG-Reports. Bis zum Report 2/2012 hat sie sich bei der Erstellung von 20 Ausgaben sehr verdient gemacht.

Die Zeitschrift DIE FARBE, herausgegeben von Manfred Richter, war eine Zeitschrift für alle Zweige der Farbenlehre und ihre Anwendung. Sie war das Organ des Normenausschusses Farbe (FNF) im DIN Deutschen Institut für Normung und erschien im Muster Schmidt-Verlag ab 1952 in 46 Bänden. Veröffentlicht wurden Originalbeiträge aus dem gesamten Fachgebiet, zusammenfassende Darstellungen, Buchbesprechungen sowie Titelangaben aus anderen Fachzeitschriften. Nach dem Tod von Heinz Terstige wurde die



1992	DfwG-Report 1992-1 bis 3	2008	DfwG-Report 2008-1 bis 3
1993	DfwG-Report 1993-1 bis 4	2009	DfwG-Report 2009-1 bis 3
1994	DfwG-Report 1994-1 bis 4	2010	DfwG-Report 2010-1 bis 2
1995	DfwG-Report 1995-1 bis 4	2011	DfwG-Report 2011-1 bis 2
1996	DfwG-Report 1996-1 bis 4	2012	DfwG-Report 2012-1 bis 3
1997	DfwG-Report 1997-1 bis 3	2013	DfwG-Report 2013-1 bis 3
1998	DfwG-Report 1998-1 bis 4	2014	DfwG-Report 2014-1 bis 3
1999	DfwG-Report 1999-1 bis 4	2015	DfwG-Report 2015-1 bis 2
2000	DfwG-Report 2000-1 bis 4	2016	DfwG-Report 2016-1 bis 3
2001	DfwG-Report 2001-1 bis 3	2017	DfwG-Report 2017-1 bis 3
2002	DfwG-Report 2002-1 bis 2	2018	DfwG-Report 2018-1 bis 3
2003	DfwG-Report 2003-1	2019	DfwG-Report 2019-1 bis 4
2004	DfwG-Report 2004-1	2020	DfwG-Report 2020-1 bis 3
2005	DfwG-Report 2005-1 bis 3	2021	DfwG-Report 2021-1 bis 3
2006	DfwG-Report 2006-1 bis 2	2022	DfwG-Report 2022-1 bis 3
2007	DfwG-Report 2007-1 bis 3	2023	DfwG-Report 2023-1 bis 2
		2024	DfwG-Report 2024-1 bis 3

Übersicht über die erschienen Ausgaben des DfwG-Reports

Zeitschriftenreihe 2003 eingestellt. Umso mehr bietet der DfwG-Report Möglichkeiten, zur Veröffentlichung für ein breites Fachpublikum in deutscher Sprache.

Nach dem Tod von Gerhard Rösler 2012 übernahm Bernhard Hill die Leitung für das DfwG-Präsidium und den Report. Werner Rudolf Cramer und Andreas Kraushaar unterstützen seither Redaktion, Layout und Druckvorbereitung der bis heute erschienen 36 Ausgaben. Mit seiner Wahl zum DfwG-Präsidenten 2017 trägt Andreas Kraushaar auch die Verantwortung für die bis heute erschienenen 22 Exemplare.

Seit 2024 trägt der Report das neue DfwG-Logo, das Felix Schmollgruber für den Verein dankenswerter Weise entworfen hat. Auch das Jubiläumslogo 50 Jahre DfwG entspringt seiner Idee. So spiegeln die Veränderung im Logo auch die grafischen Möglichkeiten im Wandel der letzten 50 Jahre wider.

Nationale und internationale Gremienarbeit

Die DfwG ist eine Gesellschaft, in der sich farbwissenschaftlich interessierte Personen, Institute und Firmen aus vielen Branchen zusammenfinden. Über die Arbeitsgruppen, die regelmäßig auf den Jahrestagungen über ihre Arbeit berichten, erhalten alle Teilnehmer ein breites Bild aus den verschiedenen Aufgabengebieten. Das schafft Ausgangspunkte für interdisziplinäre Diskussionen in jeweils aktuellen und absehbar zukünftigen Themenfeldern.

Um diese Möglichkeiten optimal zum Vorteil, zur Lösung bestehender Probleme oder zur Optimierung von Arbeitsabläufen zu nutzen, arbeiten viele DfwG-Mitglieder national und international mit anderen Praktikern und Wissenschaftlern zusammen. Die DfwG unterstützt hierbei durch die Koordinierung bei der Nominierung von Fachvertretern in nationalen und internationalen Gremien. Als Beispiel hierfür gelten z. B. DIN, CIE, ISO und ASTM, wenn es um den Bereich der Normung geht. Die Zusammenstellung der Geschichte von DIN-FNF und DNK-CIE von Frank Rochow und die Erläuterungen von Armin Sperling (DNK-CIE), Christian Dietz (AG Appearance, ISO) und Werner Rudolf Cramer (ASTM) geben einen Einblick in die Organisations- und Arbeitsfelder dieser Normungsgremien. Andere Organisationen, wie z. B. AIC, SID, IS&T betätigen sich im Bereich Forschung, Technologie und Anwendungen in der Praxis. Auch hier sind und waren viele DfwG-Mitglieder in führenden Positionen tätig. Alfred Schirmacher (AG Multigeometrie) berichtet über EU-Projekte, bei denen die DfwG seit vielen Jahren wichtiger „Stakeholder“ ist. Bei der Begutachtung der Förderungswürdigkeit solcher Projekte ist es wichtig, dass den europäischen Behörden von verschiedenen kompetenten Seiten die Relevanz der beantragten Projekte erläutert wird, bevor über die Fördermöglichkeiten entschieden wird. Christoph Schierz (AG Farbmeterik und Grundlagen, DNK-CIE) behandelt in seinem Beitrag „Farbe in der Licht- und Beleuchtungstechnik“.

Die Arbeitsgruppen der DfwG folgen den Erfordernissen der Zeit und konzentrieren sich auf die im jeweils aktuellen Zeitraum dringendsten Themen. Das führt auch dazu, dass Arbeitsgruppen nach „getaner Arbeit“ nicht mehr weitergeführt werden. So sind die AG „Industrielle Farbtoleranzen“ abgeschlossen und die AG „Fluoreszenz“ in die AG Appearance integriert worden. In der AG „Farbbildverarbeitung“ (Leiter Andreas Kraushaar) ist im Moment das Schwerpunktfeld rund um den Druck ausgerichtet. Das Thema „Multi-spektraltechnik“, welches davor in dieser AG ein Schwerpunktthema war, wird von Bernhard Hill zurück- und vorausblickend gewürdigt.

FNF – Daten zur Geschichte

1941	Gründung des „Deutsche Farbenausschuß“
1949	Gründung des Normenausschuss Farbe (FNF)
1949–1974	Vorsitzender und Geschäftsführer: Dr. Manfred Richter, BAM, Berlin
1949–1967	Vorsitzender: Dr. Manfred Richter, BAM, Berlin
1967–1974	Vorsitzender: Prof. Hans Bodmann, TU Karlsruhe
ab 1975	Geschäftsführung durch das DIN
1975–1978	Vorsitzender: Prof. Jürgen Krochmann, TU Berlin
1979–2000	Vorsitzender: Dr. Heinz Terstiege, BAM, Berlin
2001–2012	Vorsitzender: Dr. Gerhard Rösler, Gretag Macbeth GmbH, Planegg
2013–2019	Vorsitzender: Dr. Stephan Gauss, Clariant GmbH, Frankfurt/Main
seit 2020	Vorsitzender: Christian Dietz, Konica Minolta Sensing, München / ab 2022 Rhopoint Instruments, Weyarn

Geschichte des DNK-CIE e. V.

Daten zur Geschichte des Deutschen Nationalen Komitees (DNK) der Internationalen Beleuchtungskommission (IBK/CIE)

1913	Deutschland wird in der IBK durch die DBG (Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft) vertreten.
1930	Mitglieder der IBK sind die Nationalen Komitees der einzelnen Länder.
1937	Dr. A. R. Meyer gibt das „Außenamt“ (DNK) der IBK an Dr. F. Born wegen Arbeitsüberlastung ab.
1939	Das Nationale IBK-Komitee der Tschechoslowakei wird vom DNK übernommen.
1949	Wiedergründung des DNK der CIE im Rahmen des Deutschen Normenausschusses (DNA) unter Vorsitz von Dr. A. R. Meyer als gesamtdeutsche Vertretung, da der DNA in allen vier Besatzungszonen zugelassen war. Das DNK setzte sich zusammen aus je zwei Vertretern Westdeutschlands und Ostdeutschlands.
1949–1956	Vorsitzender Dr. A. R. Meyer
1956–1975	Vorsitzender Prof. Dr. H. Korte, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, stellvertretender Vorsitzender Dr. E. Spiller, Deutsches Amt für Maß und Gewicht, Berlin (Ost)
1971	Wiederwahl von Prof. Dr. Korte zum Vorsitzenden des DNK
1975	Gründung eines separaten Nationalen Komitees der DDR
1975–1981	Vorsitzender Prof. Dr. J. Krochmann, Institut für Lichttechnik der TU Berlin
1990	Auflösung des Nationalen Komitees der DDR
1991	Vorsitzender Prof. Dr. H. Terstiege, BAM Berlin
1994	Neue Satzungen des DNK; Straffung der DNK-Arbeit und nähere Einbindung des DNK in die LiTG
1999–2011	Vorsitzender Dipl.-Ing. A. Stockmar, Celle
2003	17.-19. Sept. in Arnstadt/Thüringen: LiTG / DNK Sondertagung „InterLumen 2003“ „Globales Wissen regional nutzen“
2006	15.-17. Juni in Braunschweig: LiTG / DNK Sondertagung „InterLumen 2006“ „Globales Wissen regional nutzen“
seit 2012	Vorsitzender Dr. Armin Sperling, PTB Braunschweig
2013	neue Satzung 2013 des DNK der CIE
2018	5. April in Braunschweig: Gründung des DNK-CIE als e. V.

Auszüge aus dem Vortrag von Armin Sperling auf der DfwG-Jahrestagung 2023:



Aktivitäten (in) der CIE folg.

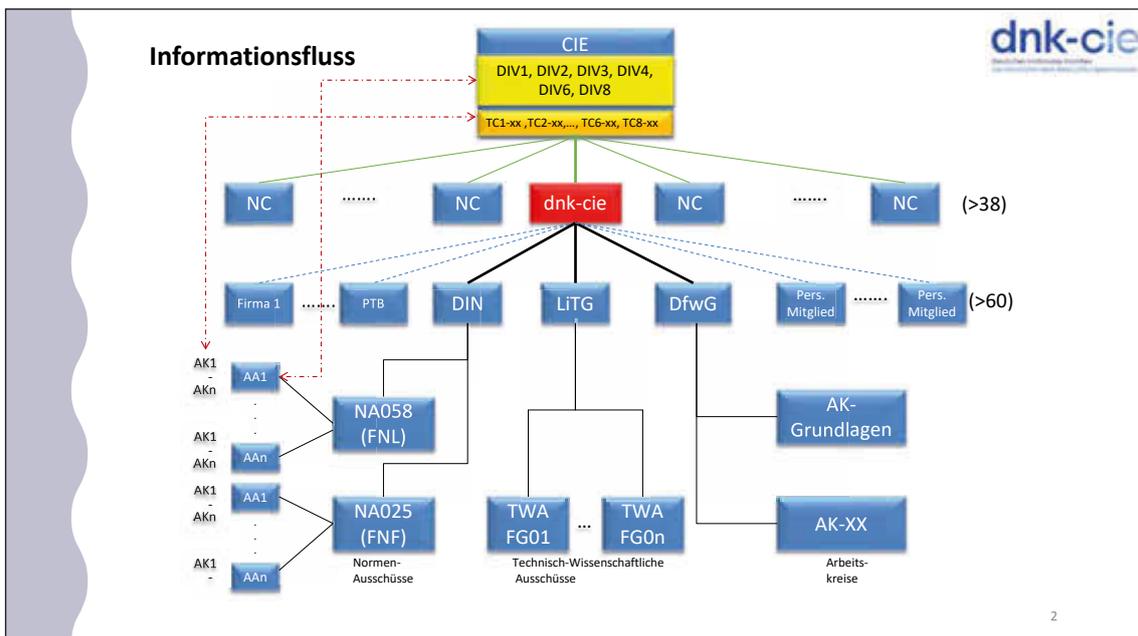
Research Strategy (angepasst an die 15 UN 2030 SDGs)

- **Übergreifende Themen**
 - 1.1 Digitale Transformation von Metrologie, Wissenschaft und Industrie
 - 1.2 Für eine integrative und gerechte Beleuchtung
- **Thematische Themen**
 - 2.1 Fortschritte bei Messung und Kalibrierung
 - 2.2 Integrative Beleuchtung für Menschen
 - 2.3 Umweltschonende, hochwertige Außenbeleuchtung
 - 2.4 Grundlagen der Photobiologie für Landwirtschaft und Aquakultur
 - 2.5 Ermöglichung der Anwendung von sicherer und nützlicher optischer Strahlung
 - 2.6 Messen, Modellieren, Wahrnehmen und Wiedergeben von Farben

CIE Newsletter

- Informationsschrift an die Mitglieder und Unterstützer der CIE

1





Das Deutsche Nationale Komitee der CIE, DNK-CIE e.V.

Als Verein 2018 neu gegründet

Vereinsitz:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Mitgliedsstatus:

63 Mitglieder

- 30 Firmen
- 19 private Mitglieder
- 7 öffentliche Institutionen
- 7 Verbände



DNK-CIE, das Deutsche Nationale Komitee der CIE

Derzeitige Funktionsstellen im DNK-CIE ([Anhang der Geschäftsordnung](#)):

Funktion	Eigenschaft	Name	Bemerkung
LA	gewähltes Mitglied im LA	Klaus Trampert	KIT
LA	Vertreter des FNL (Vorsitzender)	Jörg Minnerup	
LA	Vertreter des FNF (Vorsitzender)	Christian Dietz	
LA	Vertreter des DfwG (Päsident)	Andreas Kraushaar	Christoph Schierz als ständiger Vertreter
LA	Vertreter der LITG (Vorsitzender)	Thomas Römhild	
LA	Vertreter der PTB (FBL 4.1)	Armin Sperling	
e-LA	Vertreter in der GA der CIE	Armin Sperling	
e-LA	Vertreter in der Division 1	Detlef Ruschin	
e-LA	Vertreter in der Division 2	Armin Sperling	
e-LA	Vertreter in der Division 3	Christoph Schierz	
e-LA	Vertreter in der Division 4	Stephan Völker	
e-LA	Vertreter in der Division 6	Ralf Zuber	
e-LA	Vertreter in der Division 8	Florian Süßl	

- Die stimmberechtigten Mitglieder in den Divisionen werden laut Geschäftsordnung des DNK-CIE vom Lenkungsausschuss des DNK-CIE bestimmt, wobei DfwG, LiTG und DIN besondere Vorschlagsrechte ausüben.



- Aufgabe der stimmberechtigten Vertreter ist die Abstimmung über Belange der Divisionen sowie die Abstimmung über die Genehmigung der technischen Empfehlungen und Standards der CIE

5

Mitarbeit in der CIE lohnt sich:

Mitgestalten von international anerkannten Dokumenten

Entwicklungsschritte eines Technischen Reports:

- Vorschlag eines Themas bei der zuständigen Division (ausgearbeitetes Proposal)
- Genehmigung des Technischen Komitees durch das Board der CIE
- Aufnahme der Arbeit: Reguläre Laufzeit 4 Jahre (Amtszeit des TC-Chair)
- Working Draft Ballot innerhalb des TC's (nur stimmberechtigte Mitglieder)

Bei positivem Ergebnis ab hier unter Kontrolle des Central Bureaus der CIE

- Divisions Ballot innerhalb der Division (offizielle Vertreter der NCs in den Divisionen)
- NC-Ballot (Vertreter der Nationalen Komitees der CIE)

Mitglieder der Nationalen Komitees erhalten die Technischen Reports und Standards mit CIE Logo zu einem um 66,7% reduzierten Preis!

6

ASTM

ASTM International (ASTM: American Society for Testing and Materials) ist eine Standardisierungsorganisation in West Conshohocken, Pennsylvania, USA, die sich inzwischen international engagiert. Das Komitee E12 (Committee E12 on Color and Appearance) wurde 1948 gegründet und befasst sich mit Farben und Appearance. Unterkomitees beschäftigen sich mit verschiedenen Farbthemen wie beispielsweise mit Spectrophotometry and Colorimetry (E12.02), Color and Appearance Analysis (E12.04), Visual Methods (E12.11) oder Gonioapparent Color (E12.12). Letzteres wurde 2002 eingerichtet, nachdem sich 2000 eine Interessentengruppe in Santa Rosa in Kalifornien getroffen hatte. Über einige Jahre wurden die Messgeometrien für Interferenzpigmente besprochen und diskutiert. Die Ergebnisse mündeten in den Standard E2539 "Standard Test Method for Multi-angle Color Measurement of Interference Pigments". Aktuell ist die 14. Fassung aus dem Jahr 2021. Neben diesem Standardtest für Interferenzpigmente gibt es auch die Testmethode für Metallics (Aluminiumpigmente): "Standard Test Method for Multiangle Color Measurement of Metal Flake Pigmented Materials" (E2194). Diese Testmethode bezieht sich auf Materialien (Lacke, Kunststoffe), die Aluminiumpigmente enthalten. E2539 bezieht sich dagegen auf die Pigmente.

Mitgegründet wurde E12.12 vom DfwG-Mitglied Werner Rudolf Cramer. Wenige Jahre später stießen Gerhard Rösler, Peter Gabel und Michael Rösler zum Unterkomitee hinzu.

Das Aufgabenspektrum des Unterkomitees E12.12 wurde um verschiedene Beschreibungen wie beispielsweise Sparkle und visuelle Darstellungen erweitert. Gültig sind zurzeit nur die Farbmessungen unter zwei Beleuchtungswinkeln bei 15° und 45° sowie Messungen bei den klassischen Winkeln von 15° bis 110° sowie dem Winkel -15° jeweils vom Glanzwinkel (aspecular). Dieser Standardtest wurde erstmals 2008 veröffentlicht, heute beziehen sich die portablen Mehrwinkelgeräte auf E2539, womit weltweit alle Lack- und Autohersteller arbeiten. Geleitet wird dieses Unterkomitee E12.12 von Francisco Verdu von der Universidad Alicante, der jetzt bei Axalta in Philadelphia in den USA arbeitet. Die Mitglieder in E12.12 kommen aus verschiedenen Industriebereichen und treffen sich zweimal im Jahr zu Beratungen.



Gerhard Rösler mit Ellen Carter vom Journal "Color Research and Application" 2007 in Fort Lauderdale (links), von links: Pat Rood (X-Rite), Rick Shane (PPG) und Werner Rudolf Cramer im Gespräch auf dem Treffen 2008 (rechts)

Memorandum

To: E12.12 Interference Working Group Members*

From: John E. Book

Subject: Minutes from April 27/28 team meeting

Date: May 11, 2000

* Richard Harold, Paul Hoffman, Jim Leland, Cal McCamy, Maria Nadal, Allan Rodrigues, Will Weber, Werner Cramer, Ujjvala Bagal, Mike Nofi, Ken Richardson, Pat Rood, Paul Bartel

Agenda:

Interference Pigment Workgroup Meeting

April 27 -28, 2000
Flex Products, Inc., Santa Rosa, CA

Thursday, April 27, 2000

8:30 AM - 9:00 AM	Introductions, review tabletop display of interference samples.
9:00 AM - 9:30 AM	Team Discussion: Mission and Objectives for Interference Pigment Workgroup, Needs Assessment
9:30 AM - 10:00 AM	Mike Nofi, Interference Color Measurement at Flex Prod.
10:00 AM - 10:15 AM	Break
10:15 AM - 10:45 AM	Paul Hoffman, Interference Color Measurement at Merck
10:45 AM - 11:00 AM	Maria Nadal, Interference Color Measurement at NIST
11:15 AM - 12:00 PM	Mike Nofi, Multi-angle integrating sphere
12:00 PM - 1:30 PM	Lunch
1:30 PM - 2:30 PM	Werner Cramer, Color measurement of interference pigment blends.
2:30 PM - 4:00 PM	Mike Nofi, Flex Metrology tour and demonstrations
4:00 PM - 4:30 PM	Wrap-up
6:00 PM - 9:00 PM	Dinner

Friday, April 28, 2000

8:30 AM - 9:00 AM	Summary of Thursday's Meeting
9:00 AM - 9:45 AM	Finalize Mission and Objectives for Interference Pigment Workgroup
9:45 AM - 10:00 AM	Break
10:00 AM - 10:30 AM	Cal McCamy, Nomenclature to Specify Measurement Geometry

Memorandum für das 1. Treffen der Interessentengruppe in Santa Rosa in Kalifornien 2000

DfwG-Arbeitsgruppen

Die Arbeit der DfwG ist in Arbeitsgruppen organisiert.

Die Leitung der jeweiligen Arbeitsgruppen hatten folgende Personen inne:

AG Farbmeterik und Grundlagen

Dr. Klaus Witt (2004 bis 2005)

Dr. Wilhelm H. Kettler (2005 bis 2011)

PD Dr. Peter Bodrogi (2012 bis 2020)

Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz (seit 2020)

AG Multigeometrie

Dr. Gerhard Rösler (2005–2012)

Dr. Andreas Höpe (2014–2015)

Dr. Alfred Schirmacher (seit 2015)

AG Industrielle Farbtoleranzen

Dr. Gerhard Rösler (2005–2012)

AG Fluoreszenz

Dr. Claudio Puebla (2004–2018), heute eingegliedert in die AG Appearance

AG Appearance

Christian Dietz, Felix Schmollgruber (gegründet 2018)

AG Farbbildverarbeitung

Prof. Bernhard Hill (2005–2014)

Dr. Andreas Kraushaar (seit 2015)

Vermächtnis

„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“

M. Richter „Unterricht in der Farbenlehre in Deutschland“, 1959

Impressum

Präsident	Dr. Andreas Kraushaar 089/43182335 kraushaar@fogra.org
Vize-Präsident	Prof. Dr. Christoph Schierz 03677/693731 christoph.schierz@tu-ilmenau.de
Schatzmeister	Dr. Carsten Steckert 030/6032554 carsten.steckert@gmx.de
Sekretärin	Dr. Karin Bieske 03677/693737 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 089/43182335 kraushaar@fogra.org Farbmetrik und Grundlagen: Prof. Dr. Christoph Schierz 03677/693731 christoph.schierz@tu-ilmenau.de Appearance: Christian Dietz 09337/9004799 christian.dietz@rhopointinstruments.de Multigeometrie: Dr. Alfred Schirmacher 05171/81360 alfred.schirmacher@gmail.com
Internet	www.dfwg.de

1. Auflage, Oktober 2024

ISSN 1860-2835

Verleger und Herausgeber	Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
Vereinsregister	VR 4979 NZ, Amtsgericht Charlottenburg (Berlin)
Redaktion	Karin Bieske, Frank Rochow, Werner Rudolf Cramer
Gestaltung	Ellen Stockmar
Fotos	Werner Rudolf Cramer, Karin Bieske, Christina Hacker, Frank Rochow, Andreas Höpe, Bernhard Hill, Eggert Jung
Druckbetreuung	Andreas Kraushaar

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

www.dfwg.de