

ISSN 1860-2835

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

Verantwortlich: Dr. Andreas Kraushaar



Kinderleichte Bedienung eines Messinstrumentes!



Inhaltsverzeichnis

<i>Impressum</i>	4
<i>Liebe Farbgemeinde!</i>	6
<i>Zum Tode von Dr. Hermann Pelshenke</i>	7
<i>Zusammenfassung zum Workshop Farbmessung damals, heute und morgen</i>	8
<i>Barbieri electronic</i>	8
<i>ColorLite</i>	17
<i>Instrument Systems</i>	22
<i>JETI Technische Instrumente</i>	28
<i>MICRO-EPSILON</i>	38
<i>TECHKON GmbH</i>	42
<i>TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH</i>	52
<i>X-Rite Europe GmbH</i>	62
<i>Vernarrt in Interferenzpigmente und ihre Farbmessung</i>	72
<i>GonioViewer Experimental - Visual Observation Simplified</i>	81
<i>Eichung und farbkünstlerische Möglichkeiten eines system-basierten Instruments nach Wilhelm Ostwald – Teil 1</i>	89
<i>Auch das noch!</i>	98

Impressum

Präsident

Dr. Andreas Kraushaar

Telefon 089/43182335

E-Mail kraushaar@fogra.org

Vize-Präsident

Prof. Dr. Christoph Schierz

Telefon 03677/693731

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

Schatzmeister

Dr. Carsten Steckert

Telefon 030/6032554

E-Mail carsten.steckert@gmx.de

Sekretärin

Dr. Karin Bieske

Telefon 03677/693737

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

Geschäftsstelle

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

c/o Technische Universität Ilmenau

Fakultät für Maschinenbau

Fachgebiet Lichttechnik

Postfach 10 05 65

D-98684 Ilmenau

Bankverbindung

IBAN: DE81 1005 0000 2060 0235 83

DfwG-Report 2025/1

Arbeitsgruppenleiter

Farbbildverarbeitung

Dr. Andreas Kraushaar

Telefon 089/43182335

E-Mail kraushaar@fogra.org

Farbmetrik und Grundlagen

Prof. Dr. Christoph Schierz

Telefon 03677/693731

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

Appearance

Christian Dietz

Telefon 09337/9004799

E-Mail christian.dietz@rhopointinstruments.de

Multigeometrie

Dr. Alfred Schirmacher

Telefon 05171/81360

E-Mail alfred.schirmacher@gmail.com

Internet

www.dfwg.de

ISSN 1860-2835

Verleger und Herausgeber

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Vereinsregister

VR 4979 NZ, Amtsgericht Charlottenburg (Berlin)

Redaktion und Layout

Werner Rudolf Cramer

Druckbetreuung

Andreas Kraushaar

Titelfoto

Wolf Moritz Cramer fotografiert von W. R. Cramer

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

Liebe Farbgemeinde!

es scheint, als hätte ein Großteil der Welt mein Vorwort im letzten DfwG-Report mit der Bitte um gute Nachrichten nicht gelesen. In dieser ersten Ausgabe des Jahres 2025 soll es aber nicht um Multikrisen gehen, sondern um eine Zeitreise.

Insbesondere die Teilnehmer unserer 50. Jahrestagung in Göppingen werden sich an den dortigen Farbworkshop erinnern. Getreu dem Motto „Gestern - Heute - Morgen“ stellten Hersteller von Farbmessgeräten ihre damaligen Lösungen vor, zeigten, was heute Stand der Technik ist und gaben einen Ausblick auf die Farbmessung von morgen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um die Messung von Licht- oder Körperfarben handelt oder ob Farben im Dreibereichs- oder Spektralverfahren erfasst werden.

Der undotierte Preis für das älteste noch funktionsfähige Messgerät ging, wenn ich mich nicht irre, an die Firma Barbieri mit einem Messgerät (DTP 1150) aus dem Jahr 2000. Das Mehrwinkelmessgerät MA68 auf dem Titel dieser Ausgabe war allerdings nicht darunter.

In dieser ersten Ausgabe des Jahres 2025 sind alle Beiträge des Workshops zusammengefasst. In alphabetischer Reihenfolge sind dies die Beiträge der Firmen Barbieri electronic, ColorLite, Instrument Systems, JETI Technische Instrumente, MICRO-EPSILON, TECHKON GmbH, TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH und X-Rite Europe GmbH. Letztere hat, wie ich vor Ort erfuhr, ihren Namen von X-RAY und WRITE geerbt. Seien Sie versichert, dass ich alle mir bekannten Hersteller angeschrieben habe. Sollte ein Beitrag fehlen, bitte ich Sie, sich mit dem Hersteller in Verbindung zu setzen oder einen Beitrag nachzuliefern.

Passend zum Thema berichtet Werner Rudolf Cramer anschließend aus seiner Sicht als Anwender über die Farbmessung von Interferenzpigmenten. Gewohnt unterhaltsam und kurzweilig schreibt er über die Entwicklung des Goldfarbtönen „aurum magicum“. Ihre Chinesischkenntnisse testen wir im danach folgenden Beitrag. Er stammt ebenso aus der Feder von Werner Rudolf Cramer und seinem Sohn Wolf Moritz, die wir bereits auf der Titelseite kennengelernt haben. Dort geht es um eine praktische Lösung für die Mehrwinkel-Abmusterung, denn für die Übereinstimmung zwischen Messtechnik und visuellem Urteil gilt stets „*Messen wie man sieht*“. Dankenswerterweise steht der englische Text daneben, falls die natürliche oder künstliche Intelligenz des Lesers nicht zum Verständnis geführt hat.

Den Abschluss dieser Ausgabe widmen wir der Eichung und farbkünstlerischen Möglichkeiten eines system-basierten Instruments nach Wilhelm Ostwald. Wolfram Jaensch berichtet in einem ersten Teil über die Farbgeschichte von Ostwaldianern und Malern, die seiner Farbordnung nicht viel abgewinnen konnten. Besonders schön ist die Pulverorgel: feinste aufeinander abgestimmte Trockenpigmente, ideal in einem Doppelkegel angeordnet.

Mitte Dezember erreichte uns die traurige Nachricht vom Tode Dr. Hermann Pelshenkes. Er verstarb am 9.12.2024. Sein Fachwissen und seine langjährige Verbundenheit mit der DfwG werden uns in dankbarer Erinnerung bleiben.

Bleiben Sie behütet!

Andreas Kraushaar

Zum Tode von Dr. Hermann Pelshenke

Mitte Dezember erreichte uns die Nachricht vom Tod von Dr. Hermann Pelshenke. Er war seit 1978 Mitglied in der DfwG und arbeitete früher bei der BASF-Farben und Fasern AG in Münster/Hiltrup im Bereich Lacke und Farbe. Ein gemeinsamer Beitrag mit Prof. Reinhard Vollmer zur *Fehlerfortpflanzung bei der Konstanten-Berechnung für die Farb Rezeptierung* ist im Programm der 3. DfwG-Jahrestagung 1978 in Neu-Ulm zu finden. Im Nachdruck des Beitrags aus dem Jahre 2017 von Gerhard Pausch, der in unserer Festschrift (DfwG-Report 4/2024, S. 54) erschienen ist, erinnert er sich an Dr. Hermann Pelshenke als einer seiner Weggefährten. Hermann Pelshenke verstarb im Dezember 2024 in Münster im Alter von 85 Jahren.



Dr. Hermann Pelshenke
*16.10.1939, † 9.12.2024

*Der Tod ist das Tor zum Licht
am Ende eines mühsam gewordenen Weges.
Franz von Assisi*



*Deelentor des Pahnhofes in Elverdissen
restauriert von Hermann Pelshenke*

Sein Fachwissen und seine langjährige Verbundenheit mit der DfwG werden uns in dankbarer Erinnerung bleiben.

In stillem Gedenken,
Vorstand und Mitglieder der DfwG.



Ensuring Excellent Color Quality in Digital Printing



DfwG-Jahrestagung 2024

Farbe Gestern, Heute & Morgen



© Barbieri electronic – Oktober 2024

1

About Barbieri Electronic, Italy



Ensuring Excellent Color Quality in Digital Printing

Barbieri Electronic builds spectrophotometers for color measurement in professional digital printing.

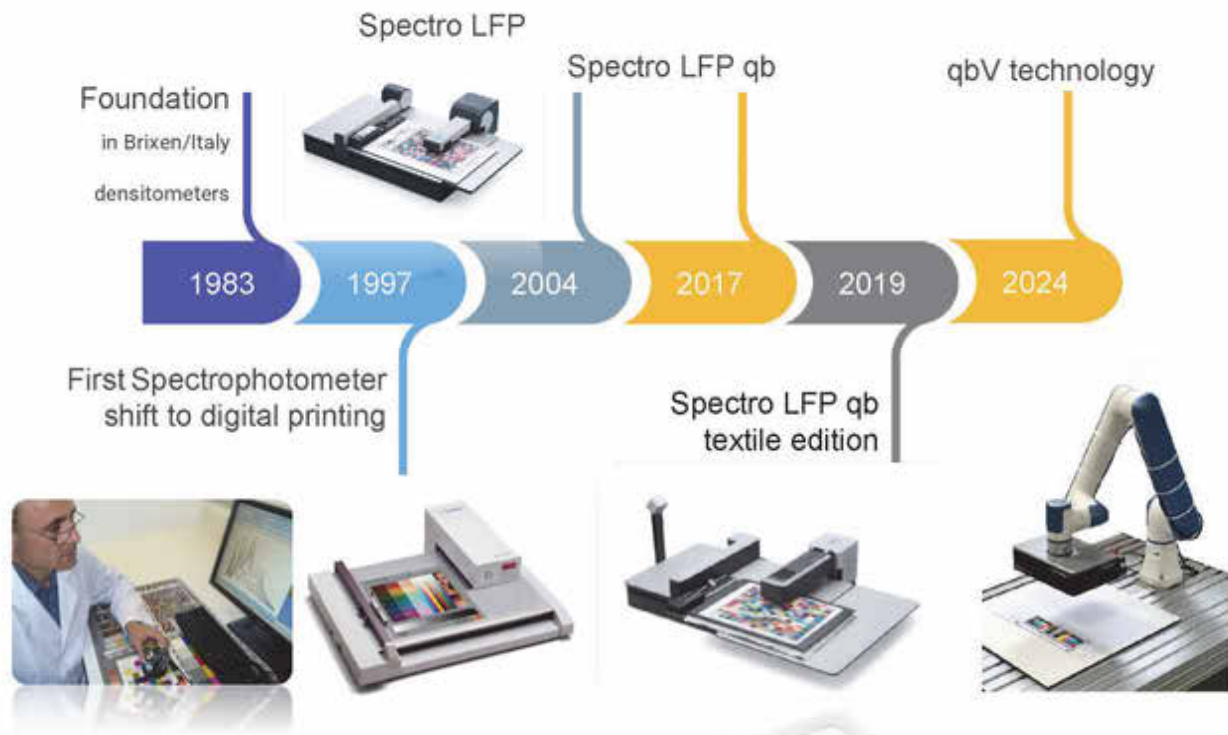
Barbieri is the color measurement market leader for large format, flatbed and industrial printing.



© Barbieri electronic – Oktober 2024

2

About Barbieri Electronic, Italy



© Barbieri electronic – Oktober 2024

ICC International Color Consortium since 1993



© Barbieri electronic – Oktober 2024

Color in Digital Printing



In the world of digital printing, different colors on different output devices are a common challenge. Only in very rare cases will the reproduced output colors correspond to the original colors.

This causes frustration and inefficiency.

👉 The baby does not recognize itself; it is unhappy and cries.

The solution lies in **color management** based on **ICC** (International Color Consortium) **profiles**. By utilizing Barbieri #spectrophotometers, you can achieve **precise color measurement**, ensuring your colors are consistent across all devices.

With **Barbieri**, your baby does not cry anymore.

How it all began, 1992

We learned Color theory starting from german books (Einführung in die Farbmeterik, Richter)

FOGRA color measurement training

At this time had a lot of expertise using and designing optical color filters and we builded a colorimeter with D50 correction filter for the tungsten lamp and XYZ filters for the detection with silicon fotodiodes.

Color Calibration set from BAM German to verify the accuracy of our instruments.
(Testfarbensatz nach DIN 6169)

DTP 1150 colorimeter



Color measurement at Barbieri



Spectro 100 xy

First Barbieri Spectrophotometer with diffraction grating and photodiode array from Carl Zeiss

Color Management Software from Colorblind (Color Solution) and Heidelberg



Color measurement at Barbieri



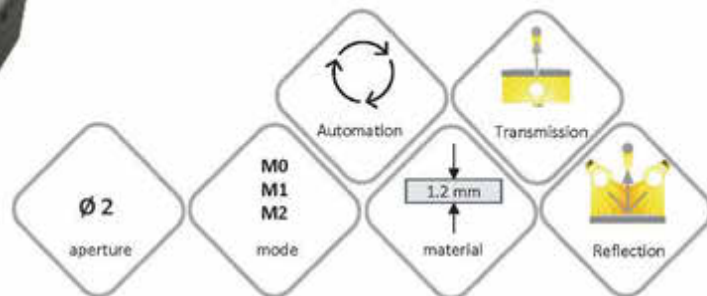
Spectro LFP reflection and transmission spectrophotometer for Large format printing

Spectro 40xy reflection and transmission spectrophotometer



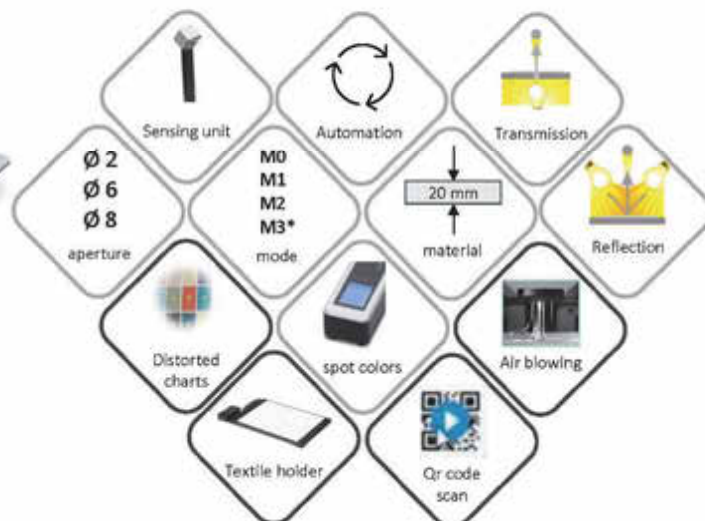
Barbieri Spectro Swing qb

Automatic Reflection and Transmission Spectrophotometer for color measurement of **substrates with paper-like properties** in various digital printing applications



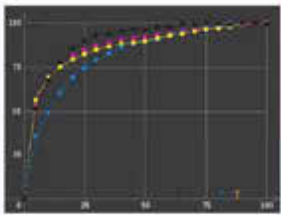



Barbieri Spectro LFP qb Textile edition

Automatic Reflection and Transmission Spectrophotometer for color measurement of **all substrates including textiles and garments** in various digital printing applications



Color in Digital Printing

The different applications for Barbieri measurement devices

<p>Linearization</p>  <p>Checking the ink drop for each color channel</p>	<p>ICC Profiling</p>  <p>Describing the color space of the digital printer</p>	<p>Spot Colors</p>  <p>Checking values of spot colors (L*a*b*)</p>	<p>Process Control</p>  <p>Verify stability of printing process</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Enhancing automation with robotics, CV and AI technology



Some examples of materials which can entirely be automatically measured: textiles, glass, backlit film, paper, vinyl, silk, fabrics, fine art paper, plexiglas, adhesives, banner, canvas, polyester, PVC, wrap film, cardboard, plastic plates, gypsum plates, wood, stone, ceramic plates and many more...

Enhancing automation with robotics, CV and AI technology

ISO 13655 conform Spectral Color Sensor



Integrated Computer Vision System



Full automated measurements with Cobot support

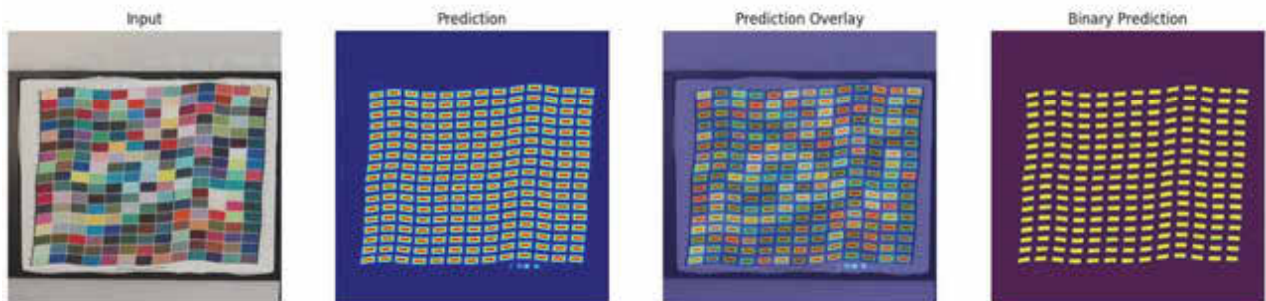
Opens a universe of new possibilities

- ...recognize chart, page, size, etc.
- ...avoid handling mistakes (wrong chart)
- ...recognize a unique target ID (barcode, QR code)
- ...measure just single areas in a picture

Enhancing automation with robotics, CV and AI technology

Ai supported Computer Vision Algorithms

Automated Patch detection



Enhancing automation with robotics, CV and AI technology

Ai supported Computer Vision Algorithms

Details about measuring positions and patch characteristics



Summary

Spectrophotometers to ensure excellent color quality in digital printing

- ✓ Printers need color calibration/characterization and color process control
- ✓ Barbieri offers a dedicated automated color measurement solution - Barbieri qbV technology
- ✓ automation with robotics, CV and AI technology



Thank you



Ensuring Excellent Color Quality in Digital Printing



Markus Barbieri

markus.barbieri@barbierielectronic.com

www.barbierielectronic.com

Brixen/Bressanone, Italy



WELCOME
TO
COLORLITE



1

WER BIN ICH?

1985 - 1987 Elektroniker Ausbildung

1987 - 1999 Uni Göttingen - Techniker
„Lichtmesstechnik“ - PUR Sensoren

1994 - 1998 Studium Elektrotechnik an der
FH-Hannover - Diplomarbeit FMS

1998 - 2003 Wissenschaftliche Mitarbeiter
FH-Hannover - Projekt AMIS

- Phd Thema - Fisheye verfahren
Staffordshire University /UK
- Farbmesstechnik mit weißen LEDs

2003 - Gründer und Geschäftsführer der
ColorLite GmbH



50 Jahre DfwG
Gestern - Heute - Morgen



David Pryor PhD.

2

WER SIND WIR?

ColorLite GmbH: Start-up-Firma, gegründet 2003, in Katlenburg-Lindau, Südniedersachsen

Ausgründung nach 5 Jahren
Forschungsarbeit an der FH-Hannover.
Wir haben nach Möglichkeiten gesucht, weiße LEDs als Lichtquelle zu nutzen für die Farbmessstechnik

ca. 20 Mitarbeiter - spezialisiert auf spektrale Farbmessstechnik,

- Portable Spektralphotometer
- Stationäre Spektralphotometer
- Prozessintegrierte Farbmessstechnik

 **ColorLite**
Innovative Farbmessstechnik
50 Jahre DfwG
Gestern - Heute - Morgen



3

UNSERE ERSTES GERÄT DAS SPH850

Entstanden zwischen 1998 und 2003
an der FH-Hannover - Projekt AMIS

Besonderheit – erstes
Spektralphotometer mit weißen LEDs

Welche Vorteile hat dies?

Die LED Lichtquelle muss nie
gewechselt werden

LED's altern nicht

LED's sind gut steuerbar

Präsentation auf der Sensors
Conference 2002, Nürnberg

 **ColorLite**
Innovative Farbmessstechnik
50 Jahre DfwG
Gestern - Heute - Morgen



Erste Versuche

4

UNSERE ERSTES GERÄT DAS SPH850

Weitere Vorteile...

Durch den Einsatz von LWL (Lichtwellenleitern) – externer Messkopf mit einem Durchmesser von nur 25 mm.

Footprint von nur 13 mm ... Perfekte Schnittstelle:

Probe  Messtechnik

Einzigartige Handhabung für die Messung gekrümmter Oberflächen


ColorLite
Innovative Farbmesstechnik
50 Jahre DfwG
Gestern - Heute - Morgen



Unser erstes Gerät ColorLite sph850

5

MESSTECHNIK HEUTE

Unsere Messtechnik Heute ColorLite sph900...

Der 45°/0° Messkopf kann mit verschiedenen Adaptern in anderen Messgeometrien gewandelt werden mit MA35 Adapter - 45°/0° > d/8°

Mit TA35 Adapter -
d/0° Transmissionsmessung

MA80-Adapter zur Erweiterung der Messfläche auf 80 mm für inhomogene Proben


ColorLite
Innovative Farbmesstechnik
50 Jahre DfwG
Gestern - Heute - Morgen



MESSTECHNIK HEUTE

Das XS1 ...

Unsere kompaktes Spektralphotometer

Anwendung, bei der hohe Mobilität erforderlich ist

QR/Barcode-Scanner integriert

45°/0° Geometrie

60° Glanzmessung


50 Jahre DfwG **ColorLite** Innovative Farbmesstechnik
Gestern - Heute - Morgen



7

MESSTECHNIK HEUTE

Das RG2 ...

Unser robustes Spektralphotometer

Anwendung in der Produktion

QR / Barcode-Scanner integriert

Schutzklasse IP65

d/8° bis 10 mm Messfeld

d/0° mit 38 mm Messfeld


50 Jahre DfwG **ColorLite** Innovative Farbmesstechnik
Gestern - Heute - Morgen



8

FARB- MESSTECHNIK MORGEN

Wir glauben, dass die Farbmesstechnik der Zukunft ...

... eine prozessintegrierte (Inline-) Automatikmesstechnik sein wird.

Anstelle von (Stichproben-)Messungen – 100 %-Prüfung mit den folgenden Vorteilen:

- Variationen während der Produktion zu Detektieren
- Automatisierte Messung
- Produktionsparameter anzupassen
- Rezeptierung als „closed loop“ Lösung



Kunststofffolien – Messungen mit Auflicht und Durchlicht



We bring quality to light.

The Company: Instrument System Sites & Distribution Network

- ▲ Founded 1986 in Munich
- ▲ Member of Konica Minolta Group
- ▲ Light measurement solutions for
 - Display Industry
 - LED/SSL Industry
 - Automotive & Aviation Industry
- ▲ Munich site (Headquarters)
 - High-end spectroradiometers
 - Turn-key display measurement equipment
- ▲ Berlin site (Optronik Line)
 - Turn-key automotive (exterior) lighting measurement systems
- ▲ Korean site (Kimsoptec Line)
 - Display measurement instruments and systems for Key accounts



Customer Applications

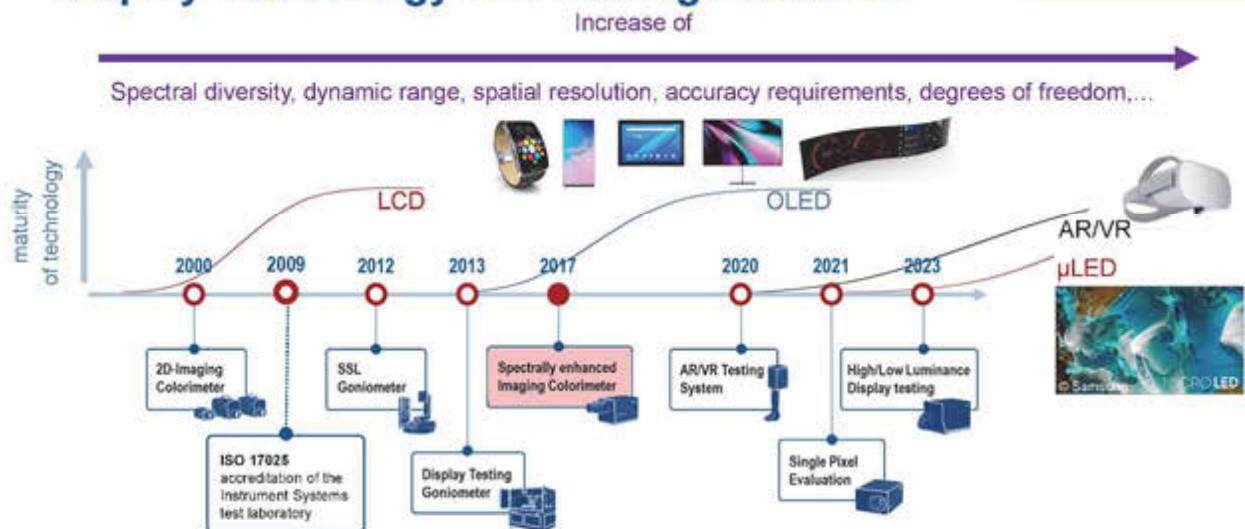
Application Portfolio

Display Measurement						
	AR/VR	Automotive Interior Lighting	Display Characterization	Flat Panel Display Production	MicroLEDs	System Audit
	Light Emitter Measurement					
		LED Production	LED / Modules	UV-LEDs	VCSEL / Laser	IR Sensing
		Lighting Products Measurement				
			Automotive Exterior Lighting	Blue Light Hazard	Solid State Lighting	

ISO 17025
accredited test
laboratory
(Reg. N° D-PL-
19052-01-00)

Display Technology and Testing Evolution

Technology Evolution



Filter-based Imaging Colorimeters

Product Portfolio

2000

LumiCam Mono/Color Imaging Colorimeter



2015

LumiCam Advanced 6-Filter System



2017

LumiCam 2400B Motorized Lens



2021

LumiCam 4000B 12 MP Camera



LumiSuite Quality Measurement Software

Spectrometrically Enhanced Imaging Colorimeters

2017

LumiTop 2700 Spectrally enhanced Imaging Colorimeter



2019

LumiTop 4000 12 MP Resolution



2019

LumiTop X150 Ultra-High Resolution



2021

LumiTop AR/VR Near-Eye Display Periscope Lens



2023

LumiTop X20/X30 High/Low Luminance



2024

LumiTop AR/VR Near-Eye Display Straight Lens



Company Profile

1/5

LumiTop X – The Next Generation of LumiTop

Product Portfolio

NEW



Flexible FOV



High & Low Luminance



High Resolution



LumiTop X20 and LumiTop X30

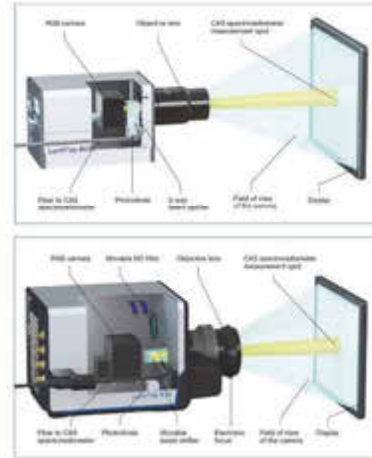
- ▲ Enhanced dynamic range from mcd/m^2 to Mcd/m^2
- ▲ Full sensitivity for **best low luminance performance**
- ▲ **High precision electronic focus** or fixed focus lens
- ▲ **20 megapixel** or **30 megapixel** camera resolution
- ▲ **Fast flicker diode** for 1 Hz to 1 kHz
- ▲ High-end spectroradiometer **CAS 140D**

Company Profile

1/6

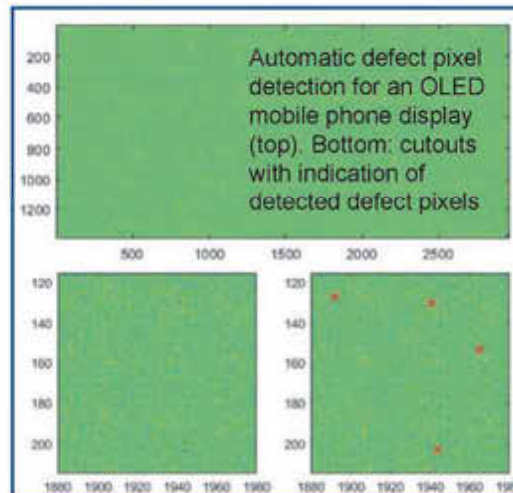
Imaging Colorimeters – LumiTop Series

- ▶ **Innovative design**
 - Combines a high-resolution camera with an extremely accurate CAS spectroradiometer for true color measurement
 - Additional parallel flicker measurement with dedicated detector
 - Spectral information used for instant fine correction of color images and/or spectral analysis of light sources
- ▶ **Customized for lab and production**
 - Camera options: High dynamic, low-noise CMOS RGB-cameras from 12 MP to 150 MP
 - Dynamic range: Sensors up to 81 dB
 - Various industry-grade lenses for diverse applications: micro displays, flat panels, AR/VR devices, etc.
- ▶ **Extensive application software support: LumiSuite & SDK**
- ▶ **Traceable calibration**
 - efficient audit concepts, no golden samples required



Optical design concepts of the LumiTop 4000 and LumiTop X30.

Applications & Challenges: Single Pixel testing

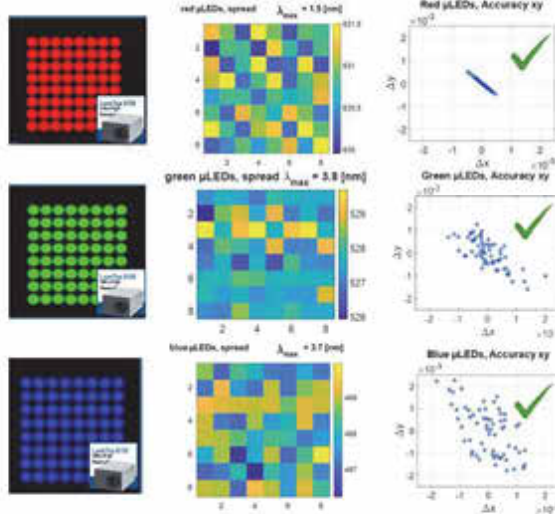


Applications & Challenges: spectral uniformity

Application Example

For many modern display types the emission spectrum can vary significantly from pixel to pixel (e.g. μ LED) or with viewing angle.

- Advanced measurement methods needed for accurate colour measurements
- Many LumiTop systems feature adaptive calibration that automatically optimizes system calibration for user supplied set of spectra (myCal) or real time on spectra measured with attached CAS spectrometer (liveCal)



Chromaticities are consistent with CAS spectrometer measurements of individual pixels

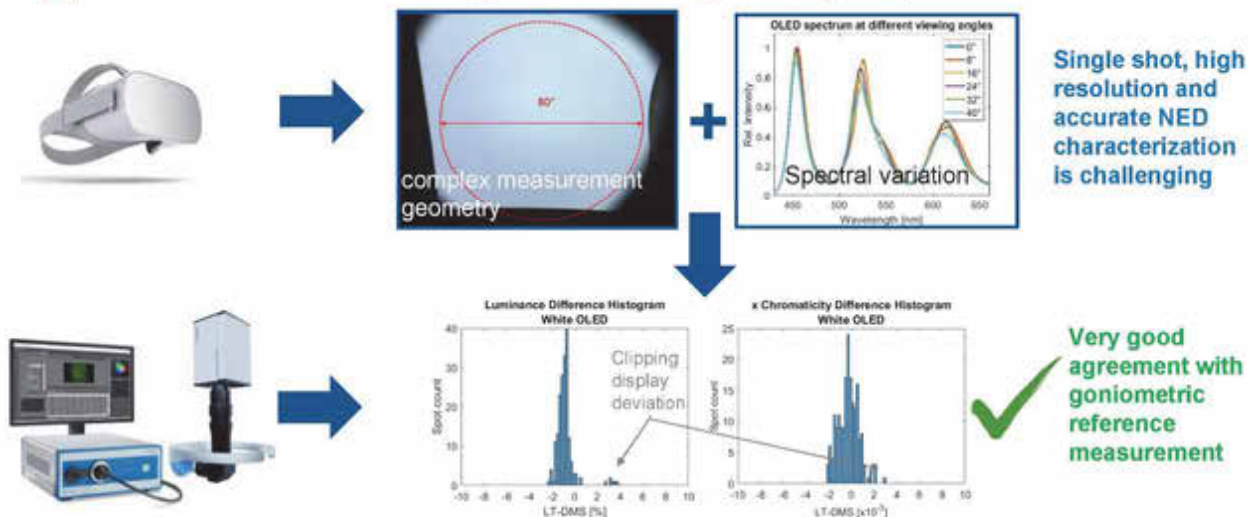
LumiTop enables colour measurements with an accuracy well beyond the capabilities of most state-of-the-art purely filter based systems for a wide range of spectral distributions

Company Profile

9

Applications & Challenges: Near Eye Displays

Application Example

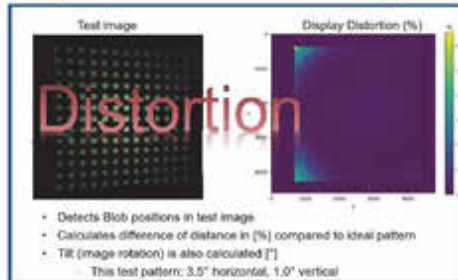
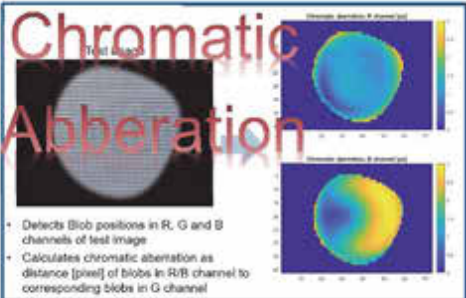
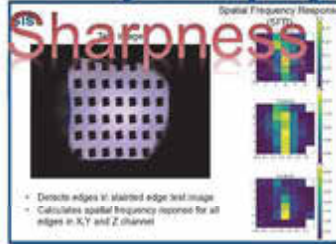


Company Profile

10

Applications & Challenges: Near Eye Displays

Application Example



Company Profile

B 11



THANK YOU!

For more information, please reach out to our global network or the sales team at Instrument Systems.



Global network

Munich Headquarters

Kastenbauerstraße 2
81677 Munich
+49 (0)89 45 49 43-58
sales@instrumentsystems.com
www.instrumentsystems.com

Berlin site

Kaiserin-Augusta-Allee 16-24
10553 Berlin
+49 (30) 349 941-0
sales@instrumentsystems.com
www.instrumentsystems.com

Korea site

경기도 성남시 중원구 사기막골로
124 SKn 테크노파크 메가동 608호
+82-31-697-8228
sales_korea@instrumentsystems.com
www.kimsoptec.com



25 Jahre JETI

Rückblick & Ausblick



Steffen Görlich
Göppingen, den 9.10.2024



Unternehmen



- Gegründet 1998 von drei ehemaligen Zeiss-Mitarbeitern
- Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Komponenten und Systemen zur Spektralmessung unter dem Motto:

„Wirtschaftlich und einfach zu bedienen“

- Mitarbeiter: 21
- Standort: Jena/ Thüringen
- URL: www.jeti.com

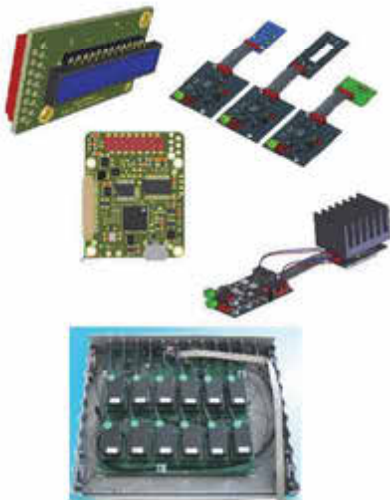




Geschäftsfelder

Elektroniken für Sensor-Zeilen

- vor allem in größeren Stückzahlen
- oft Anpassung an Kundenwünsche



Spektrometer (UV/ VIS/ NIR)

- hauptsächlich OEM-Verkäufe



Spektroradiometer (VIS/ UV/ NIR)

- oft Einzelverkäufe
- zusätzlich: Rekalibriergeschäft



Vorgeschichte

Ursprung: Zahnfarbmessung, Prototyp 1992

1993 – 1997 Jenoptik: Entwicklung/ Fertigung Farbmessgeräte für Fa. Bruno Lange GmbH Düsseldorf/ Berlin (Oberflächenfarbe)



color-pen, spectro-pen



spectro-color



Modelle von JETI-Spektralradiometern



specbos 2501/ 2501 UV
(2023/24)



spectraVal 1501/1511
(2016/17)



specbos 1211/
1211 UV (2012)



specbos 1200
(2003)



specbos 1100
(2000)

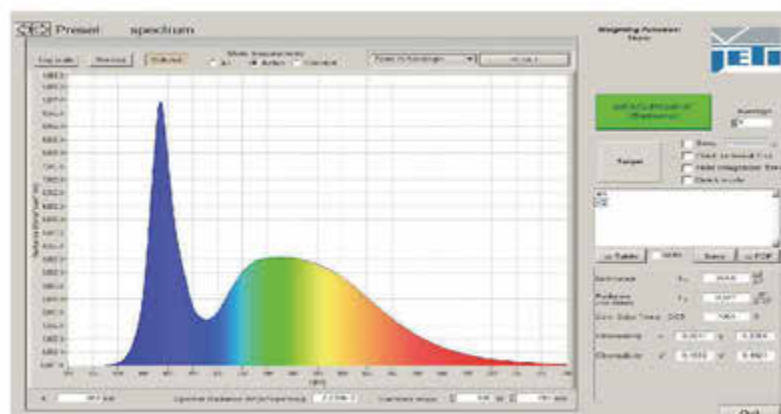
specbos 1201
(2005)



Testmessung mit specbos 2501



- Ausgedehnte Lichtquelle – Strahldichtemessung
- Justage durch Zielkreis (Target)
- Auslösen der Messung (Measurement)
- Anzeige von Meßwerten (große Auswahl)



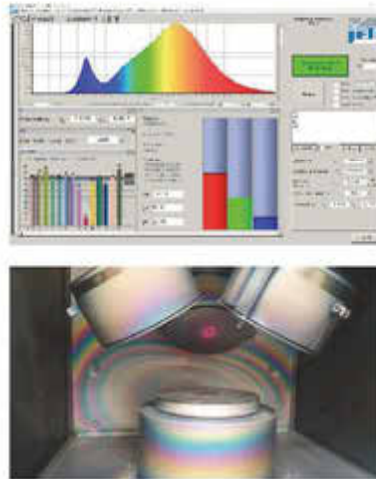


Hauptmerkmale der Spektroradiometer

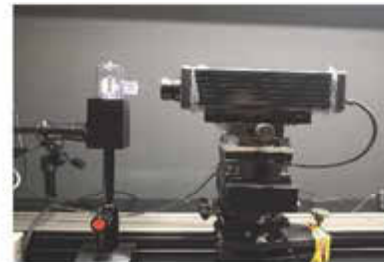
Universell einsetzbar



Einfache Bedienung



Präzise Messung

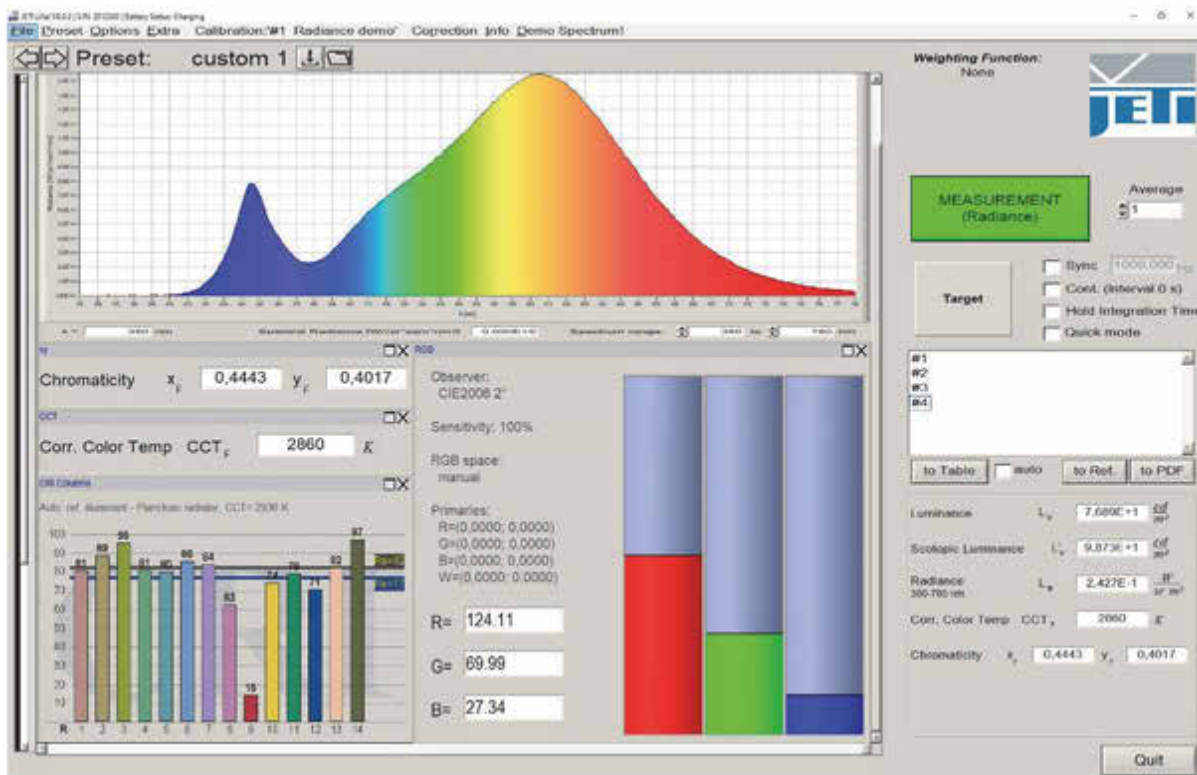


Spektromessung

Spektroskopische

Spektroskopische

Wellenlänge	Strahlungsleistung	Strahlungsleistung	Strahlungsleistung	Strahlungsleistung	Strahlungsleistung
380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
440	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
460	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
520	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
540	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
560	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
580	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
620	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
640	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
660	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
680	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





Weitere Merkmale

Wellenlängenbereich über VIS hinausgehend



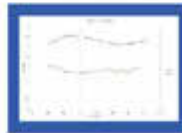
Berechnungen für verschiedene Anwendungsgebiete (z.B. Museumsbeleuchtung, PAR, Gefährdung durch opt. Strahlung usw.)



Kompatibilität mit Fremdsoftware

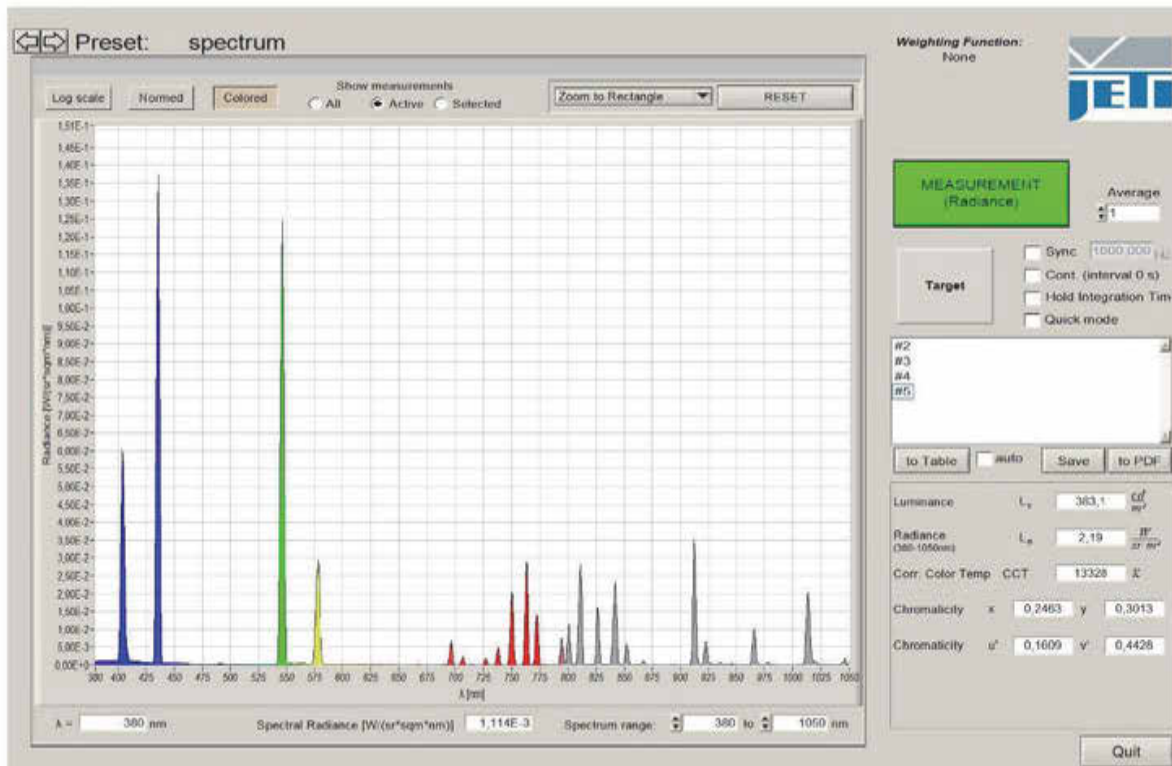


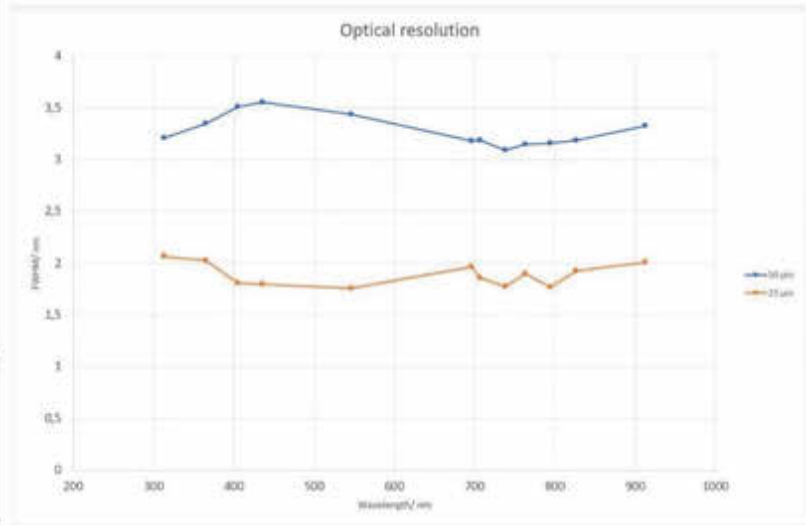
Erhöhte optische Auflösung



Universalität durch unterschiedliche CMFs

*2° (CIE 1931)
 10° (CIE 1964)
 Judd-Voss 1978 - 2°
 L&L 2000 - 2°
 CIE 2000 - 10°
 CIE 2000 - 2° Trifurcate-Cross Mod.
 CIE 2000 - 2° TU Braunschweig Mod.
 CIE 2000 - 10° TU Braunschweig Mod.





CalMAN 2019 CalMAN Ultimate for Business 201 Days Remaining

Color Management System (CMS) Adjust

Goal: Use the charts to adjust for minimum CMS color gamut error. Optimize Gamut Luminance for primaries and CIE chromaticity for secondaries.

Gamut Luminance

Channel	White	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	100%
L*	100.000	41.984	72.461	44.761	55.561	28.869	97.061	100.000
a*	0.000	41.984	13.803	-13.803	0.000	0.000	0.000	0.000
b*	0.000	13.803	41.984	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

RGB Balance

Channel	White	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	100%
R	0.309	0.655	0.287	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1
G	0.319	0.325	0.372	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1
B	161.050	34.789	114.426	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1

Target xCIE31

Channel	White	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	100%
x	0.311	0.640	0.300	0.150	0.225	0.321	0.419	0.1
y	0.329	0.330	0.600	0.060	0.329	0.154	0.505	0.1

Target yCIE31

Channel	White	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	100%
y	161.050	34.348	115.176	11.625	128.802	45.874	145.424	0.1

AE 2000

Channel	White	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	100%
ΔE	6.257	1.814	3.309	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1



Anwendung verschiedener CMFs

CMFs in LiVal

- 2° (CIE 1931)
- 10° (CIE 1964)
- Judd-Vos 1978 - 2°
- ✓ CIE 2006 - 2°
- CIE 2006 - 10°
- CIE 2006 - 2° Schanda-Csuti Mod.
- CIE 2006 - 2° TU Ilmenau Mod.
- CIE 2006 - 10° TU Ilmenau Mod.

CIE S 026/E:2018

ipRGC-Influenced Responses to Light			
CIE S 026/E:2018			
S-cone-opic	L_{sc}	7,007E-4	$\frac{W}{sr m^2}$
M-cone-opic	L_{mc}	1,302E-2	$\frac{W}{sr m^2}$
L-cone-opic	L_{lc}	2,453E-2	$\frac{W}{sr m^2}$
Rhodopic	L_{rh}	3,435E-3	$\frac{W}{sr m^2}$
Melanopic	L_{mel}	1,801E-3	$\frac{W}{sr m^2}$



Hauptanwendungen

Kalibrierung von Bildschirmen/ Displays
und Projektionseinrichtungen



Produktion (u.a. Herstellung von Lampen
und Leuchtmitteln)



Horticulture



Lichttechnische Forschung



Gefährdungsmessungen



UV-Anwendungen





Messunsicherheit mittels Monte Carlo Simulation

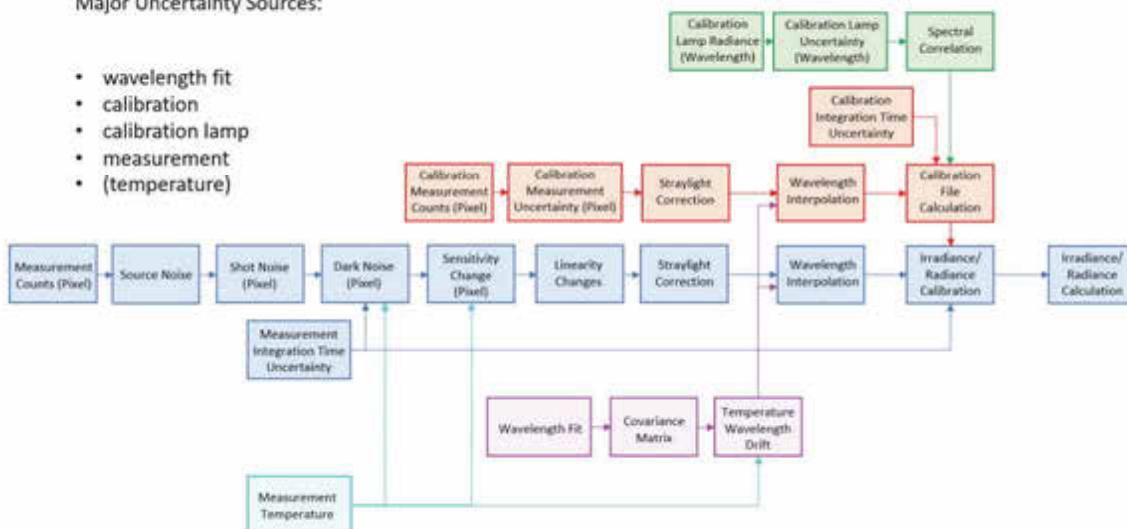
- Normale Messung wird durchgeführt
- Statistische Variation der Messwerte
- Berechnung der spektralen und integralen MU-Werte



Messunsicherheit

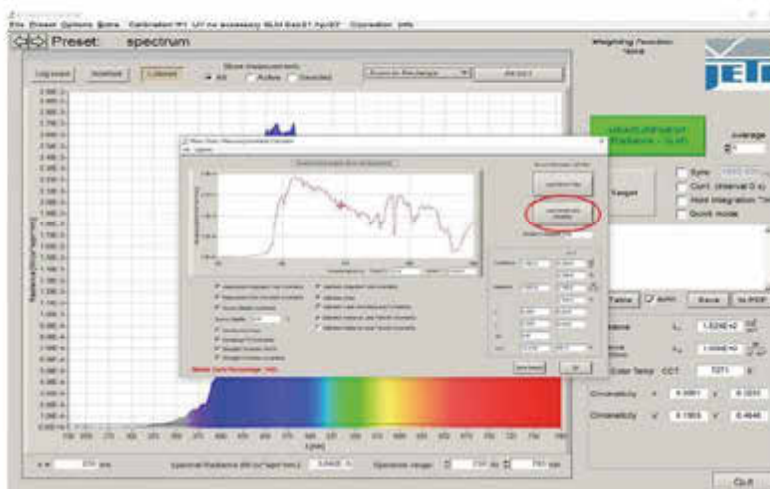
Major Uncertainty Sources:

- wavelength fit
- calibration
- calibration lamp
- measurement
- (temperature)





Messunsicherheit



- Bestimmung der MU durch Anwender möglich
- Momentan läuft noch der Beta Test



Zukünftige Entwicklungen

- Etablierung der MU-Berechnungen
- Verringerte Messdauer
- Verringerung der minimal messbaren Leuchtdichte
- Kleine portable Geräte mit Sensorkühlung

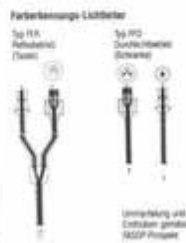
**Workshop
Farbmessung damals, heute und morgen**



Faseroptische Farberkennungsgeräte RGB



Serie FEG



Serie FES



Serie WLCS



1990

1997

2001

- Soll-Ist-Vergleichsprüfung
- Glasfaser-Sensoren in Standard- und Sonderausführung
- RGB+I (C+I)

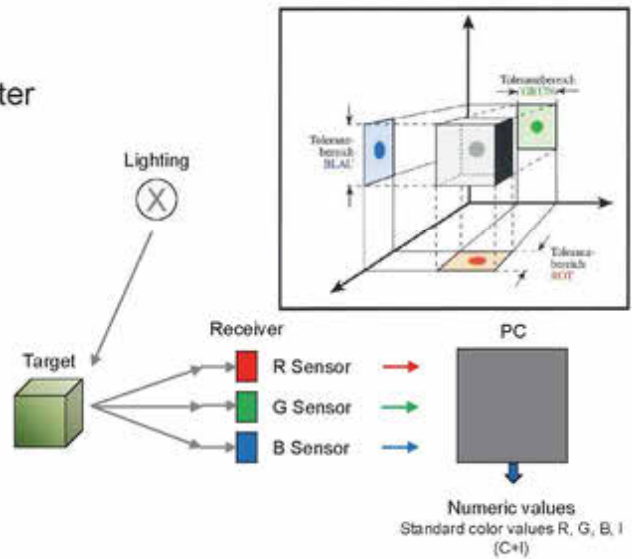
Faseroptische Farberkennungsgeräte RGB



Dreibereichs Farberkennung

Drei Empfangskanäle werden über Farbfilter in Color filters divide the received light spectrum into three color ranges:

- Rot (R)
- Grün (G)
- Blau (B)
- Intensität (I)



Faseroptische Farberkennungsgeräte Spectral



Serie ACS7000



2012

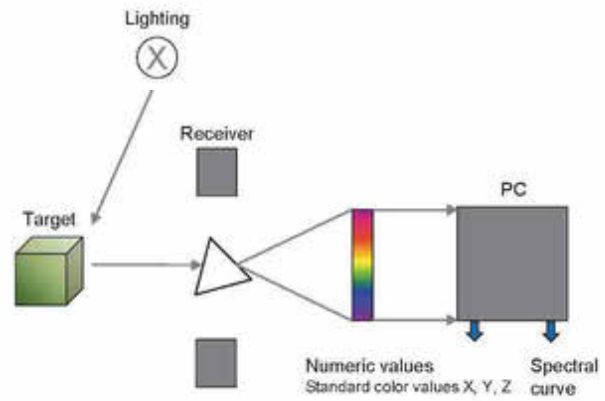
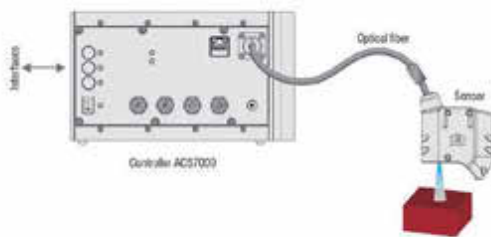
- Spektrale Farbmessung
- Glasfaser-Sensoren in 30°x:0°, 45°c:0°, 0°:180°
- XYZ, L*a*b*, L*C*h°

Faseroptische Farberkennungsgeräte Spectral



Spektralwertmethode

Spektrometer zerlegt Licht in 256 Farbbereiche, auf deren Grundlage Farbwerte präzise berechnet werden



Faseroptische Farberkennungsgeräte XYZ



Serie CFO
100



200



Serie MFA



CFO
250



- Dreibereichs verfahren in kurz-, mittel-, langwelligen Bereichen
- Glasfaser-Sensoren in Standard- und Sonderausführung
- XYZ, Lab, Luv,

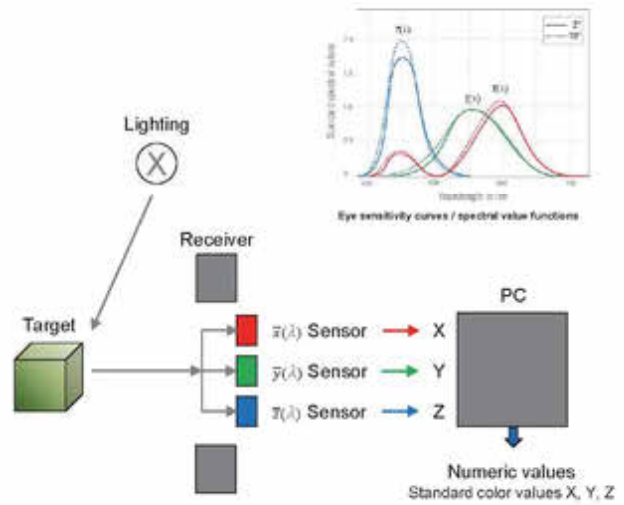
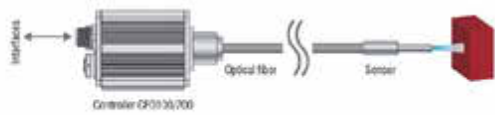
Faseroptische Farberkennungsgeräte XYZ



Dreibereichs Methode (True Color)

Farbfilter unterteilen das empfangene Lichtspektrum in drei Farbbereiche:

- kurz- (Z)
- mittel- (Y)
- lang-wellig (X)



Faseroptische Farberkennungsgeräte Spectral



Serie ACS



2026

- Spektrale Farbmessung Kompakt
- Farbmesssystem absolut
- XYZ, L*a*b*, L*C*h°

Farbmessung – Damals, heute und morgen



TECHKON

TECHKON – 40 Jahre Innovationen



TECHKON

Das Produktprogramm – Farbmessung im Druck



TECHKON

Anwender in über 120 Ländern – 24 Service-Center



TECHKON

Kunden & Partner - Druckmaschinenhersteller

KOMORI

RYOBI

RMGT

MITSUBISHI
HEAVY INDUSTRIES

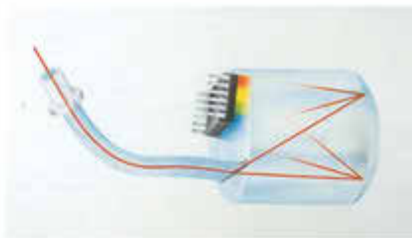
KOENIG & BAUER

KBA
Koenig & Bauer Group

manroland
sheetfed

TECHKON

Farbsensoren – früher



Hohe Auflösung aber groß und teuer

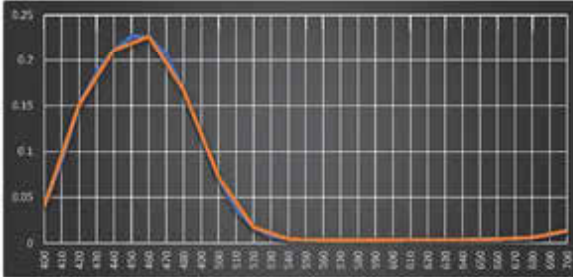


Günstig aber niedrigere Auflösung

TECHKON

Farbsensoren – Heute und morgen

Aktuelle Generation hochauflösende Miniatur-Farbsensoren



Interne Auflösung mit 3.3 nm Pixel Abstand



Kompaktes und robustes System

TECHKON

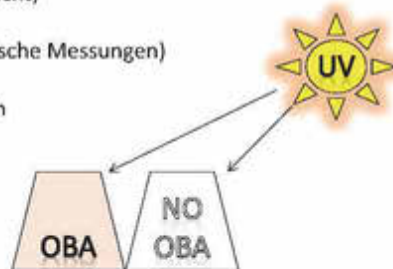
Änderung in der ISO Norm

Die Messbedingungen M0 bis M3

- M0: Kein Filter - niedriger, nicht spezifizierter Anteil UV Licht (frühere Messbedingung)
- M1: Lichtart D50 mit erhöhtem UV Licht Anteil (Tageslicht)
- M2: UV-Cut Filter, Kein UV Licht
- M3: Mit Polarisationsfilter (Vorrangig für densitometrische Messungen)

Die Messbedingung M1 verbessert die Beurteilung von Bedruckstoffen mit optischen Aufhellern

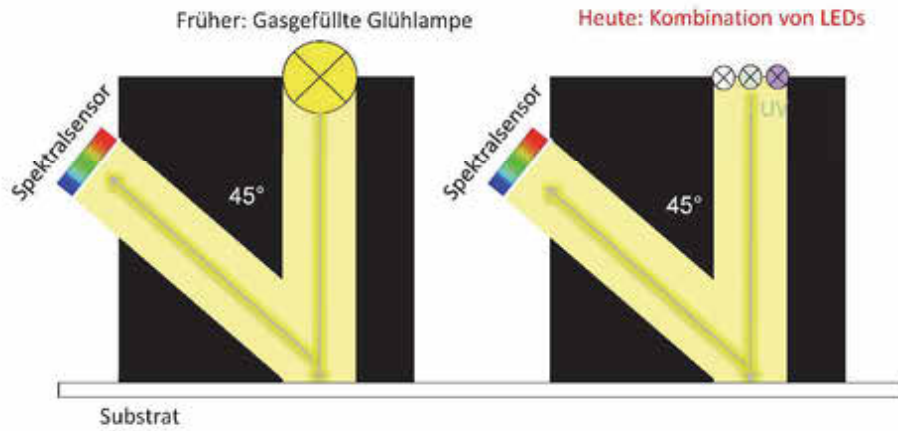
Die Messegebnisse stimmen mit der visuellen Wahrnehmung überein.



OBA = Optical Brightener Additives / Optische Aufheller

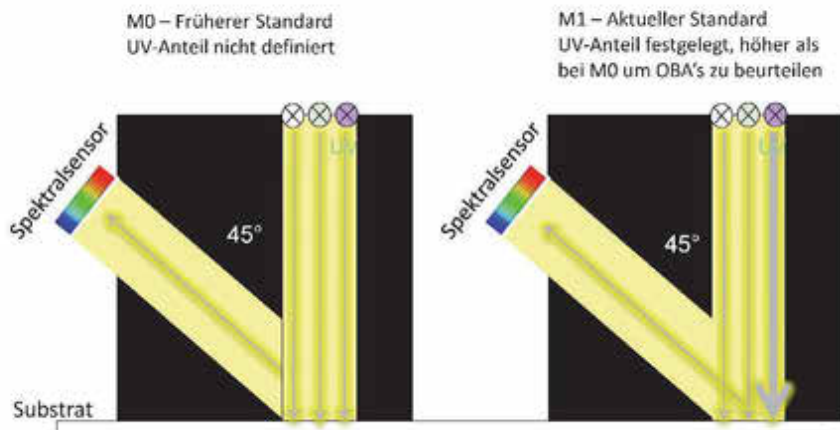
TECHKON

Was hat sich noch geändert



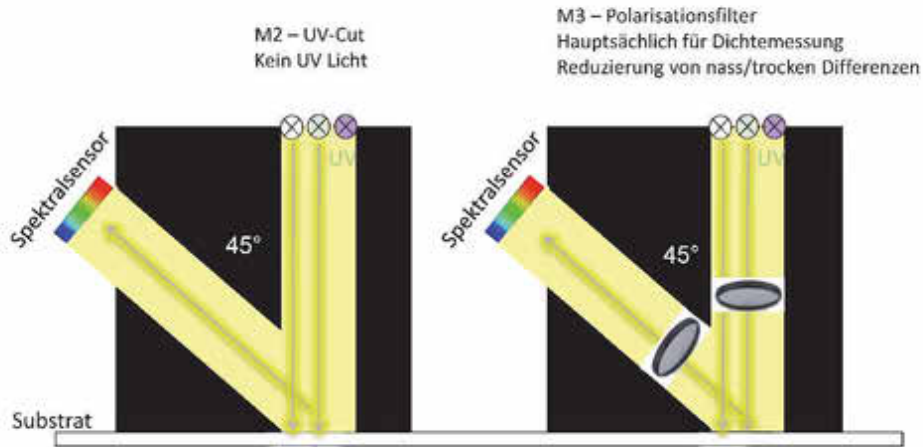
TECHKON

Was hat sich noch geändert



TECHKON

Was hat sich noch geändert



TECHKON

Vermeidung von Anwenderfehlern

Noch keine KI aber automatische Kontrollen, die Fehlmessungen durch falsche Geräteeinstellungen vermeiden.



Einfach verständliche Darstellung der Messergebnisse

TECHKON

Heute und morgen - Konnektivität

Direkte Verbindung über einen Web-Browser

Direkte Verbindung zu einem Computer unter Verwendung des WLAN Access Point Modus



Wahl des AP Modus (Access Point)



Browserverbindung mit IP Adresse

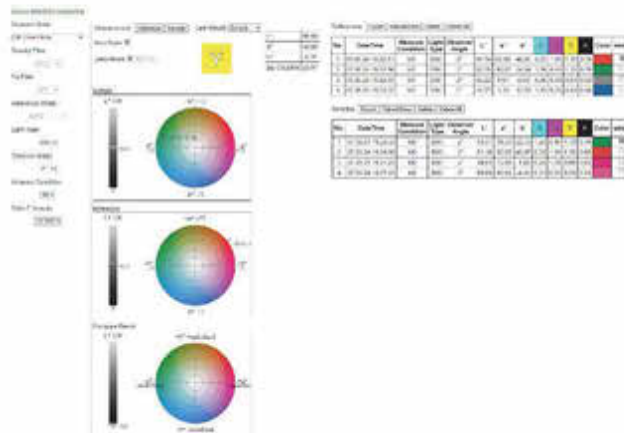
TECHKON

Integrierte Webseite - Websocket Support

Direkte Verbindung über einen Web-Browser zur integrierten Webseite im Gerät, keine zusätzliche Software erforderlich

Unabhängig vom Betriebssystem

TECHKON



TECHKON

Geschwindigkeitssteigerung

Scanmessungen - Messgeräte mit Rädern
Sampling Rate 500 Messungen/Sekunde



TECHKON

Anpassung der Optik

Immer kleinere Messfelder - Materialeinsparung



TECHKON

Integration neuer Normen in Messfunktionen

- ISO 13655 – Graphic technology - Spectral measurement...
- ISO 23498 – Visual Opacity
- ISO 20654 – SCTV (Spot Color Tone Value)
- ISO 15397 – Anteil optischer Aufheller im Bedruckstoff

Umsetzung der Vorgaben in verständliche Information und
Wandlung der Erkenntnisse in Handlungsanweisungen



TECHKON

Prüfung von Spektralfotometern



TECHKON
Erfolg ist messbar

Device type: SpectroData Flexion
Serial number: 8620002
SpectroCheck Serial number: SC1200007
Date/Time: 1/18/2024 9:57 AM
Temperature: 26.5 °C

Title	L*	a*	b*	L*ref	a*ref	b*ref	ΔE	Result
Gray	56.07	-3.29	0.51	56.07	-3.29	0.51	0.09	✓
White	44.85	32.12	14.95	41.19	20.07	8.49	0.23	✓
Green	50.86	-33.29	13.52	50.57	-33.32	13.69	0.20	✓
Blue	49.83	-17.89	-20.35	49.95	-17.79	-19.17	0.24	✓
Yellow	56.94	3.36	1.55	56.96	0.14	1.66	0.20	✓
Light Gray	50.97	-0.11	0.23	52.39	-0.14	0.21	0.20	✓
Dark Gray	27.89	0.10	-0.08	27.30	0.00	-0.11	0.14	✓
UV White	61.49	2.21	-4.95	67.60	2.30	-5.10	0.52	✓
Overall result								✓

Close

TECHKON

Morgen - Integration & Inlinemessung

Messung in der Maschine während der Produktion



Schnellere, kleinere und kostengünstiger Messgeräte

TECHKON



Vielen Dank!

TECHKON

Albin Baranauskas
TECHKON GmbH
www.techkon.com



LMK Position



BV Room & KMP



LMK 6 color & LMK 6



RiGO 801-L

RiGO 801-LED



RiGO 801-μLED

- Established 1991 in Ilmenau, Thuringia
- Manufacturer of Imaging Light and Color Measuring Devices (IxMD)
- Application fields:
 - Automotive (interior & exterior)
 - Display
 - Luminaires

High precision photometry and vision

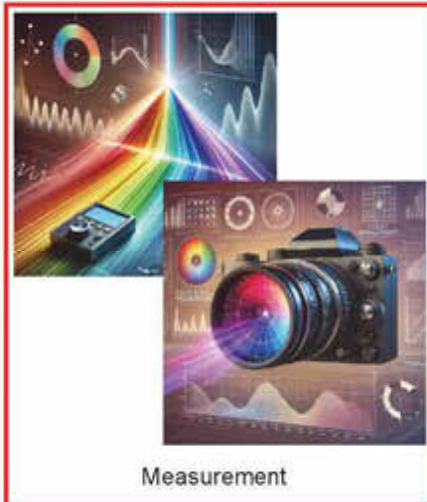
Werner-von-Siemens Straße 5 | 98693 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de



Our Position



Research



Measurement

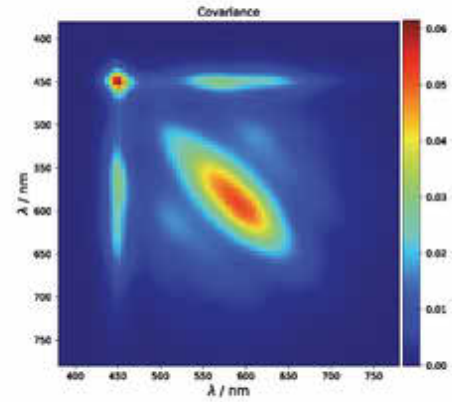
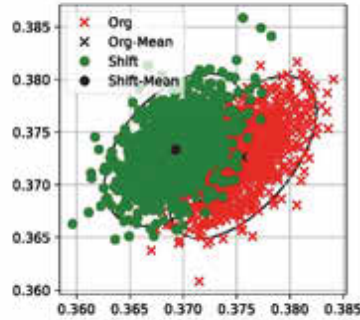
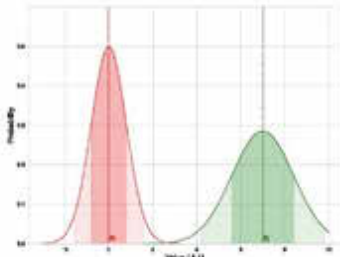
Application



High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98693 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

Measurement Uncertainty



High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

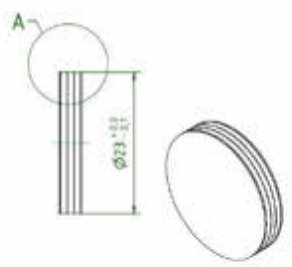
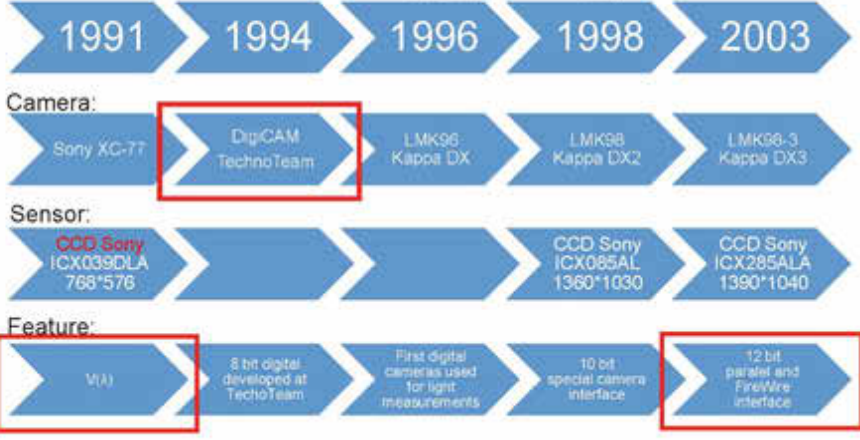
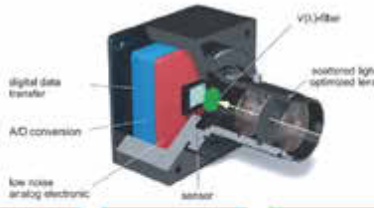


History and Future

IxMD @ TechnoTeam

High precision photometry and vision

Overview (Monochrom)

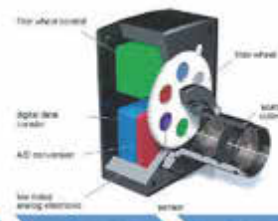
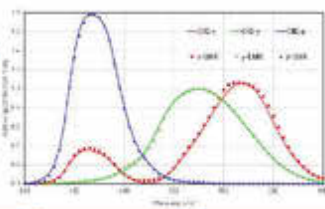


High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98693 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

7

Overview (Color)



High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98693 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

||

Camera Models



High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

9

DIN5032-10:2020 CIE244:2021



ISBN 978-3-012042-85-0
DOI: 10.25039/TR.244.2021



TECHNICAL REPORT

Characterization of Imaging Luminance Measurement Devices (ILMDs)

New indices:			
f_{21}	Responsivity uniformity for flat field	N	Yes
f_{22}	Responsivity uniformity for spots	N	Yes
f_{23}	Effect of surrounding field	N	(Yes)
f_{24}	Stray light influence for negative contrast	N	(Yes)
f_{25}	Edge function	N	No
f_{26}	Influence of smear	N	No
f_{27}	Shutter repeatability	N	(Yes)
f_{28}	Aperture repeatability	N	No
f_{29}	Size-of-Source Effect	N	Yes

S Use definition from the current ISO/CIE 19476:2014 document
N New definition in this document

The last column in the table explains whether the quality index has to be measured for different positions in the image (Yes) or only for the centre (or any other position in the image) (No).
“(Yes)” means that the effect is in principle also spatially dependent but its evaluation is too complex.

CIE244:2021:Characterization of Imaging Luminance Measuring Devices (ILMDs). DOI: [10.25039/TR.244.2021](https://doi.org/10.25039/TR.244.2021)

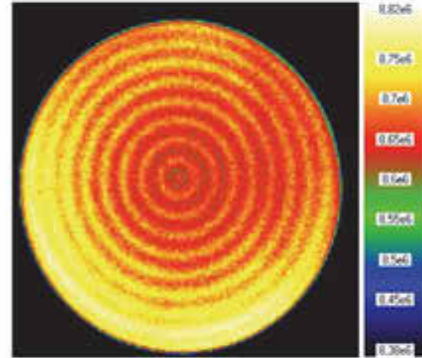
CIE 244:2021
06/2021
Dresden, Dresden, Dresden

High precision photometry and vision

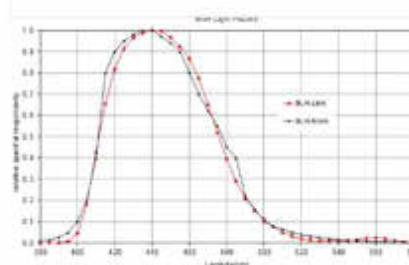
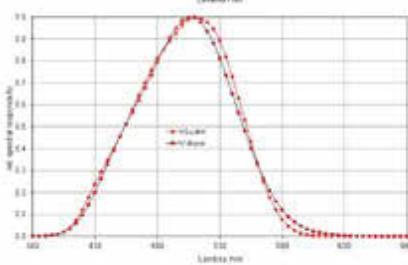
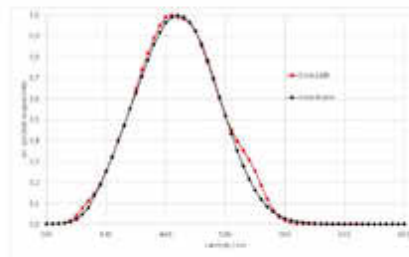
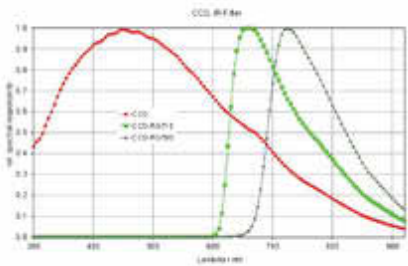
Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

10

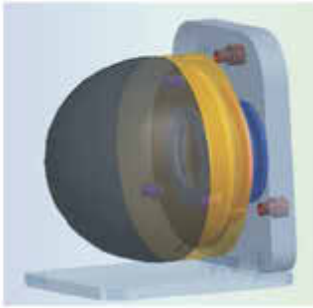
Temperature Measurements @ PTB



Variety of spectral matchings



LED Standards since 2003



High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

13

Future of IxMDs?

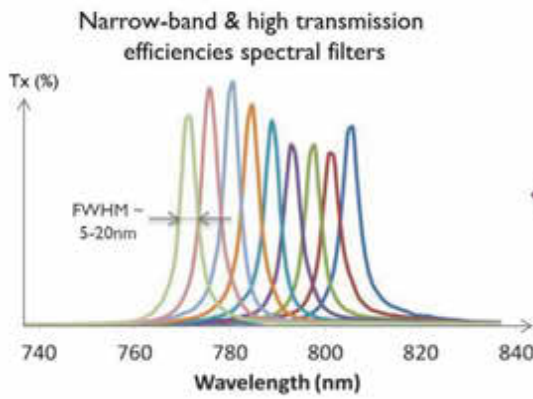


High precision photometry and vision

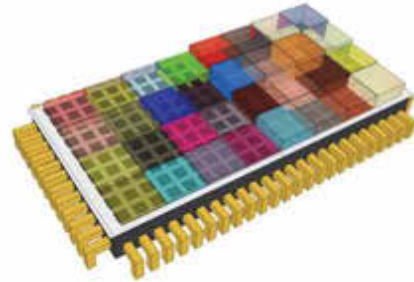
Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

14

Filter on Chip Sensor Technology

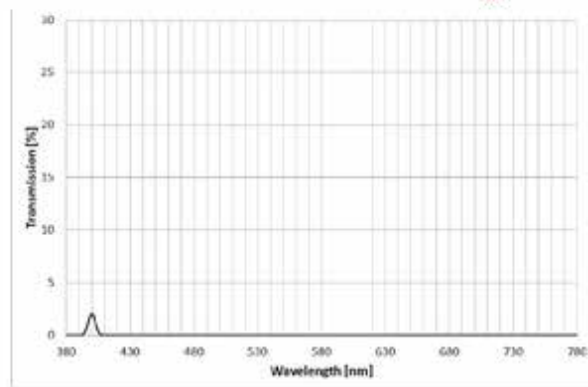
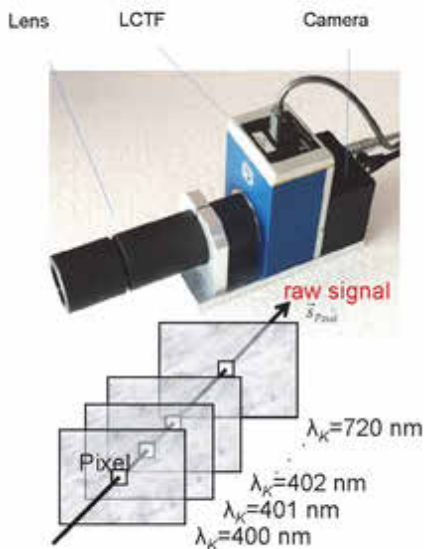


Different cavity heights = different spectral wavelengths captured!



©IMEC

Hyperspectral Camera Setup and Principle



Hyperspectral: Tuning is possible within the range of 400 nm to 720 nm in 1 nm increments (321 channels)

Multispectral: Trade off between accuracy and measuring time. 400 nm to 720 nm in 10 nm increments (33 channels)

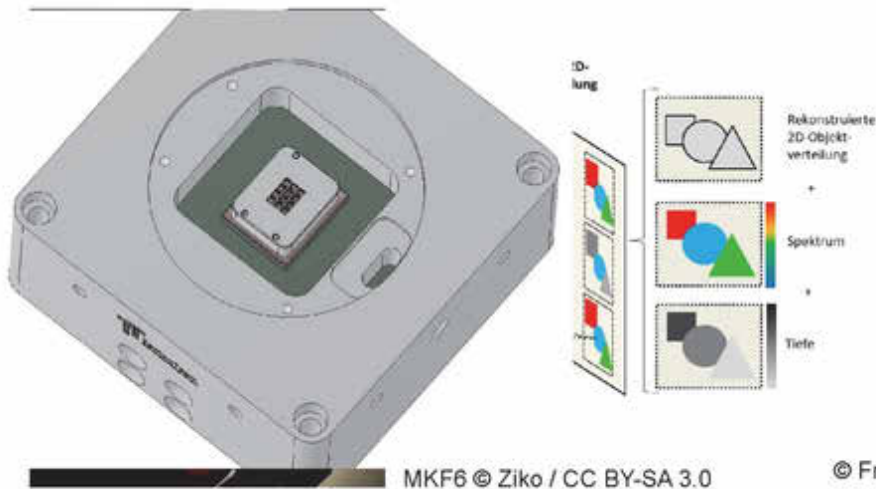
B. Ruggaber, "Ortsaufgelöste Bestimmung von colorimetrischen Größen mit einer Hyperspektralkamera," Ilmenau, Techn. Univ., 2014



High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de

Special Projects (SWIR Multiapertur)



High precision photometry and vision

MKF6 © Ziko / CC BY-SA 3.0

© Fraunhofer IOF, Rubin-AMI

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de



LMK Position



BV Room & KMP



LMK 6 color & LMK 6



RiGO 801-L



RiGO 801-LED

- Established 1991 in Ilmenau, Thuringia
- Manufacturer of Imaging Light and Color Measuring Devices (IxMD)
- Application fields:
 - Automotive (interior & exterior)
 - Display
 - Luminaires



RiGO 801-µLED

High precision photometry and vision

Werner-von-Siemens Straße 5 | 98603 Ilmenau | Germany | www.technoteam.de



Farbmessung Früher und Heute

Felix Schmollgruber
X-Rite Europe GmbH

HISTORY

1959 hatte der ehemalige NASA Ingenieur Ted Thompson eine Idee

→ Das X-Rite Tape wurde
geboren

Entwicklung eines
bleibeschichteten
Klebandes für die
permanente Etiketierung
und Beschriftung von
Röntgenaufnahmen mit
dem Patientenname



X-RAY + WRITE = X-RITE

Confidential - Company Proprietary

SO WURDE ES GEMACHT

Follow these six easy steps to provide clear, permanent, and complete patient/provider information on your x-rays.

1—Cut the tape to the desired length or use the handy pre-cut 3" strips.



2—Take a ballpoint pen and print patient data on the marking tape.



3—Remove the paper backing by folding slightly to split the two pieces.



4—Affix the tape to the holder blocker (imprinted with your provider identification) with the tape's gray imprint area centered down the holder blocker's length.



5—Affix the assembled label to any open area on the tube side of the film cassette and expose your film. The tape is oversized to overlap the holder blocker so it will provide positive adhesion to the cassette.



6—The patient name, additional data, and all provider identification appears on the developed x-ray using standard development methods. The job is completed in seconds using a minimum amount of space. Filing is made easier. Typical cost per x-ray is less than 25 cents.



x-rite
PANTONE®

HISTORY

Consequence of this was the interest of the X-ray materials industry was interested in measuring optical density

→ This led to the first transmission densitometers



Confidential - Company Proprietary

x-rite
PANTONE®

HISTORY

After having these instruments developed, the printing industry was also interested in measuring optical density

→ This led to the color science and finally to the famous X-Rite DRS Technology and portable Color Densitometers and Spectrophotometers



HISTORY



GESCHICHTE

Weitere Meilensteine

- 1993: Erstes Aussenbüro weltweit X-Rite GmbH in Köln
- 1994: X-Rite Ltd in Poynton, UK
- 1995: X-Rite Asia Pacific Ltd. – Hong Kong, China
- 1996: X-Rite GmbH – Branch CZ – Vyskov, Czech
- 1998: X-Rite Mediterrané – Massy, France
- 1999: X-Rite Japan – Tokyo, Japan
- 2000: X-Rite Singapore
- 2002: X-Rite Büros in Mailand, Italien und Barcelona, Spanien
- 2006: X-Rite fusioniert mit GretagMacbeth**

Confidential - Company Proprietary

x-rite
PANTONE®

HISTORY



Macbeth

(New Winsor, USA)

Gegr. 1915: Tageslicht Simulation
1965: Fusion mit Kollmorgen
Instruments
1970: Fusion mit Munsell Color

Gretag Color Control Systems (Regensdorf, CH)

Gegründet als Teil der Gretag
Imaging

Erstes portables Densitometer

1997: Fusion
GretagMacbeth

Confidential - Company Proprietary

x-rite
PANTONE®

HISTORY



Confidential - Company Proprietary

1915- Norman Macbeth gründet die Macbeth Daylighting Company
1927- Macbeth patentiert gefiltertes Tungsten Halogen Tageslicht
1947- Macbeth patentiert das 7-Phosphor-Tageslicht
1972- SpectraLight wird zur ASTM D1729-74 für visuelle Abmusterung referenziert



X-RITE AUF DEM "GRETAG AREAL"



1961



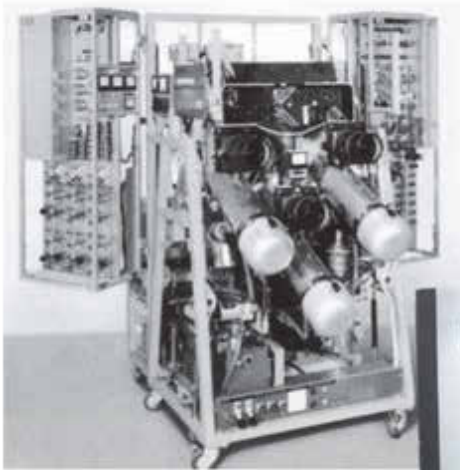
23.9.2024

Confidential - Company Proprietary



FRÜHER

GRETAG EIDOPHOR 6



Die Eidophor-Technologie basiert auf einem dünnen Ölfilm. Im Inneren des Geräts wird dieser Film im Hochvakuum von einem Kathodenstrahl abgetastet. Das in das Öl „gezeichnete“ Bild wird dann beleuchtet und projiziert.



Foto aufgenommen am 20 Juli 1969 in NASA's Mission Control Center in Houston. Neil A. Armstrong und Buzz Aldrin sind auf der Eidophor Projektion zu sehen

Confidential - Company Proprietary

13

x-rite
PANTONE®

HEUTE

CAPTURE THE TAG7 SCANNER

Measurement time: typical 15 - 75 minutes

Measurement data size 20 - 120 GB raw data

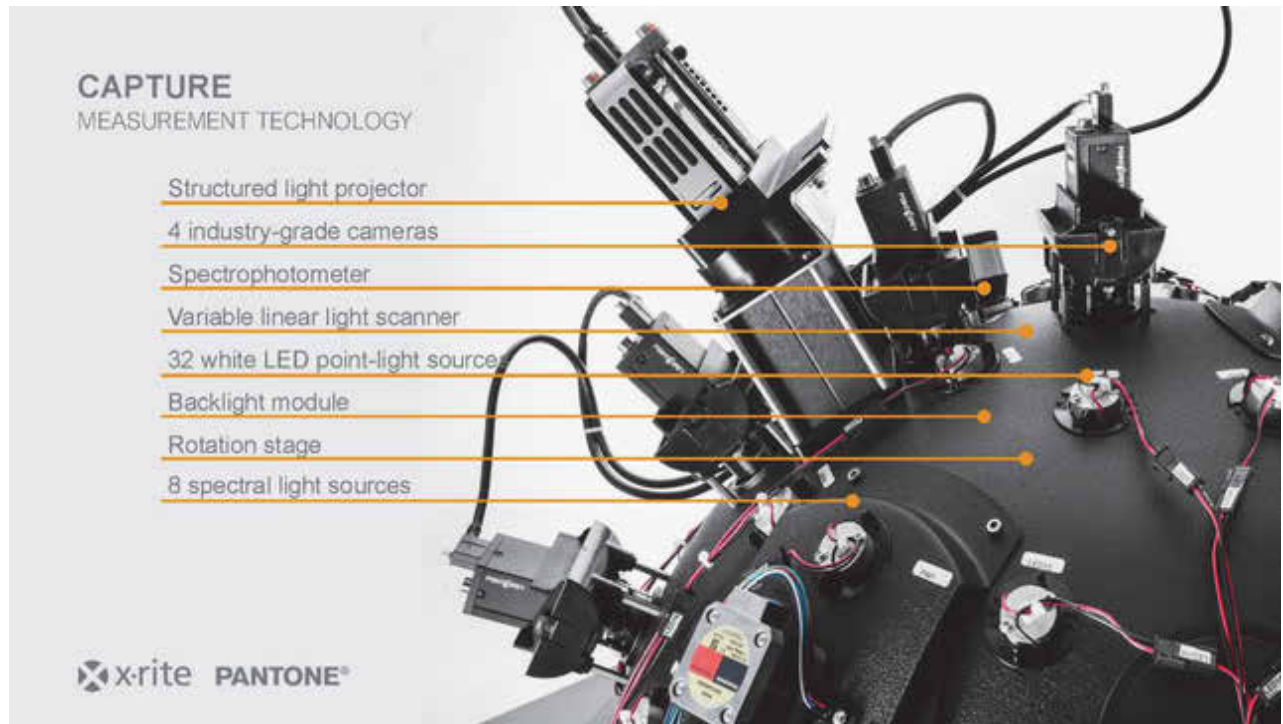
Post-processing time: typical 15 - 120 minutes

Final size of AxF files: 1 - 200 MB



x-rite PANTONE®

Confidential - Company Proprietary



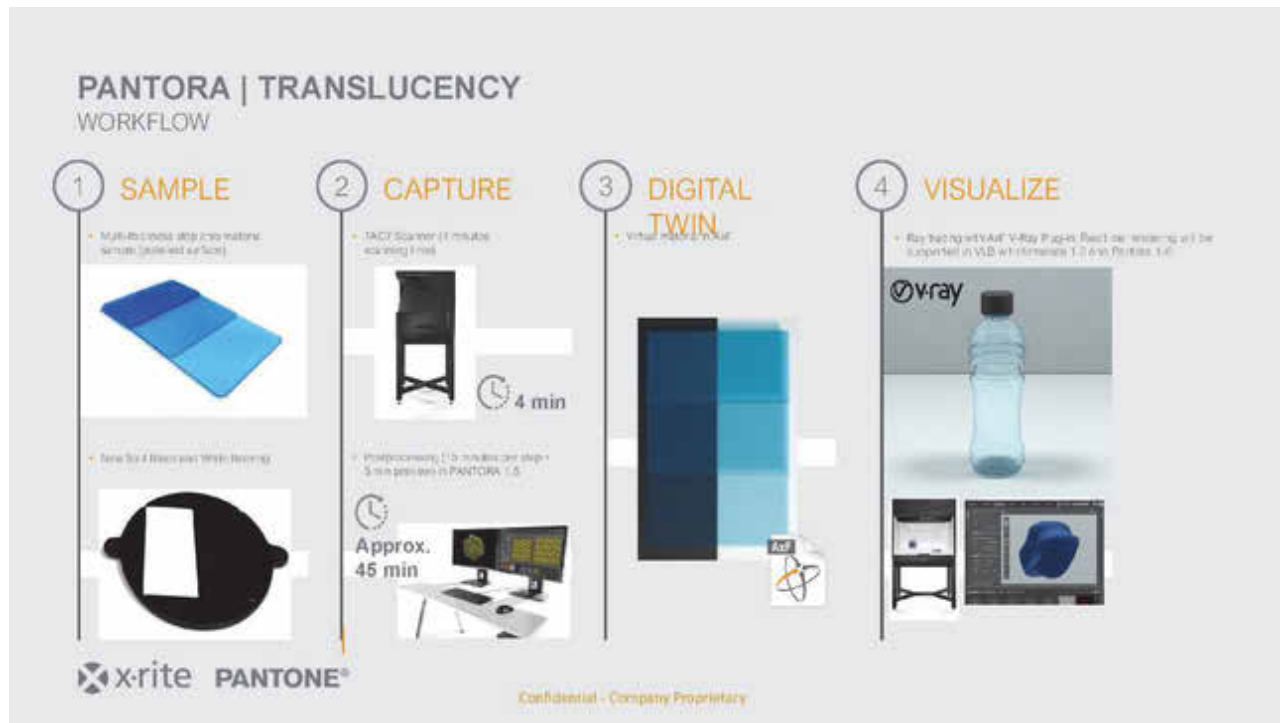
Ci7800 VS TAC7

Feature Comparison

X-RITE Ci7800	X-RITE TAC7
 <ul style="list-style-type: none"> • Sphere Benchtop Spectrophotometer <ul style="list-style-type: none"> ➢ 1 Test Measurement Geometry (d) ➢ Variable Measurement Spot Size • Multiple fixed measurement programs <ul style="list-style-type: none"> ➢ Spec/Color ➢ Transmission • Only Spot color Measurement • Accurate color based on spectral measurement • Correlated gloss measurement • Transmission Measurement • Optimized for QC purposes (0.05 ΔE) 	 <ul style="list-style-type: none"> • Full appearance measurement device <ul style="list-style-type: none"> ➢ Full range of reflectance angles (variable step size) for all angles ➢ 32 pin-point light sources (32 white LEDs) and 8 spectral light sources (8 LEDs) ➢ 1 light barrier angle • Flexible measurement program <ul style="list-style-type: none"> ➢ Medium resolution (14.5 µm/mm) • Accurate color based on spectral range measurement • True gloss measurement <ul style="list-style-type: none"> ➢ Measure gloss from 0 to 1000 specular subsurface • Precision normal and high maps through structured light projector • Captures Primary colors (RGB) and Anisotropy • Measure Transparency • Optimized for Design purposes

x-rite PANTONE®

Confidential - Company Proprietary



MA-T12 VS TAC7

Feature Comparison

X-RITE MA-T12

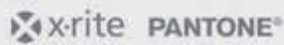


- Handheld Spectrophotometer
 - Equipped with SP & IP
 - 6 Spot Illumination
 - 1 RGB Camera 3MP
- High resolution (40 pixels/mm; 1016 dpi)
- Accurate color based on spectral image measurement
- Correlated gloss measurement
- Well suited for Paints with Effect Pigments
- Optimized for QC purposes (0.18 AE2000)

X-RITE TAC7



- Full appearance measurement device
 - High resolution (14.5 pixels/mm; 365 dpi)
 - 20 Spot Illumination
 - 1 RGB Camera 3MP
- Medium resolution (14.5 pixels/mm; 365 dpi)
- Accurate color based on spectral image measurement
- True gloss measurement
 - High resolution (14.5 pixels/mm; 365 dpi)
- Precise normal and height maps through structured light projector
- Captures Fresnel effect (IOR) and Anisotropy
- Measured Transparency
- Optimized for Design purposes



Confidential - Company Proprietary

COMPARISON BETWEEN THE DIFFERENT SYSTEMS

Dark Green Car Effect Paint



MA-T12 icon
X-Rite SP/OC light body (D5) - Dark environment (D5)



TAC7 icon
X-Rite SP/OC light body (D5) - Dark environment (D5)



Confidential - Company Proprietary

COMPARISON BETWEEN THE DIFFERENT SYSTEMS

Blue Car Effect Paint



MA72 icon
X-Rite SPLOCC light booth (D65) + fair environment (D65)



ACU icon
X-Rite SPLOCC light booth (D65) + fair environment (D65)

x-rite PANTONE®

Confidential - Company Proprietary

COMPARISON BETWEEN THE DIFFERENT SYSTEMS

Color Flop Car Effect Paint



MA72 icon
X-Rite SPLOCC light booth (D65) + fair environment (D65)



ACU icon
X-Rite SPLOCC light booth (D65) + fair environment (D65)

x-rite PANTONE®

Confidential - Company Proprietary

Vernarrt in Interferenzpigmente und ihre Farbmessung

Werner Rudolf Cramer

Bis in die zweite Hälfte der achtziger Jahre war meine Arbeit künstlerisch-kreativ geprägt. Interferenzpigmente standen schon damals in meinem Fokus. Zahlreiche Objekte – Fahrzeuge und Fahrzeugteile – hatte ich mit Interferenzpigmenten gestaltet. Und als der damalige Leiter, der weltweit für Lacke und Lackierverfahren zuständig war, mich nach einer möglichen Ausweitung des VW-Angebots mit Interferenzpigmenten fragte, habe ich entsprechende Vorschläge gemacht. Wochen später kam eine Antwort der Muttergesellschaft dieser Lackfirma, in der die Verwunderung ausgesprochen wurde, dass ein Autohersteller so viel Ahnung von Interferenzpigmenten hätte [Abb. 1].



Abb. 1: links: Weißer Untergrund mit schwarzen Flächen und dann Streifen mit verschiedenfarbigen Interferenzpigmenten. Je nach Standpunkt kann mit Reflexions- oder Transmissionsfarben auf diesem Golf erkennen. Mitte: Transmissionsfarben sind deutlich schwächer als Reflexionsfarben zu denen sie komplementär sind. rechts: Bei dieser Kombination von Beleuchtung und Beobachtung sind die Reflexionsfarben über schwarzem und weißem Untergrund zu beobachten.

Durch die Kontakte zu Merck hatte ich Zugang zu neuen Forschungspigmenten, die ich ausgiebig testen und verwenden konnte. Unter anderem hatte ich einen Gold-Farbtönen mit Interferenzpigmenten entwickelt und die Lizenz zur Herstellung des entsprechenden Autolackes an einen Lackhersteller gegeben. Viele Versuche anderer Lackhersteller scheiterten, dieses „aurum magicum“ nachzustellen [Abb. 2]. Als der Marketingchef von VW mich fragte, ob dieses „aurum magicum“ nicht auch als Serienfarbe hergestellt werden könnte, habe ich diese Information an den OEM-Leiter des Lackherstellers weitergegeben. Der beschied mir, dass sie 96% und ich nur 4% der Umarbeitung hätte. Dafür bräuchten sie mich nicht! So war und ist es, wenn man selbstständig arbeitet. Man weiß nie, wieviel man an Informationen weitergeben soll. Die Geschichte hat aber ein verrücktes Ende gefunden: Der stellvertretende Marketingleiter von VW erzählte mir, dass die-



Abb. 2: Wo der Regenbogen aufhört, fängt das „aurum magicum“ an

ser OEM-Leiter dem Designchef verschiedene Goldausmischungen vorgelegt hat. Darauf hatte der Designchef angemerkt, dass das Gold von Cramer viel schöner sei!

Die Herstellung von Gold und insbesondere "aurum magicum" mit Hilfe meines PCs hatte ich in verschiedenen Computermagazinen beschrieben. Das führte zur Anfrage von Microsoft, ob ich nicht ein Buch über MS-Windows schreiben könne. Es sind dann zwei Bücher geworden. Ich kam auch in das erweiterte Team von Microsoft, in dem die wissenschaftlich-technischen Formeln für Excel entwickelt wurden. Excel wurde das zweite Programm nach Pagemaker (heute InDesign), welches unter MS-Windows lief.

Ich hatte damals meinen PC hauptsächlich mit MS-DOS laufen, erst mit Word 3, dann mit Word 4. Beim Merck in Gernsheim wurden schwarzweiße Musterkartons mit Interferenzpigmenten und deren Mischungen für mich hergestellt. Die SW-Musterkartons hatten den Vorteil, dass über dem weißen Untergrund die entsprechende Transmissionsfarbe sichtbar wurde. Die Pigmente habe ich zusammengestellt und ausgewogen. Sie wurden dann in Nitrolack angesetzt. Das Aufziehen geschah mit einer Eigenkonstruktion mit einem Flachwagen von Märklin 0! Die Muster wurden bei Merck mit dem John + Reilhofer gemessen, wobei eine spezielle Kappe auf dem Gerät verschiedene Winkel erlaubte. Ich bekam eine 3,5-Zoll mit den Messdaten sowie einen Ausdruck zugeschickt [Abb. 3].

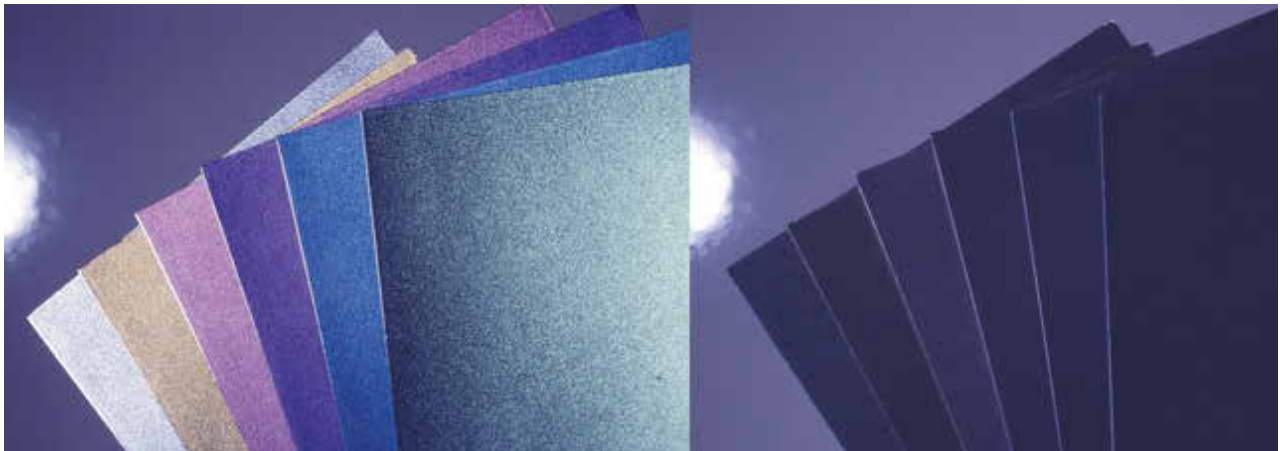


Abb. 3: Kippt man die Karten mit den bunten Interferenzpigmente, guckt man durch sie auf den dunkelgrauen Untergrund. Von dem werden die Transmissionsfarben fast komplett absorbiert.

Mit Hilfe der Software DeskView aus Kalifornien, die wie Windows später funktionierte, konnte ich bis zu 256 DOS-Programme öffnen. Ich brauche nur zwei: Word und den Editor von John Reilhofer. Mit zwei programmierten Makros konnte ich die $L^*a^*b^*$ und die Reflexionswerte unabhängig voneinander in Word übertragen und als Textdatei abspeichern. Der blaue Bildschirm von Word, der zwischendurch aufflackerte, zeigte mir den Fortschritt der Prozedur an.

Ich bin Ende der achtziger Jahre in das Entwicklungsteam von Zeiss eingeladen worden, dass sich mit dem Bau eines neuen und neuartigen Mehrwinkel-Messgerätes beschäftigte. Einerseits konnte ich mein Wissen und meine Erfahrung über Interferenzpigmente einbringen, andererseits habe ich Teile der Software – damals mit Turbo Pascal – programmiert und auch das Format der Messdatei festgelegt. Diese Messdatei beinhaltete

die Messwerte jeder Geometrie zeilenweise, was Abfragen deutlich einfacher und schneller macht. Spätere Software-Entwicklungen anderer Messgeräte-Hersteller waren dagegen Insellösungen.

Das Ergebnis dieser Entwicklung war das Zeiss GK/311/M, ein Gerät mit einer stählernen Halbschiene, auf der ein Beleuchtungs- und ein Beobachtungskopf unabhängig voneinander in 5°-Schritten per Software (MS-DOS) gesteuert werden konnte [Abb. 4]. Viele Versuche mit dem ersten Gerät führen dazu, dass einige mechanische Feder kaputtgingen. Das passierte mir auch beim zweiten Gerät, worauf man meinte, man könnte mir kein Gerät mehr geben! Ehrlicherweise war die Teamleitung froh, dass dieser Konstruktionsfehler auftauchte und man die nächsten Geräte entsprechend anpassen konnte. Ich habe mit dem Zeiss GK311/M Tausende von Mustern gemessen - größtenteils mit 252 Messgeometrien.

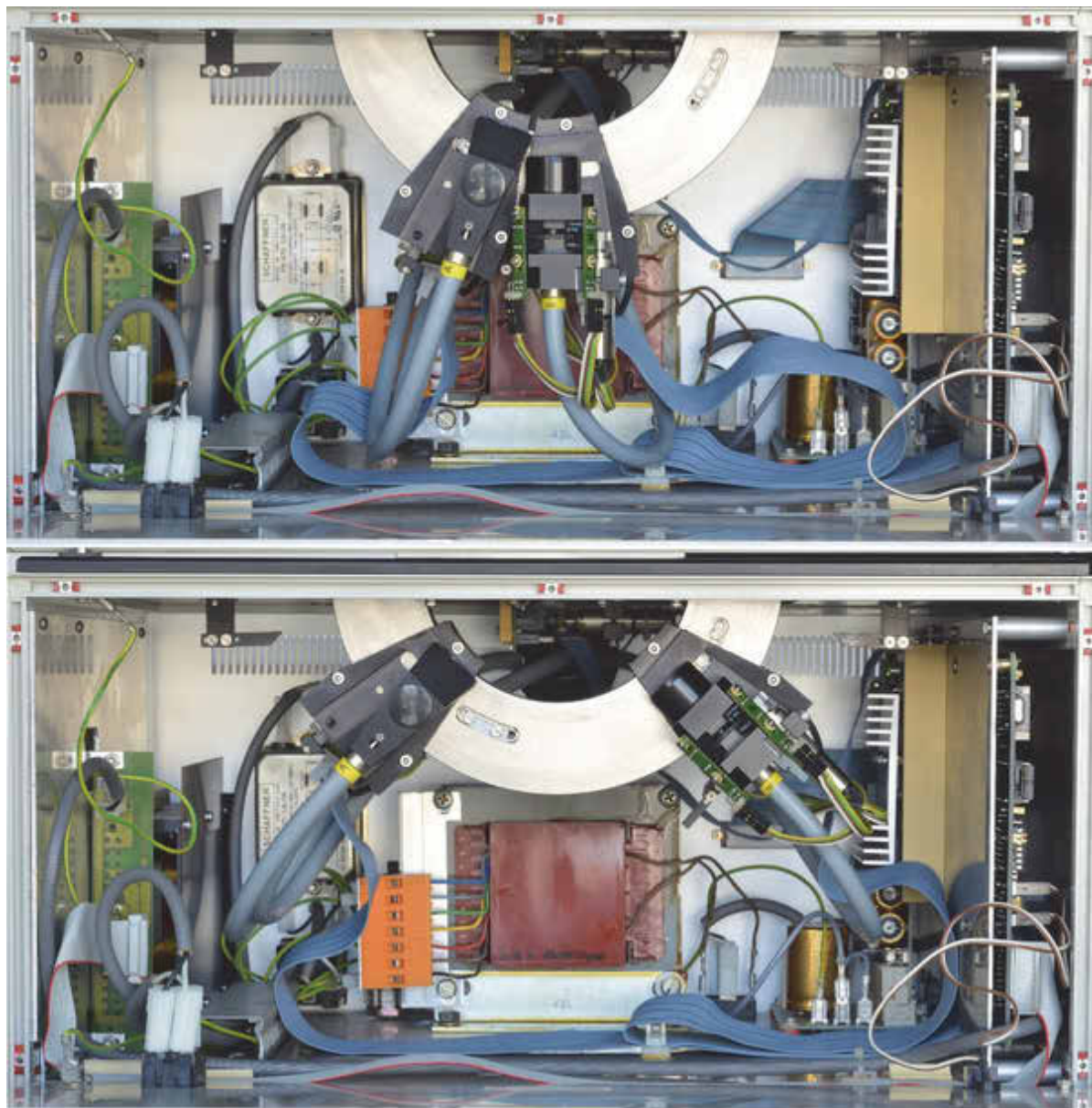


Abb. 4: Nach dem Abschrauben der Frontplatte ist beim Zeiss GK311/M der stählerne Halbkreis mit einem Beleuchtungs- und einem Beobachtungskopf zu erkennen. Beide lassen sich unabhängig voneinander in 5°-Schritten bewegen. Oben 20°/as15°, unten 65°/as15°.

Meine Arbeiten waren immer mit vielen Reisen verbunden. Eine möchte hier erwähnen: Morgens um kurz vor neun Uhr war ich beim Leiter der Lackierungen - zuständig für alle Opel-Werke, um Musterbleche einer blauen Farbe abzuholen, die er in verschiedenen Werken lackieren ließ. Teilweise mit damals noch üblichen konventionellen Lacken, teilweise mit wasserbasierten Lacken. Als ich das Werk in Rüsselsheim verlassen hatte, öffnete ich neugieriger Weise die Verpackung und guckte mir die Bleche aus verschiedenen Werken an und wunderte mich über die Farbunterschiede. Ich rief den Leiter an und fragte, ob das wirklich bei allen Blechen die gleiche Farbe sein sollte. Auf meine Frage, wie man denn mit den Farbunterschieden bei Opel umgehen würde, antwortete er mit einer Frage: "Hast Du schon mal einen Corsa aus Eisenach und einen aus Rüsselsheim nebeneinander gesehen?" Klar, hatte ich noch nie! Das war die Lösung für Farbprobleme!

Die Reise ging weiter zu Merck, erst ins Labor für Versuche und Messungen in Gernsheim, dann zum Marketing für neue Entwicklungen nach Darmstadt. Mit neuen Proben und Messdaten ging meine Reise weiter nach Unterschleißheim zu Microsoft. Dort traf ich Bill Gates, von dem ich Windows 3.5 NT zum Testen erhielt. Von dort fuhr ich nach Oberkochen zu Zeiss, um weiter am neuen Messgerät zu arbeiten. Zuhause fiel mir ein, wie kurios diese Reise war. Jeden Tag und bei jeder Firma ein ganz anderes Thema!

Anfang der neunziger Jahre, genauer im Jahr 1992, veröffentlichte ich erstmals Ergebnisse mit dem Zeiss GK311/M. Aufgrund der vielen möglichen Geometrien hatte ich schon am Anfang auf der Seite des Glanzwinkels gemessen, die der Beleuchtungsseite gegenüber liegt. Hier fand ich schnell die Notwendigkeit dieser Geometrien heraus, die ich in vielen Vorträgen bei der amerikanischen ASTM vorgestellt habe.

Die Messungen und deren Ergebnisse mit dem Zeiss GK311/M haben meinen Wissensstand über Interferenzpigmente enorm erweitert. Man könnte fast behaupten, es war wie Licht am Horizont. Dieses enorme Wissen hat sich in den folgenden Jahren noch deutlich erweitert.

Ich hatte ich Möglichkeit, weitere Muster bei verschiedenen Lackherstellern zu lackieren. Das Ansetzen meiner Interferenzpigmente in Lack, das Ausmischen und das Lackieren habe ich fast ausschließlich selbst unternommen. Meine Kenntnisse über die Lacke der verschiedenen Hersteller konnte ich aus meiner künstlerisch-kreativen in die wissenschaftlich-kreativen Phase übernehmen. Wie in den achtziger Jahren hatte ich Zugang zu allen Lacklaboren und konnte dort meine Versuche durchführen. Ein Privileg, von dem man nur träumen kann. Mehrere tausend lackierte Bleche sind so entstanden. Noch heute "zehre" ich von den damaligen Versuchslackierungen, weil ich systematische Farbfolgen angelegt habe, die auch kein Lackhersteller hat: Interferenzpigmente allein auf verschiedenfarbigen Untergründen, Interferenzpigmente in Mischungen untereinander, Interferenzpigmente in Mischungen mit Buntpigmenten und Interferenzpigmente in Mischungen mit Aluminiumpigmenten – es müssten etwa 12000 Muster sein. Alle habe ich mit steigendem Speicherbedarf gemessen – mit dem Zeiss GK311/M, mit dem X-Rite MA98, dem X-Rite MA-T12 und dem BYKmac. [Abb. 5 und 6].

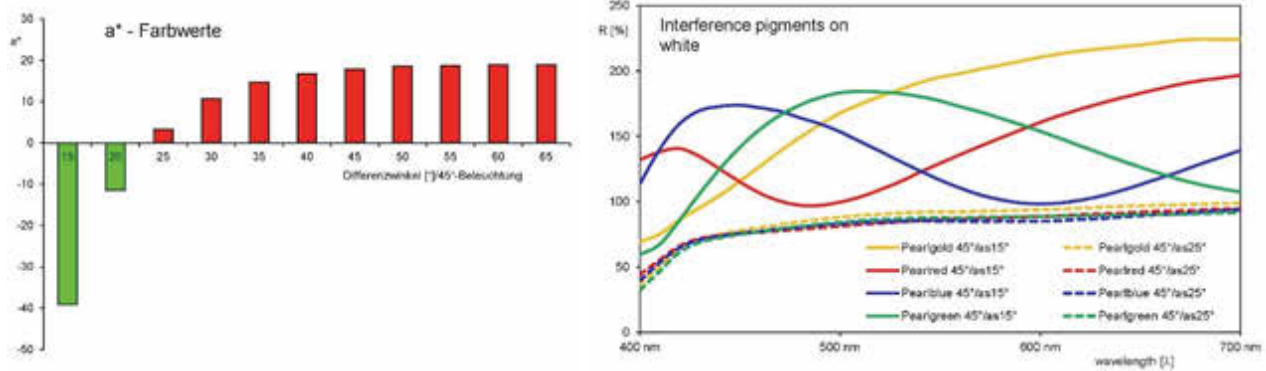


Abb. 5: Typisch für Interferenzpigmente ist der Wechsel von Reflexions- zur Transmissionsfarbe zwischen 20° und 30°. Hier sind die Messwerte für ein grünes Interferenzpigment über weißem Untergrund aufgetragen (links). Nahe am Glanz bei 45°/as15° zeigen Interferenzpigmente ihre volle Farbpracht, die im Übergangsbereich (hier bei 45°/as25°) ihre Farbpracht verlieren. Weiter vom Glanz entfernt ist dann die jeweilige Transmissionsfarbe zu erkennen, die komplementär zur Reflexionsfarbe ist (rechts).

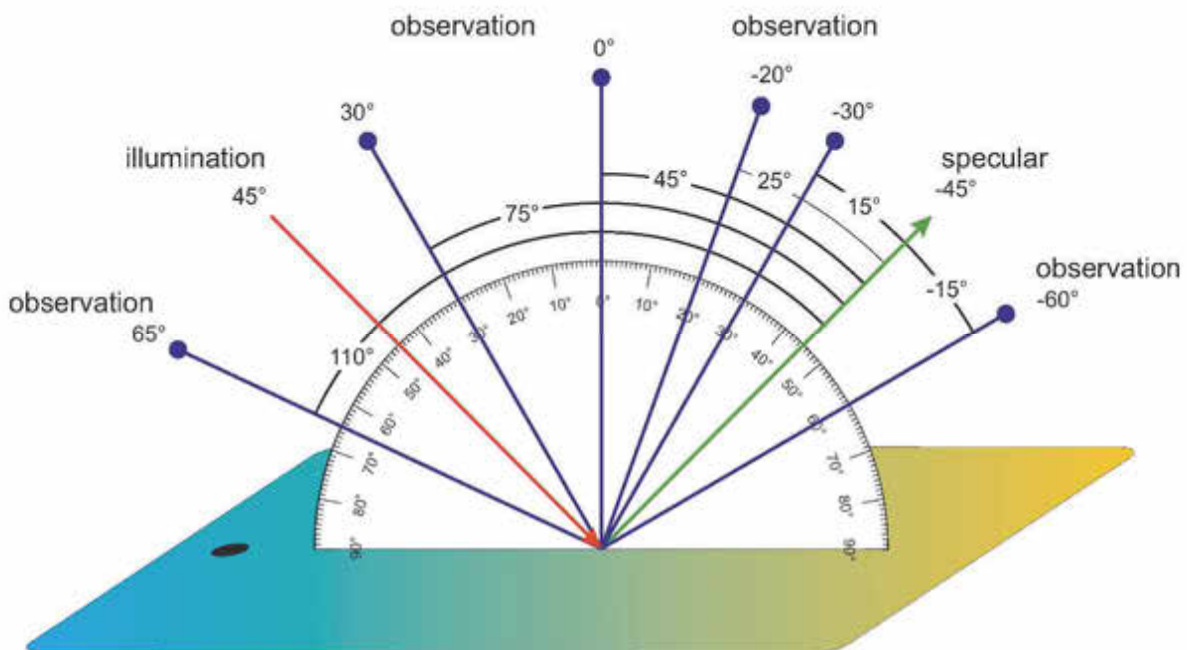


Abb. 6: Winkelkomposition der aktuellen Messgeräte

Besonders faszinierend an den Interferenzpigmenten ist ihr optisches Verhalten. Sie mischen sich additiv im Gegensatz zum subtraktiven Mischen der Buntpigmente: Gelb und Blau ergibt Weiß und nicht Grün. Gelb mit Grün mischt sich zu Orange. Gelb plus Blau ergibt die gleiche Farbe wie die Mischung von Rot und Grün [Abb. 7; links]. Diese optischen Eigenschaften versteht man anhand der Reflexionskurven. Wie bei Buntpigmenten treffen die reflektierten Lichtstrahlen auf die menschliche Netzhaut, wo sie einen optischen Reiz auslösen. Dieser wird im Gehirn zu Farbe „übersetzt“. Die Farbe kann durch unterschiedliche Reflexionen zustande kommen, was unser Gehirn nicht differenziert. Betrachtet man die Reflexionskurven von Mischungen mit Interferenzpigmenten, so fällt auf, dass die Ausgangspigmente „Knoten“ bilden, durch die die Reflexionen aller Mischungen mit ihnen schwingen [Abb. 7, rechts]. Das und vieles mehr habe ich mit dem Zeiss GK311/M gelernt!

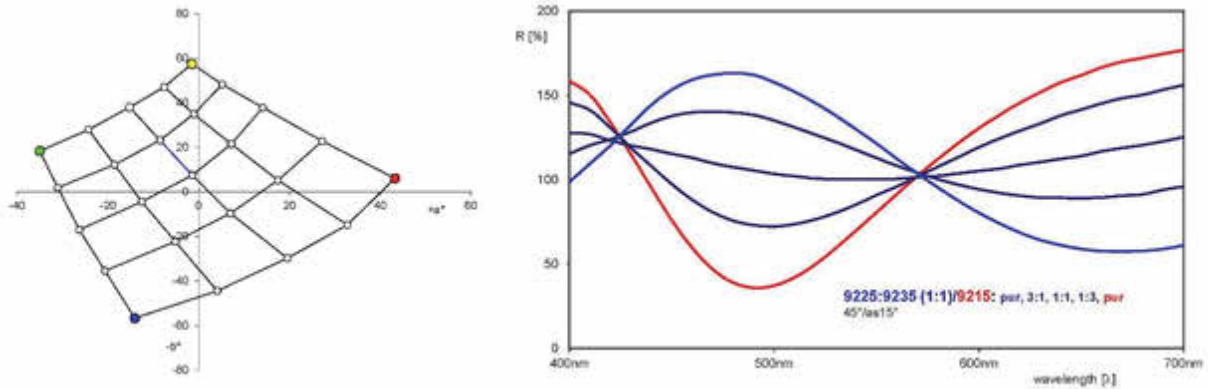


Abb. 7.: Interferenzpigmente mischen sich nahezu ideal: Beliebige Mischungen mit gelben, roten, grünen und blauen Interferenzpigmenten (links). Die Reflexionskurven von Mischungen von Interferenzpigmenten schwingen typischerweise durch Knotenpunkte, die durch die Ausgangspigmente gebildet werden (rechts).

Als Mitbegründer des ASTM-Unterausschusses für die Standardisierung der Messgeometrien für Interferenzpigmente habe ich über Jahre meine Forschungsergebnisse vorgestellt. Schwerpunkt war die zusätzliche zweite Beleuchtung – ein dritte ließ sich damals nicht realisieren – und die -15° -Geometrie vom Glanzwinkel (aspecular = vom Glanzwinkel specular). Beide Ideen flossen in den ASTM-Standard E2539 ein. Heute arbeiten alle tragbaren Geräte weltweit mit “meiner” -15° -Geometrie.

Während der Tätigkeit lud mich X-Rite ins Entwicklungsteam fürs MA-98 ein. Es wurden zwei Prototypen gebaut, die äußerlich nichts mit einem tragbaren Messgerät zu tun hatten. Eher sah es wie ein physikalischer Versuchsaufbau aus. Im Innenleben stecken das Innere zweier MA68, um die zweite Beleuchtung zu realisieren. Ein Gerät kam zu mir nach Münster, um hier alle Farbversuche – im Geheimen – vorzunehmen. In Grand Rapids, der Zentrale von X-Rite, habe ich oft die Ergebnisse vorgestellt [Abb. 8].



Abb. 8: Das MA-68 war das erste tragbare Mehrwinkel-Messgerät mit einer Beleuchtungs- und fünf Messgeometrien (links). Ein Prototyp als Vorgänger des X-Rite MA98 (rechts).

Da ich der Einzige war, der mit dem Zeiss GK311/M - die Produktion wurde nach der Wiedervereinigung von Zeiss Ost und West eingestellt – die vielen unterschiedlichen Geometrien einstellen konnte, tauchte das Problem auf, dass man meinen Ergebnissen nur glauben konnte! Wissenschaftlich ist immer angebracht, dass Versuchsergebnisse

nachvollziehbar sind. Ich hatte die Interferenzlinie propagiert, die für jedes Interferenzpigment charakteristisch ist. Dazu habe ich die Messwerte bei verschiedenen Beleuchtungen bei gleichem Differenzwinkel vom Glanz zusammengestellt. Die sogenannte Aspecularline setzte sich aus den Messwerten bei fixierter Beleuchtung und steigenden Differenzgeometrien vom Glanz zusammen. Anhand von Mustern von Autoherstellern konnte ich zeigen, wie wichtig die Interferenzlinie zur Differenzierung ist. Ich kam auf die Idee, die steile Beleuchtung bei 15° (beim MA-98) mit dem Differenzwinkel von 15° mit den Messwerten bei der 45° -Beleuchtung und den Differenzwinkeln bei 15° und -15° zu kombinieren. Das Gesetz der Lichtumkehr macht aus der Geometrie $45^\circ/\text{as}15^\circ$ die Geometrie $60^\circ/\text{as}15^\circ$ (as = aspecular = vom Glanzwinkel). So hatte ich drei Messwerte bei steiler, klassischer und flacher Beleuchtung mit gleichem Differenzwinkel von 15° . Jetzt konnte ich nachvollziehbare Messungen und Messergebnisse vorstellen [Abb. 9].



Abb. 9: Zwei Beleuchtungen mit entsprechenden Messgeometrien hatte das MA-98. Außerdem konnte es Out-of-plane messen (links). Das BYKmac mit einer Beleuchtung und sechs Messgeometrien. Zusätzlich werden Sparkle und Graininess bestimmt (rechts).

Die beiden Messgeräte, die sich an der ASTM-Standardisierung orientierten, heute noch zusätzliche Features: Das BYKmac berechnete Sparkle und Graininess auf der Basis von Schwarz-Weiß-Fotos. Hierbei nimmt eine Kamera, die in der Normalen installiert ist, Fotos von einem Muster auf, welches unter 15° , -45° und -75° beleuchtet wird. Die berechneten Werte gelten nur für das Musterblech und ein Vergleichsblech. Sie sind nicht typisch für ein Pigment.

X-Rite hatte im MA-98 noch Out-of-plane-Winkel untergebracht. Mit diesen ergaben sich 19 Messgeometrien (mit meiner MatLab-Runtime habe ich 20 Messgeometrien – zusätzlich zu den 19 noch eine Geometrie für Messungen im Glanz). Bei vielen Versuchen hat sich herausgestellt, dass die Ergebnisse der Out-of-plane-Messungen denen entsprechen, wenn man die Geometrien in-plane legt.

Datacolor veröffentlichte das MultiFX10, das einen beweglichen Schlitten besaß, auf dem die Messeinheiten fest montiert waren. Gemessen wurde bei 15° und -15° jeweils bei Beleuchtungen von 15° , 45° und 65° . Bei der 45° -Beleuchtungen wurden alle gängigen Aspecular-Geometrien ($45^\circ/\text{as}15^\circ$ bis $45^\circ/\text{as}110^\circ$) gemessen [Abb. 10].



Abb. 10: Einen beweglichen Schlitten mit drei Beleuchtungen besaß das Datacolor MultiFx10.



Abb. 11: Das KonicaMinolta CM-M6 besitzt sechs Messgeometrien mit doppelter Beleuchtung von zwei Seiten.

Dann brachte KonicaMinolta auch ein Messgerät mit sechs Aspecularwinkeln auf den Markt. Das Gerät beleuchtet bei 45° und misst bei den bekannten Geometrien bei -60° , -30° , -20° , 0° , 60° und 25° . Diese Winkel entsprechen Differenzwinkeln von -15° , 15° , 25° , 45° , 75° und 110° vom Glanzwinkel bei -45° .

Eine Anmerkung zu den Winkelangaben: Gebräuchlicher Weise wird die Normale mit 0° angegeben. Auf einer Seite werden die Winkel ausgehend von der Normalen mit positiven Vorzeichen, auf der anderen Seite mit negativen Vorzeichen aufgeführt. Persönlich finde ich für die Farbmessung das System, welches auch beim Zeiss GK311/M präferiert wurde, besser: Da steht ein Halbkreis (protractor, Geodreieck) von 0° bis 180° über dem Musterblech, wobei sich die Normale bei 90° befindet. So gibt es nur jeweils einen eindeutigen Winkel.

Alle Geräte werden inzwischen weltweit vornehmlich in der Autolack- und Autoindustrie eingesetzt. Auch in anderen Anwendungsbereichen wie Druck, Kunststoff und Kosmetik hat sich die Farbbeurteilung von der rein visuellen Methode zur instrumentellen Methode hingewendet, um Farben objektiver zu beschreiben. Trotzdem darf nicht vergessen werden, dass das menschliche Auge das ausschlaggebende Organ der Beurteilung ist.

Der Standardisierungsausschuss E12 des ASTM ist umbenannt worden in "Color and Appearance", E12.12 in "Gonioapparent Colors". Neben der Farbe eines Objektes ist auch die sogenannte Appearance in den Fokus gerückt. Hierunter sind alle Oberflächeneigenschaften zu verstehen.

Meines Erachtens ist eine intensivere Beschäftigung mit den optischen Eigenschaften der Pigmente notwendig. Seit 1995 hat sich an der Kombination der Messgeometrien nichts geändert. Zwischenzeitlich sind neue Effektpigmente auf den Markt gekommen, deren Farbwechsel nicht ausreichend und befriedigend gemessen werden können. Das liegt an fehlenden Messgeometrien. Mehr zum Thema Interferenzpigmente und deren Farbmessung sind auf meiner Webseite www.wrcramer.de zu finden.

Zum Download stehen auch diese Veröffentlichungen auf der Webseite:

CRAMER, W. R.; CRAMER, W. M.: GONIOVIEWER EXPERIMENTAL - VISUAL OBSERVATION SIMPLIFIED. CHINA COATINGS JOURNAL NOVEMBER 2024, S. 50-64

CRAMER, W. R.: DIE FARBE IM UNTERGRUND. JOT 63(3): 33-35, MÄRZ 2023

CRAMER, W. R.: VISUAL AND INSTRUMENTAL ASSESSMENT OF INTERFERENCE PIGMENTS. COLOR RES. APPL. 2022; 47:5-12

CRAMER, W. R.: SOPHISTICATED COLOUR MATCHING MADE EASY. EUROPEAN COATINGS JOURNAL (ECJ), N° 12 (12/2019)

CRAMER, W. R.: METHODS FOR DESCRIBING COLOR AND EFFECTS. PAINT & COATINGS INDUSTRY 07/2018

GonioViewer 实验—— 视觉观察简化

GonioViewer Experimental — Visual Observation Simplified



目前，颜色测量是工业实验室中油漆或塑料分析中不可或缺的一部分。

— Mr. Werner Rudolf Cramer 先生[®], Germany 德国

✉ info@wrcramer.de

— Mr. Wolf Moritz Cramer 先生[®], Germany 德国

✉ mail@wolfmoritzcramer.de

一种测量几何方法足以用于吸收性颜料和染料，要么直接在 45° 角照明并在正常情况下在 0° 角测量，要么用球体漫射照明测量。效果颜料的情况则不同，特别是干扰颜料不同。颜色、亮度、光度可以随不同的观看角度而变化。因此，对相应的测量装置提出了特殊的挑战。

看看目前来自毕克、爱色丽和柯尼卡 - 美能达的多角度测量设备表明，它们使用的几何方法已经使用了近 30 年，是当时的标准。在照明侧对面的光泽角的一侧添加了一个新的几何构造。自 1992 年以来，我在出版物和讲座中基于许多实验反复展示这种几何 (-15° 方面)，实验中照明角度和测量可以以 5° 的增量独立设置。这种几何形状和第二种照明被包括在 ASTM (美国测试和材料协会) 标准 E2539 中。在距离正常值 15° 处的第二次照明仅在 X-Rite MA98 中实现，后来在 MA-T12 中实现。

目视检查涂料面板时，用手将其上下倾斜。这是在视窗或合适的灯光间完成的。在这个过程中，照明的角度和观察 (测量) 的角度是不断变化的。这意味着在任何情况下都不采用测量仪器的几何形状。因此，仪器评估和视觉评估之间存在差异。测量仪器的一个小测点与面板的面积之间也存在差异。对于一个明信片大小的面板，当您从视图从顶部边缘移动到底部边缘时，会有一个 15 到 20° 的角度。这个角度大于镜面在 15° 和 25° 处的两个近光泽角。这对于具有较强

Nowadays, colour measurement is integral to paint or plastic analysis in industrial laboratories. One measurement geometry is sufficient for absorbent colours and pigments, either illuminated directly at 45° and measured at 0° in the normal or measured with diffuse illumination using a sphere. The situation is different for effect pigments, especially interference pigments. The colour, brilliance and brightness can change with different viewing angles. For this reason, special challenges are placed on the corresponding measuring devices.

A look at the current multi-angle measuring devices from BYK, X-Rite and Konica-Minolta shows that they work with geometries that have been used for almost 30 years and were the standard at the time. A new geometry has been added on the side of the gloss angle opposite the illumination side. I have repeatedly presented this geometry (-15° aspect) in publications and lectures since 1992 based on many experiments with a laboratory instrument in which the angle of the illumination and the measurement could be set independently in 5° increments. This geometry and a second illumination were included in the ASTM (American Society for Testing and Materials) standard E2539. The second illumination at 15° from the normal was only realised in the X-Rite MA98 and later in the MA-T12.

When visually inspecting a painted panel, the panel is tilted up and down by hand. This is done at the window or in a suitable light booth. During this process, the angle of the lighting and the angle of observation (measurement) are

颜色测量 Colour Measurement

色移的干涉颜料是很重要的。

干涉颜料——应该插在这里——有一种载体材料，上面涂有一个或多个高折射层。一种常见的材料是天然的或人造的云母，例如，云母表面涂有高度折射的二氧化钛。入射光部分反射在表面上。在折射作用下，剩余部分穿过二氧化钛层，并再次部分反射到云母的边界层。这部分使颜料平行于第一个反射部分。两者相互干扰，即如果光波的波峰遇到波谷，则产生的光波变大；如果波峰与波谷相遇，颜色就被理想地消去了。所产生的颜色取决于二氧化钛层厚度；随着层厚度的增加，最大值移动到更长的波长光谱范围。层厚由生产工艺决定，用户不能更改。

所产生的颜色也取决于光照的角度。从陡峭的照明到平坦的照明，颜色的最大值转移到光谱的较短波长范围。因此，干涉颜料可以通过改变照射角度来表征和描述。角度可以由用户改变。

我们开发了四个 GonioViewer 盒子，以减少视觉和仪器观察中观察场大小之间的差异，并使用适当的测量几何形状来满足干涉颜料的特性。它们是用 3D 列印工艺制作的，宽 23 厘米，高 16 厘米。所述半圆弧上设置相应几何形状的孔。在面板上方的盒子下面有一个开口，允许从不同的角度和几何形状观察它。

测量结果以 a^*b^* 图或反射曲线的形式显示。几何图形显示为照明角度和光泽度之差的组合： $45^\circ/25^\circ$ 照明 / 25° 镜面 = 与光泽度之差 25° 。

constantly changed. This means that in no case is one of the geometries of the measuring instruments adopted. There is therefore a discrepancy between the instrumental and visual assessment. There is also a discrepancy between a small measuring point of the measuring instrument and the area of a panel. With a panel the size of a postcard, there is an angle of 15 to 20° when you move your view from the top edge to the bottom edge. This angle is greater than the two near-gloss angles at 15° and 25° of the specular. This is significant for interference pigments with a strong colour shift.

Interference pigments — this should be inserted here — have a carrier material that is coated with one or more highly refractive layers. A common material of this kind is natural or artificial mica, which is coated with highly refractive titanium dioxide, for example. The incident light is partially reflected on the surface. Under refraction, the remaining part passes through the titanium dioxide layer and is again partially reflected at the boundary layer to the mica. This part leaves the pigment parallel to the first reflected part. Both interfere with each other, i.e. if the crest of the light wave meets the trough, the resulting light wave becomes larger; if the crest meets the trough, the colour is ideally cancelled out. The resulting colour depends on the layer thickness of the titanium dioxide: as the layer thickness increases, the maximum moves to the longer wavelength spectral range. The layer thickness is determined by the production process and cannot be changed by the user.

The resulting colour also depends on the angle of illumination. From steep to flat illumination, the maximum of the colour shifts to the shorter wavelength range of the spectrum. An interference pigment can therefore be



图1：GonioViewer 01具有与当前测量仪器相同的几何形状。额外的几何图形显示了新的干涉颜料的颜色梯度。

Figure 1: The GonioViewer 01 has the same geometries as the current measuring instruments. Additional geometries show the colour gradient of new interference pigments.

颜色测量 Colour Measurement

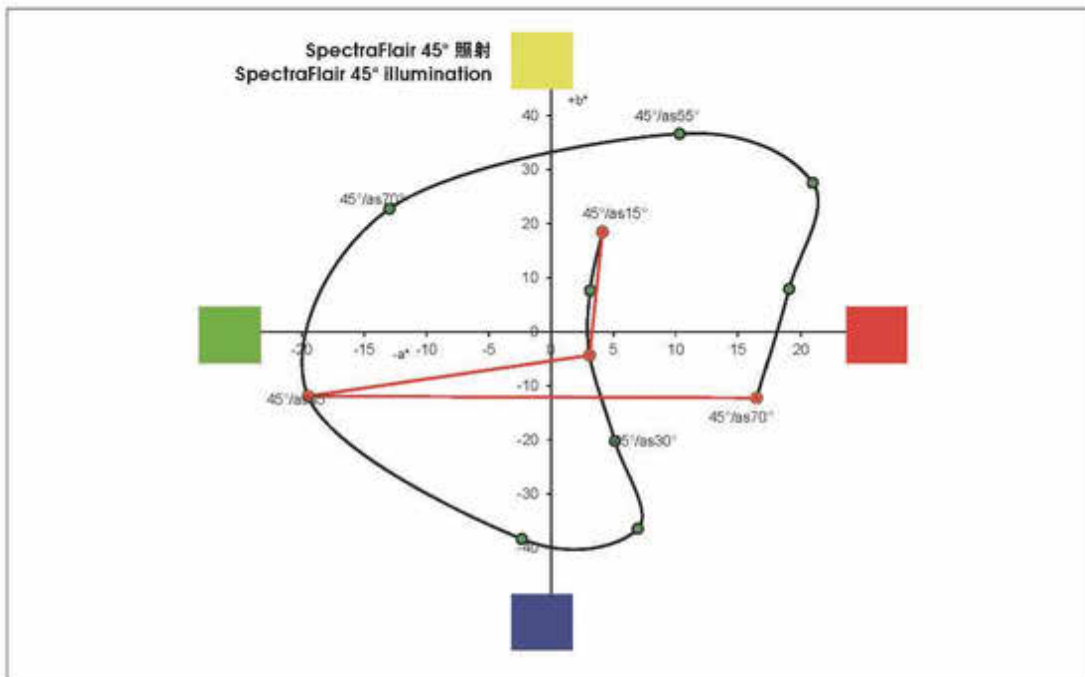


图2: 新干涉颜料的颜色渐变示意图: 红线反映了当前测量仪器的测量结果。颜色渐变显示了可以用GonioViewer 01观察到的彩虹(黑线与绿色测量点)。
 Figure 2: Illustration of the colour gradient of the new interference pigments: The red line reflects the measurement results of the current measuring instruments. The colour gradient shows a rainbow that can be observed with the GonioViewer 01 (black line with green measuring points).

GonioViewer 实验 01

除了上述的干涉颜料, 还有一些颜料的波状结构引起折射。入射光也在这里分裂, 造成干扰。

在辐照为 45° 时, 这些干涉发生在镜面 25° 处。在 25° 和镜面角度之间, 这些颜料呈灰色或无色。从 25° 开始, 它们最初呈现红色, 然后是蓝色, 绿色, 最后随着与镜面的角度差异的增加而呈现黄色。这个彩虹出现在光泽度 25° 和 75° 之间。

常用的测量仪器在光泽度角 25° 和 75° 之间缺乏相应

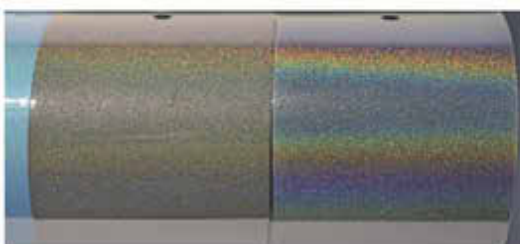


图3: 这些色板清楚地表明, 彩虹只在中心从25°的光泽角开始出现。
 Figure 3: These painted panels clearly show that the rainbow only begins at 25° from the gloss angle in the centre.

characterised and described by changing the angle of illumination. The angle can be changed by the user.

We have developed four GonioViewer boxes to reduce the discrepancy between the size of the observation field in visual and instrumental observation and to fulfil the properties of the interference pigments using appropriate measurement geometries. They were produced using a 3D printing process and are 23 cm wide and 16 cm high. Holes in the corresponding geometries are arranged on the semi-circular arc. There is an opening under the boxes that lies above the panel, allowing it to be observed at different angles and geometries.

The measurement results are visualised either in the a*b*-chart or as reflection curves. The geometries are shown as a combination of the angle of illumination and the angle of difference from the gloss: 45°/as25° = 45° illumination/25° aspecular= 25° angle of difference from the gloss).

GonioViewer Experimental 01

In addition to the interference pigments described above, there are also pigments whose wave-like structures cause refraction. The incident light is also split here, causing interference.

These interferences occur from 25° of the specular at an illumination of 45°. Between 25° and the specular angle, these pigments are grey or colourless. From 25° they initially appear red, then blue, green and finally yellow as the angle of difference from the specular increases. This rainbow appears between 25° and 75° from the gloss.

颜色测量 Colour Measurement

的几何形状 (图 1)。只有在 45° 时才能探测到彩虹的一种颜色。如果将 25°、45° 和 75° 的测点组合在一起, 则会混淆 (图 2)。只有在 35°、55° 和 65° 进一步测量几何形状的测量结果才能显示准确的颜色梯度 (图 3)。

GonioViewer 01 在 45°、-15°、15°、25°、35°、45°、55°、65°、75° 和 105° 的光泽度角度的照射可以观察到颜色梯度 (图 4)。

GonioViewer 实验 02

在视窗或灯光间进行视觉评估时, 一个面板向或远离观察者和被观看者倾斜。照明角度和观测角度不断变化。在测量仪器中, 照明角度是固定的, 观测角度仅指该照明。在

Commonly used measuring instruments lack the corresponding geometries between 25° and 75° from the gloss angle (Figure 1). Only at 45° is one of the rainbow colours detected. If the measuring points of 25°, 45° and 75° are combined (Figure 2), the behaviour is confused. Only the addition of the measurement results of further measurement geometries at 35°, 55° and 65° shows the exact colour gradient (Figure 3).

GonioViewer 01 illuminates at 45°, at -15°, 15°, 25°, 35°, 45°, 55°, 65°, 75° and 105° from the gloss angle the colour gradient can be observed (Figure 4).

GonioViewer Experimental 02

During visual assessment at the window or in a light booth,

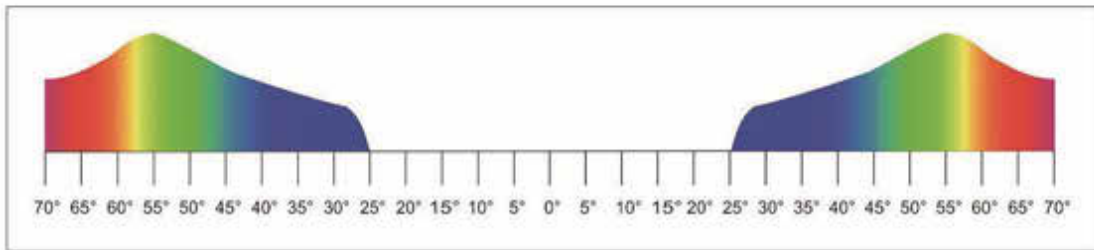


图4: 0°光泽度角两侧的颜色示意图显示了从25°的蓝色到70°光泽度的绿色、黄色和橙色的颜色梯度。
Figure 4: The schematic representation of the colours on both sides of the gloss angle at 0° shows the colour gradient from blue at 25° via green, yellow and orange to red at 70° from the gloss.

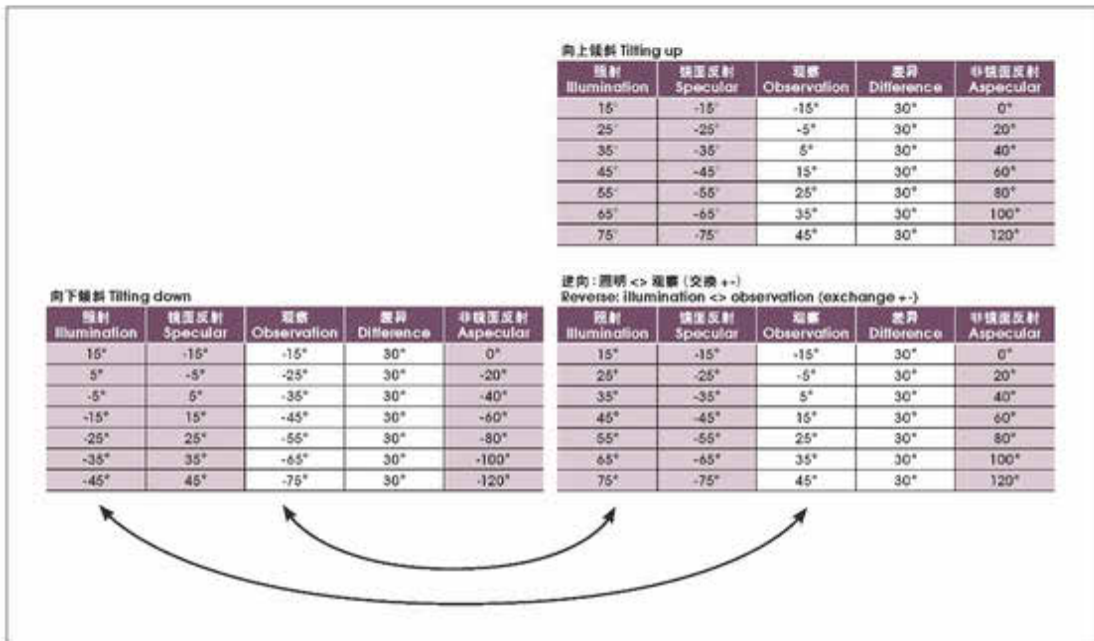


图5: GonioViewer 02 提供了当面板在视窗或灯光间倾斜时所采取的几何形状。由于光反转定律, 向下倾斜时的几何形状与向上倾斜时的几何形状相对应。

Figure 5: GonioViewer 02 offers the geometries that are taken when the panel is tilted at the window or in a light booth. Due to the law of light inversion, the geometries when tilting downwards correspond to those when tilting upwards.

颜色测量 Colour Measurement



图6：带有灯适配器的GonioViewer 02*
Figure 6: The GonioViewer 02 with adapter for a lamp.

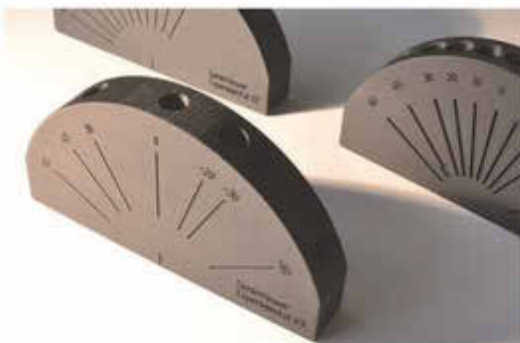


图7：测量仪器的照明角度为45°，观测角度为-60°、-30°、-20°、0°、30°和65°。GonioViewer 03再现了这些几何图形，以便可以在它们下面做出精确的判断。
Figure 7: The measuring instruments have an illumination angle at 45° and observation angles at -60°, -30°, -20°, 0°, 30° and 65°. The GonioViewer 03 reproduces these geometries so that precise judgements can be made under them.

这方面，目测评估和仪器评估之间没有对应关系（图5）。

如果观察者以15°的照明角度握住面板，他会看到-15°的光泽度角。如果他现在将样板朝向他倾斜10°，则照明角度增加到25°。由于照明和观察者之间的角度保持不变（在本例中为30°），差异角度从0°增加到20°。当观察者继续向前倾斜时，照明角度和差角增加。

如果观察者将面板从起始位置向远离他的方向倾斜，则垂直于面板的法线将在照明方向上远离他，并且照明角度增加。然后照明移动到法线的同一侧作为观察。

使用GonioViewer 02，可以设置不同的照明角度，例如照明和观察之间的角度差异为30°或50°。然后从相应的镜面角度在30°或50°处进行观察。

由于光反转定律，向上倾斜的几何形状与向下倾斜的几何形状是相同的（图6）。

GonioViewer 实验 03

GonioViewer 03 具有与测量仪器相同的几何形状：照

a panel is tilted towards or away from the observer and viewed. The angles of illumination and observation change continuously. With the measuring instruments, the angle of illumination is fixed and the observation angles only refer to this illumination. In this respect, there is no correspondence between the visual and instrumental assessment (Figure 5).

If the observer holds the panel at an illumination angle of 15°, he looks at the gloss angle at -15°. If he now tilts the sheet towards him at 10°, the illumination angle increases to 25°. As the angle between the illumination and the observer remains the same — in this case 30° — the difference angle increases from 0° to 20°. As the observer continues to tilt forward, the angle of illumination and the angle of difference increase.

If the observer tilts the panel away from him from the starting position, the normal, which is perpendicular to the panel, moves away from him in the direction of the illumination and the illumination angle increases. The illumination then moves to the same side of the normal as the observation.

With the GonioViewer 02, the illumination angle can be set differently, for example with a difference angle of 30° or 50° between illumination and observation. Observation then takes place at 30° or 50° from the corresponding specular angle.

Due to the law of light reversal, the geometries for tilting up are the same as for tilting down (Figure 6).

GonioViewer Experimental 03

The GonioViewer 03 has the same geometries as the measuring instrument offered: illumination is at 45° and observation is at -15°, 15°, 25°, 45°, 75° and 110° from the specular angle (= aspecular line). In contrast to visual observation at a window or in a light booth, the field of view is about as small as the measuring field of a device (Figure 7).

With the GonioViewer 03, a panel can be assessed under the same optical geometries as with instrumental observation. In this respect, a direct comparison of the measured values with the visual impression is possible.

GonioViewer Experimental 04

The colour of an interference pigment is based on the one hand on the layer thickness of, for example, the highly refractive titanium dioxide. This layer thickness is determined by the production process as described above. On the other hand, it is determined by the angle of the incident light. Due to the law of interference, the colour changes to the short wavelength when the pigment or pigmented coating is illuminated at a flatter angle. The flatter the lighting, the higher the reflection compared to the reflection with steep lighting.

For visual inspection, hold the panel horizontally with an outstretched arm and illuminate it flat. Then move the panel parallel downwards and observe the colour change close to the gloss. This changes the lighting from a flat to a steep angle.

The GonioViewer 04 is used to track this movement and display it at an exact angle. It allows the illumination to be changed from 15° to 65° in 10° increments. Observations are then made at a difference angle of 15°. This corresponds to the observation angles from 0° to -50°.

颜色测量 Colour Measurement



图8：干涉颜料在相同角度差异下从高光到平光照射表现出的色移。
Figure 8: Interference pigments show a colour shift when moving from steep to flat illumination at the same difference angle from specular.

明为 45°，观察为 -15°、15°、25°、45°、75° 和 110°，从镜面角度 (= 镜面线)。与在视窗或灯光间的视觉观察相比，视场大约与设备的测量视场一样小 (图 7)。

使用 GonioViewer 03，可以在与仪器观察相同的光学几何形状下评估面板。在这方面，测量值与视觉印象的直接比较是可能的。

The resulting colour gradient is referred to as the interference line. Ideally, it is described by the measurement results for the steep, classic and flat geometry: 15°/as0°, 45°/as15° and 65°/as15°. The current measuring devices can only describe this line to a limited extent. The X-Rite MA98 and the MA-T12 have a second illumination, whereby the two geometries 15°/as15° and 45°/as15° of the interference line

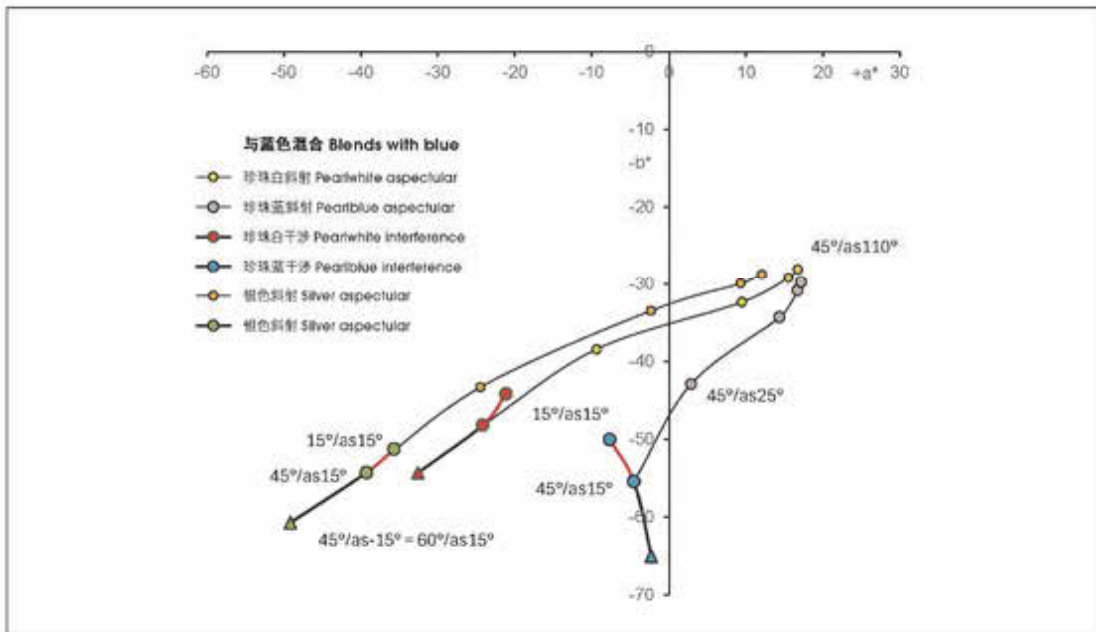


图9：相同的吸收蓝色颜料与不同的效果颜料混合：当与铝和白色干涉颜料混合时，干涉线 (15°/as15°、45°/as15° 和 45°/as15°) 作为镜面线 (45°/as15° - 45°/as110°) 的延伸。与蓝色干涉颜料混合，显示出一条远离谱线弯曲的干涉线。
Figure 9: The same absorbing blue pigment with different effect pigments: When mixed with an aluminium and a white interference pigment, the interference line (15°/as15°, 45°/as15°, 45°/as-15°) runs as an extension of the aspectual line (45°/as15° - 45°/as110°). Mixing with a blue interference pigment shows an interference line that bends away from the aspectual line.

颜色测量 Colour Measurement

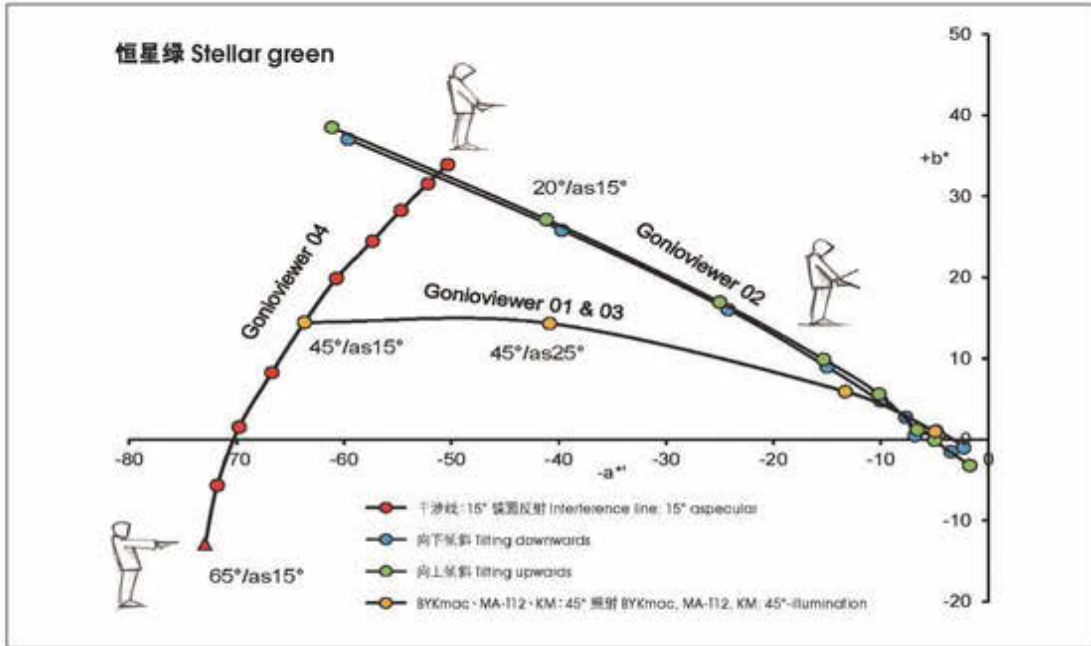


图10：以一种绿色干涉颜料为例，给出了不同的测量和观察结果。相应的GonioViewer也显示了：用橙色圆点的镜面线和GonioViewer 01和03(对应于当前仪器的几何形状)，用GonioViewer 02上下倾斜时的几何形状，用GonioViewer 04的干涉线(红点)。
 Figure 10: The different measurements and observations are shown using the example of a green interference pigment. The corresponding GonioViewers are also shown: the aspecular line with orange dots and GonioViewer 01 and 03 (corresponds to the geometries of the current instruments), the geometries when tilting up and down with GonioViewer 02, the interference line (red dots) with GonioViewer 04.

GonioViewer 实验 04

干涉颜料的颜色一方面取决于，例如，高度折射的二氧化钛的层厚度。这一层的厚度是由上述生产工艺决定的。另一方面，它是由入射光的角度决定的。由于干涉定律，当以较平的角度照射颜料或颜料涂层时，颜色会向短波长方向变化。与陡峭照明的反射相比，照明越平坦，反射越高。

目视检查，保持面板与伸出的手臂水准，并平光照亮。然后将面板平行向下移动，观察接近光泽的颜色变化。这从一个平坦角度到一个陡峭角度改变了灯光。

GonioViewer 04 用于跟踪此移动并以精确的角度显示它。它允许照度以 10° 的增量从 15° 到 65° 变化。然后以 15° 的不同角度进行观测。这对应于 0° 到 -50° 的观测角度。

所产生的颜色梯度被称为干涉线。理想情况下，它由陡峭、经典和平坦几何形状的测量结果描述：15°/as0°、45°/as15° 和 65°/as15°。目前的测量设备只能在有限的程度上描述这条线。X-Rite MA98 和 MA-T12 具有第二个照明，从而实现干涉线的两个几何形状 15°/as15° 和 45°/as15°。由于光反转定律，也可以使用 45°/as-15° 几何形状。45°/as-15° 对应于几何形状 60°/as-15°。

对于没有二次照明的测量装置，45°/as-15° 几何形状也可用于表征干涉颜料；对于铝颜料或白色干涉颜料的混合物，镜面线从 45°/as45°、45°/as25° 和 45°/as15° 直接运行

are realised. Due to the law of light inversion, the 45°/as-15° geometry can also be used. 45°/as-15° corresponds to the geometry 60°/as15°.

For measuring devices without a second illumination, the 45°/as-15° geometry can also be used to characterise interference pigments: For mixtures with aluminium pigments or white interference pigments, the aspecular line runs from 45°/as45°, 45°/as25° and 45°/as15° directly on to the measurement result at 45°/as-15°. Coloured interference pigments are characterised by a colour shift when illuminated more flatly (Figure 8). As described above, the 45°/as-15° geometry corresponds to the 60°/as15° geometry due to the light reversal. The geometry illuminates flatter than the 45°/as15° geometry (Figure 9). The course of the aspecular line in the a*b* diagram then shows an anti-



颜色测量 Colour Measurement

表1: 使观测成为可能的几何图形的汇编。
Table 1: Compilation of the geometries under which observation is possible.

Gonioviewer 实验 01 Gonioviewer Experimental 01			Gonioviewer 实验 04 Gonioviewer Experimental 04		
照射 Illumination	观察 Observation	非镜面反射 Aspecular	照射 Illumination	观察 Observation	非镜面反射 Aspecular
45°	-60°	-15°	15°	0°	15°
45°	-30°	15°	25°	-10°	15°
45°	-20°	25°	35°	-20°	15°
45°	-10°	35°	45°	-30°	15°
45°	0°	45°	55°	-40°	15°
45°	10°	55°	65°	-50°	15°
45°	20°	65°			
45°	30°	75°			
45°	60°	105°			

Remarks: red=new geometries.

Gonioviewer 实验 03 Gonioviewer Experimental 03			Gonioviewer 实验 02 Gonioviewer Experimental 02			
照射 Illumination	观察 Observation	非镜面反射 Aspecular	照射 Illumination	观察 Observation	差异 Difference	非镜面反射 Aspecular
45°	-60°	-15°	开始位置 Start position	15°	照射 Illumination/-15°	观察 Observation
45°	-30°	15°	15°	-15°	30°	0°
45°	-20°	25°	25°	-5°	30°	20°
45°	0°	45°	35°	5°	30°	40°
45°	30°	75°	45°	15°	30°	60°
45°	60°	105°	55°	25°	30°	80°
			65°	35°	30°	100°
			75°	45°	30°	120°
			开始位置 Start position	25°	照射 Illumination/-25°	观察 Observation
			25°	-25°	60°	0°
			35°	-15°	60°	20°
			45°	-5°	60°	40°
			55°	5°	60°	60°
			65°	15°	60°	80°
			75°	25°	60°	100°

到 45°/as-15° 的测量结果。彩色干涉颜料的特点是在较平坦的光照下发生色移 (图 8)。如上所述, 由于光反转, 45° As-15° 的几何形状对应于 60° As-15° 的几何形状。该几何形状比 45°/15° 几何形状照明更平坦 (图 9)。在 a^*b^* 图中的镜面线的过程然后显示逆时针弯曲向 45°/as-15° 几何。这种弯曲是彩色干涉颜料的典型特征 (图 10)。

结论

使用 GonioViewer 实验, 可以更准确地进行视觉评估。它们可以适应不同的要求; 测量仪器的几何形状, 在相同的光学条件下进行视觉评估。几何图形可以扩展到评估新的效果颜料的颜色梯度。通常在视窗或灯光间的目视检查也可以用 GonioViewer 模拟。相应的观察孔模拟窗户或灯光间的几何形状。GonioViewer 实验也可以用来精确地模拟干涉颜料的颜色梯度的几何形状, 这可以通过移动平行于窗户或灯箱的面板来实现, 而无需指定精确的几何形状 (表 1)。总而言之, 各种 GonioViewer 实验是理想的视觉评估方法。由于提供的几何形状, 它们远远超出了测量仪器的可能性。

clockwise bend towards the 45°/as-15° geometry. This bend is typical for a coloured interference pigment (Figure 10).

Summary

With the GonioViewer Experimentals, visual assessment can be carried out more accurately. They can be adapted to different requirements: With the geometries of the measuring instruments, visual assessment is carried out under the same optical conditions. The geometries can be extended to assess the colour gradient of new effect pigments. The usual visual inspection at the window or in a light booth can also be simulated with a GonioViewer. Corresponding observation holes simulate the geometries at the window or in the light booth. A GonioViewer Experimental can also be used to precisely simulate the geometries for the colour gradient of an interference pigment, which could be achieved by moving a panel parallel to the window or light booth without specifying an exact geometry (Table 1). All in all, the various GonioViewer Experimentals are ideal for visual assessment. With the geometries offered, they go far beyond the possibilities of the measuring instruments. ☑

Eichung und farbkünstlerische Möglichkeiten eines systembasierten Instruments nach Wilhelm Ostwald – Teil 1

Wolfram Jaensch

Die folgenden Ausführungen in Einheit mit der zitierten Literatur sollen Interessierte in die Lage versetzen, anhand des Bauplans das Instrument Ostwalds mit eigenem Material herzustellen. Der Inhalt des Artikels, wie ihn das Thema umreißt, entfaltet sich zunächst in einer Polarität zwischen dem koloritgeschichtlichen Aspekt einer aktuellen und zugleich traditionellen Malerei in Gestalt von Tafelbildern in sorgfältiger Technik einerseits und dem digitalisierten farbmtrischen System andererseits, das sein Erfinder Wilhelm Ostwald (1853-1932) in einer originellen Metapher als Pulverorgel umschrieb. Damit meint er feinst aufeinander abgestimmte Trockenpigmente, ideell in einem Doppelkegel angeordnet, die in der praktischen Anwendung angesetzt werden mit einem speziellen Acryl-Bindemittel. In jener Begegnung von digital-technischer Instrumentierung und mal-künstlerischer Traditionsgeschichte ergeben sich neue Kompositionsprinzipien, in denen der Begriff der „Farbigkeit“ nicht mehr allein der ästhetischen Intuition überlassen bleibt, sondern auch fundamental definiert, also rational zugänglich wird. Das ermöglicht vor allem zuvor unbekannte Proportionen der Flächengestaltung. Die erkannten Gesetzmäßigkeiten schränken hierbei die unbegrenzte künstlerische Freiheit keineswegs ein, sondern erweitern sie. Die Begabung spontaner Intuition ist nun an anderer Stelle der Gestaltung gefragt.

Jene grundlegende farbwissenschaftliche Systematisierung bezieht sich auf die Eichung eines allumfassenden Farbkastens mittels der additiv-anteiligen Kreiselmischung auf ausreichend schnell rotierenden Scheiben. Mit dieser Einschränkung und in Abgrenzung zu denkbaren anderen Systemen handelt es sich also um das wechselseitige Erfüllungsverhältnis zwischen Farbvalenzanalyse und -synthese, mithin um ein Äquivalenzsystem zwischen reflektiertem farbigem Oberflächenlicht und der jeweils entsprechenden Farbmaterie (Abb. 1). Das ist der Grundgedanke der Eichung. Sie verbürgt den anschaulichen Charakter der Farb-Luminosität.

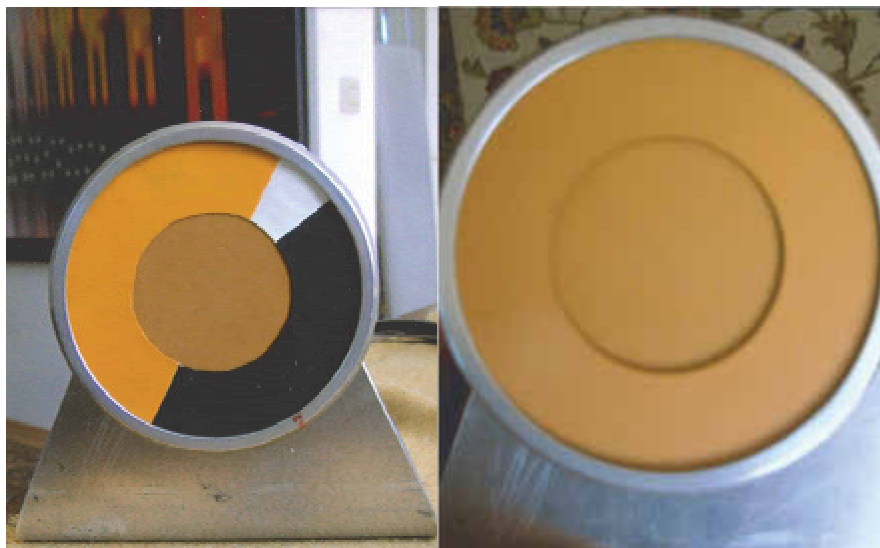


Abb.1: Farbvalenzanalyse zum Ton 3t/g in Ruhe (links) und bei Rotation (rechts)

Was bisher sehr technisch und wissenschaftsförmig klingt, soll nicht überdecken, dass das zur Sprache kommende „instrumentale System Ostwald-Weder-Jaensch“ sich integriert sieht in die Geschichte der Malerei. Man darf es demnach primär koloritgeschichtlich betrachten als „Palette“ im übertragenen Sinne, auch wenn aufgrund der völlig anderen Maltechnik nun eine konkrete Palette nicht vorkommt. Es werden nicht mehr unmittelbar empfundene Farbtöne „nach Gefühl gemischt“, sondern Werte gemäß imaginierten Kompositionen berechnet und ausgewogen.

Exemplarisch für den endlosen Streit zwischen der Drei- und Vierfarbtheorie, zwischen subtraktiver und additiver Mischung, zwischen der Gefahr von farbiger Verarmung einerseits und dem Wunder schillernd bewegter Klänge andererseits, erscheint mir die überlieferte Kontroverse zwischen dem Symbolisten Émile Bernard (1868-1941) und seinem Lehrer Paul Cézanne (1839-1906), den er im Jahre 1904 einen Monat lang aufgesucht hatte. Der lebenslang nach optimaler Farbigkeit suchende Schüler präsentierte dem alten Meister zunächst seine eigene karge Palette, dogmatisch aufgebaut nur aus Gelb, Blau und Karminrot, ergänzt durch Weiß und Zinnoberrot, als ob man damit durch Mischen alles machen könnte. Zornig - so erzählt es Bernard - habe der Alte seinen Versuch auf der Staffelei attackiert und dabei den Gast schnaubend angeherrscht: „*Wo ist Ihr Smaragdgrün?! Wo ist Ihr Kernschwarz?!...*“. Neben der amüsant erzählten Anekdote verdanken wir schließlich Bernard, dass er uns die vier Ebenen der Palette des Wegbereiters der Moderne überliefert hat, gegliedert in 19 singulär-individuelle Positionen, wie sie damals im Handel erhältlich waren. Interessanterweise ordnete er das Kernschwarz dem Blau zu, das wichtige Weiß für hellklare und vergraute Töne hatte er vergessen zu erwähnen. Freilich war das noch kein System, aber es war als *neuplatonische Idee* das intuitiv zusammengestellte, vorzügliche Instrument eines Farbgenies. Bernard kommentiert: „*Eine Palette. Das ist die fesselndste Frage eines Malers. Cézannes Palette war folgendermaßen aufgebaut, als ich bei ihm in Aix war:*

	Brillantgelb
	Neapelgelb
Gelb	Chromgelb
	Gelber Ocker
	Natürliche Terra di Siena
	Zinnober
	Roter Ocker
Rot	Gebrannte Terra di Siena
	Krapplack
	Feiner Karminlack
	Gebrannter Lack
	Veronesegrün
Grün	Smaragdgrün
	Grüne Erde
	Kobaltblau
Blau	Ultramarinblau
	Preußischblau
	Kernschwarz“

(Michael Doran, *Gespräche mit Cézanne*, Diogenes Verlag AG Zürich 1982, S. 96/97)

Der Begründer der Physikalischen Chemie und Nobelpreisträger (1909) Wilhelm Ostwald, dessen Lebensdaten sich mit denen Cézannes in mehr als einem halben Jahrhundert überschneiden, hatte dieses intuitiv additiv orientierte Prinzip der vier Urfarben des Malers mit seinen erstmals geeichten Systemen von zunächst 680, dann von sogar 2.535 räumlichen Positionen auf die Spitze getrieben, allerdings mit der Einschränkung des absurden Verbots „wilder“ Töne, also von beliebigen Zwischenstufen. Wie leicht zu erraten, sah er in solchen Abweichungen die Gefahr eines Abirrens ins Dissonante. Die Zusammenbeziehung von Cézannes Palette mit Ostwalds Systematisierungen erfolgt von mir hier keineswegs arbiträr, schließlich definierte der Nachimpressionist sie selbst wortwörtlich als ein bewusst organisiertes Gebilde: „... *man hat ein fertiges System* ...“.

Dieser begrenzte Luxus der „rein logarithmischen Eichung“ Ostwalds als systematische „Palette“ schrumpft bei meinem Lehrer Jakob Weder (1906-1990) auf nur 133 Töne seiner „korrigiert-logarithmischen“ Stimmung, welche er als ausreichend erachtete, da aufgrund eines brillanten Eichverfahrens beliebig viele Zwischenwerte mit dem Rechner ermittelbar wurden, sodass der Farbkomponist über mehr als eine Million Nuancen zur Verfügung hat, in etwa entsprechend der Befähigung unseres Farbensehens: Wilde Töne waren für Weder, und sind für mich, kein Problem, sondern willkommen. Es sei allerdings nicht übergangen, dass diese Mischung von Zwischenwerten der Kardinaltöne durch die hoch differenzierte Digitalisierung des Farbkastens natürlich in den Mikrostrukturen solcher Gemälde letztlich einem subtraktiven Verfahren gleichkommt. Da jedoch additive und subtraktive Mischung bei eng benachbarten Positionen in der praktischen Anwendung sehr stark konvergieren, also fast identisch sind, tritt hierbei keinerlei Verlust an Farbigkeit auf. Soweit der Praxisbezug und eine Vorbemerkung zum Aspekt des von mir hergestellten Instruments als Künstler-Palette.

Ostwalds geniale Erfindung des Farbenklaviers - wie ich es nenne - war nach dem Ersten Weltkrieg bei den Künstlern des Bauhauses, vor allem bei Paul Klee, auf erbitterten Widerstand gestoßen, sodass es wohl aufgrund jenes Vorurteils nur vereinzelt aufgegriffen wurde. Mit den in Ostwalds Werkstätten in Großbothen bei Leipzig hergestellten und offenbar frei verkäuflichen Instrumenten der Pulver- oder Fladenorgel arbeiteten meines Wissens lediglich der schweizerische Maler Hans Hinterreiter (1902-1989) und der sächsische Konstruktivist Rudolf Weber (1889-1972). Hingegen eichte Jakob Weder, wie oben angedeutet, über einen Zeitraum von 25 Jahren sein eigenes Instrument, auf das ich durch einen Artikel des Malers Karl Gerstner (1930-2017) in der Zeitschrift *art DAS KUNSTMAGAZIN* 3/1981, S. 60-69, aufmerksam geworden war, eine glückliche trouvaille, - mehr als ein Zufall -, sie veränderte mein Leben: Zum ersten Besuch am 28. Februar 1981 bei meinem Lehrmeister und Freund, - es war eines von über vierzig Arbeitstreffen bis zu Weders Tod im November 1990, die allesamt im Zeichen der Eichung des Instruments standen -, hatte ich ein frühes Gemälde nach Herzogenbuchsee in den schweizerischen Aargau mitgebracht, das kleinformatige Bild mit dem Titel „Rosa semperflorens“ aus dem Jahr 1973 (Abb. 2), sei es, um mich als bemühter Maler vorzustellen, sei es, um meine Begeisterung für das künstlerische Medium der Farbe dokumentieren zu wollen. Weder reagierte zwar nicht erzürnt, wie Cézanne gegenüber Bernard, aber doch schroff mit dem Satz: „*Das sind ja nichts weiter als kleine Striche!*“ Das Wesen der

Farbe entfalte sich nach seiner Auffassung dagegen nicht linear, sondern in der Fläche, und zwar in klar artikulierten Tönen, die in definierbaren Relationen interagierten.

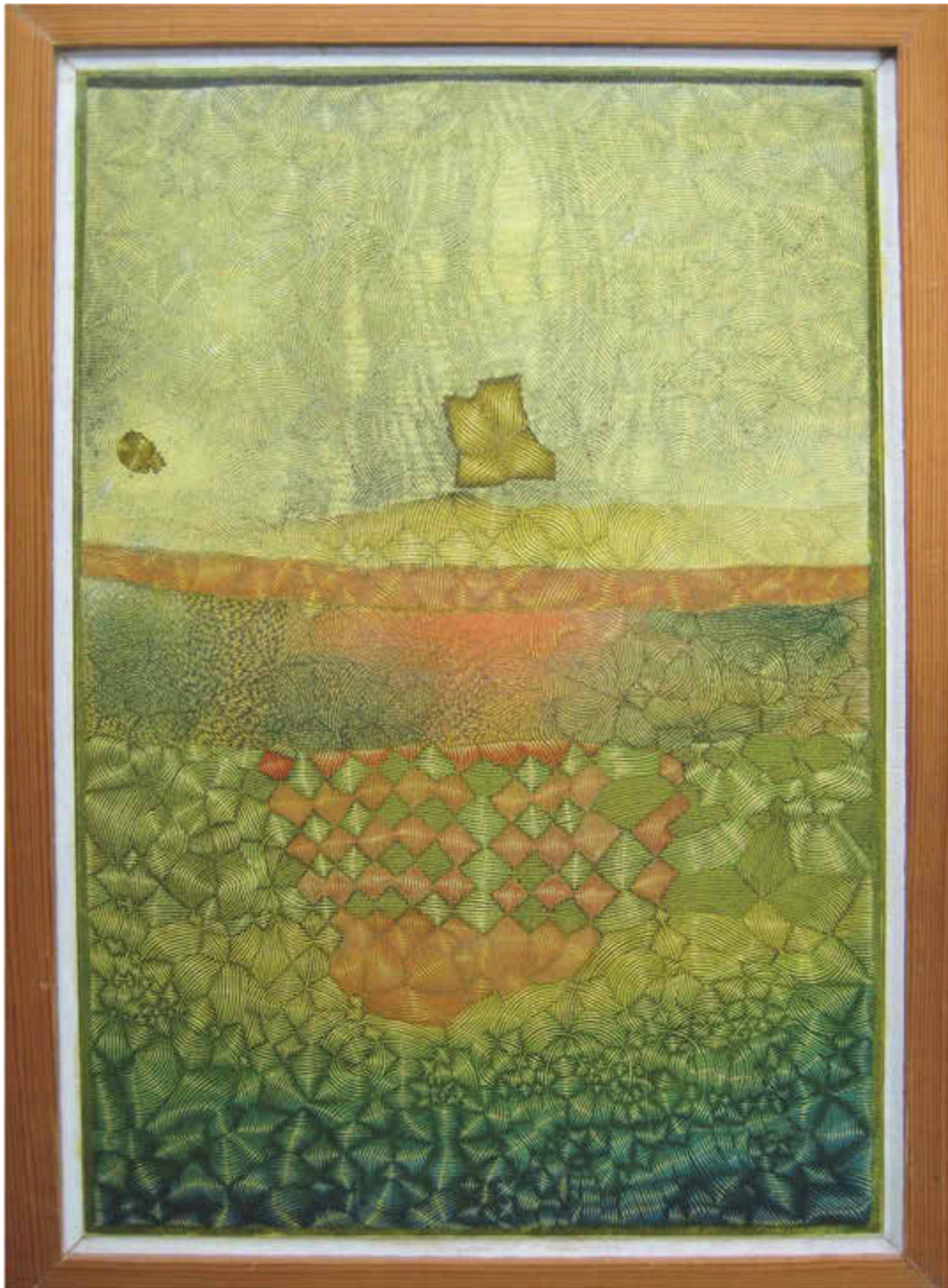


Abb. 2: Wolfram Jaensch: Rosa semperflorens, Mischtechnik, 1973

Zudem erkannte er auch, dass da mit Zwischen-Lasuren gearbeitet worden war, was er strikt ablehne: Die Lasur wirke wie eine transparente Folie, stelle mithin ein überwiegend subtraktives Verfahren dar, das unweigerlich zur Dekoloration führe, und dem der traditionelle Maler daher durch Höhungen und durch vertiefende „Drucker“ in den Schatten versuchte, entgegen zu wirken. Er selbst bevorzuge ganz entschieden das additiv-anteilige Verfahren der Farbvalenzsynthese als Grundprinzip der Eichung seines Instruments (Abb. 3), das damals den strahlenden Mittelpunkt der Werkstatt bildete. An der rechten

Atelierwand hingen zwei der besten Arbeiten des Meisters, die erst kurz zuvor entstanden waren, eine davon die „*Suite Nr. 3 in D-Dur: Air*“ (Abb. 4), so der Titel des monochromen Gemäldes, bestehend aus lauter „*Schattenreihen*“ des Tones 17, Türkis, mit über tausend verschiedenen Nuancen. Vor diesen beeindruckenden Farbsymphonien, - wie sie Weder nannte -, und in denen er damals Musikstücke von Johann Sebastian Bach umsetzte, äußerte ich ihm gegenüber, hier erstmals das ursächliche Prinzip der *Farbigkeit* realisiert zu sehen, nach dem ich seit meinem Studium vergeblich geforscht habe. Weder ging daher näher ein auf die simultanen Wechselwirkungen, welche dieses lebendige Farbklingen im Gesichtssinne hervorriefen.

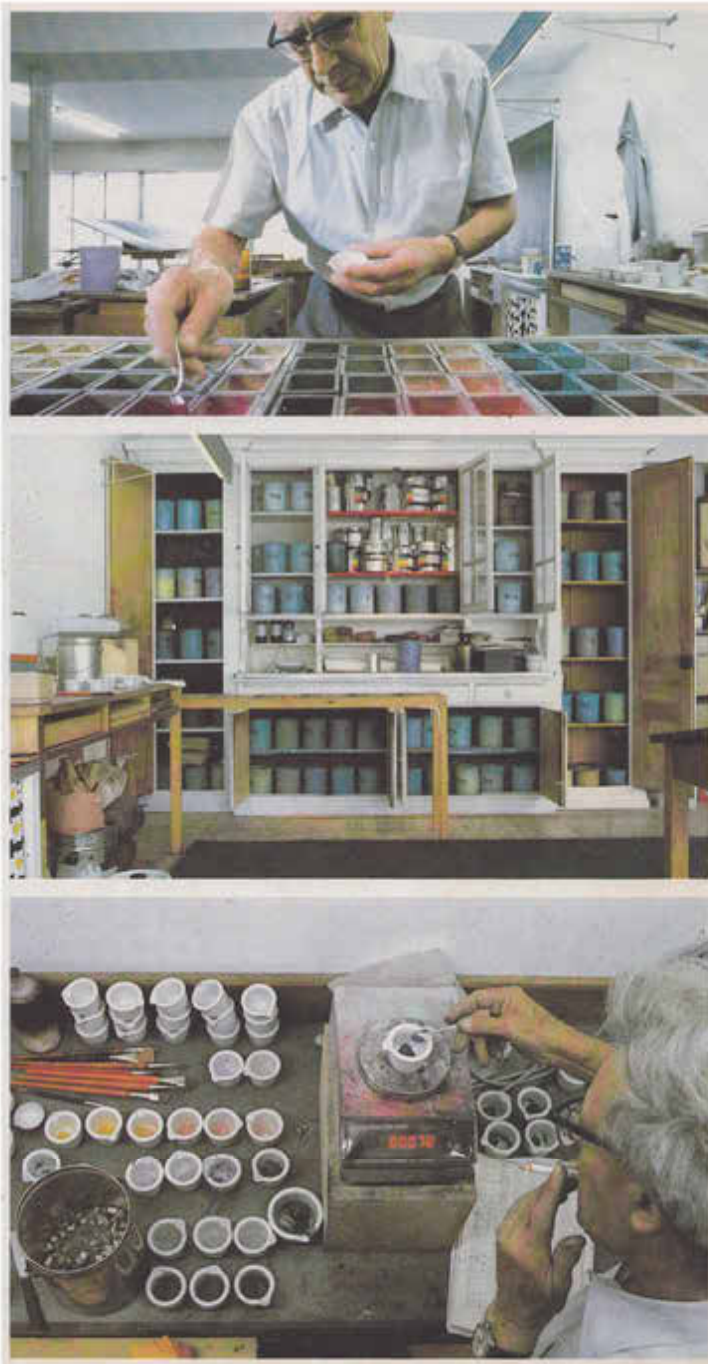


Abb. 3: Jakob Weder bedient sich an seinem Instrument mit einem Spielzeugglöffelchen (Bild: von Graffenried, Nachdruck aus: art Das KUNSTMAGAZIN 3/1981, S. 63)

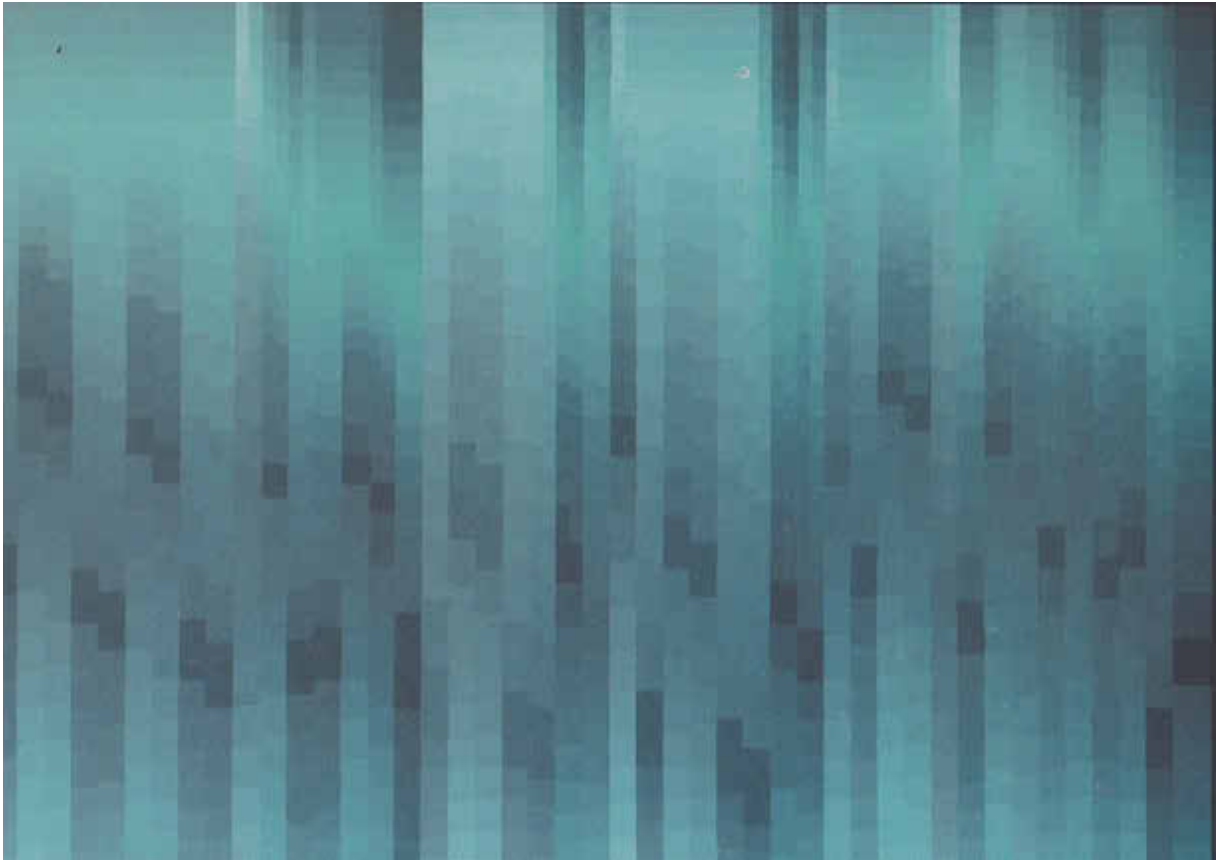


Abb. 4: Jakob Weder: Suite Nr. 3 in D-Dur von J. S. Bach "Air", 1980, 122 cm x 171 cm, Acryl auf Pavatex)

Aus meinen damaligen Gesprächsnotizen geht hervor, dass insbesondere das Prinzip der „*Konjunktion*“ innerhalb der Cézanne'schen Farbformen diskutiert worden war, worauf Weder ausdrücklich die Wegbereitung durch den Nachimpressionisten betonte, mit den Worten: „*Cézanne war auf dem richtigen Weg!*“ Wie bedeutsam jene stilgeschichtliche Wegweisung mir damals war, zeigt sich an einer symbolischen Vignette, die ich in Analogie zu Paul Klees künstlerischem Weltmodell „*Ich-Du-Erde-Welt*“ auf die Kunst Paul Cézannes übertrug (Abb. 5). Nach Fertigstellung meines Klaviers nahm ich das Modell in ähnlicher Weise als kosmische Form, um auch Wilhelm Ostwalds universelles Farbinstrument zu charakterisieren und zu preisen (Abb. 6).

Wir waren uns 1981 darin einig, dass neben den Beiträgen zur Koloritgeschichte von Cézanne und Ostwald der Bauhausmeister Josef Albers (1888-1976) einen entscheidenden Fortschritt erzielte. Während Cézanne noch gesprochen hatte von der selten zitierten „*Psychologie des Malers*“, nämlich der „*Begegnung seiner zwei Töne*“, und folglich von seinem „*Kontrastieren*“, liegt bei Albers die Betonung auf dem dritten Ton innerhalb der farbigen Interaktion, womit der Schritt vollzogen wurde von der bis heute undurchschaubaren „*Logik der metaphorischen Farbe*“ Cézannes hin zur erstmaligen bewussten *chromatischen Intonation* in der Koloritgeschichte. Im DfwG-Report 3/2022 zeigte ich bereits auf S. 103 in den Abbildungen 6 und 7 die Albers'sche „*Mittenmischung*“, in denen ich das bekannte Schema mit meinem Instrument analysierte. Das berühmte Modell der Albers'schen „*interaction of color*“ hieße zum Beispiel, auf Weders Symphonie „*Air*“ übertragen, dass jeder einzelne Ton des Bildes die Mittenmischung seiner beiden Nachbar-töne im Reihenverbund ist. Wie zu erwarten, war denn auch Albers - anders als Klee - ein begeisterter Anhänger und Verfechter der Lehre Ostwalds.



Abb. 5: Wolfgang Jaensch: Vignette zu Cezannes farbiger Vorstellung der Welt (um 2003),



Abb. 6: Wolfgang Jaensch: Skizze zu Wilhelm Ostwalds Doppelkegel als Struktur der Farbe, 17.12.2008

Weder betrachtete die Interaktion, die simultane Erregung an der gemeinsamen Grenze zweier Töne, - wie er sagte -, als „*letzten Schliff*“ seiner Kompositionen. Auf's Engste verknüpft mit den Phänomenen im Farbsprung der Felder seien deren *Proportionen*, also die jeweilige Ausdehnung der Flächen (s. u.). Der fundamentale Konnex zwischen Interaktion und Proportion im Farbkontinuum blieb allerdings an diesem Tage noch ein Rätsel für mich. Während die Erkenntnisse der Wahrnehmungstheorie über das Wesen der sogenannten „*Mach bands*“ durch „*laterale Inhibition*“ innerhalb der Rezeptoren der Retina damals noch nicht zur Sprache kamen, stimmten wir darin überein, dass in der farbigen Ambivalenz innerhalb eines jeden Feldes zwischen dem Charakter der „*Luminosität*“ einerseits und der dinglichen „*trockenen Eigenhelle*“ des Farbauftrags andererseits das begeisternde Vibrato des Klanges sich entwickelte, womit die sich wechselseitig affizierenden Mittenmischungen in den einzelnen Reihen sich zu wunderbaren clusterartigen Glissandi auf der Bildtafel ausbreiteten.

Aus jener hervorgerufenen optischen Relativität der Interaktion folgt: Die als Äquivalente zur Kreiselmischung gewonnenen Individualwerte erfahren nun im strengen Reihenverbund eine Dividualisierung. Das singuläre Feld ordnet sich dem Rhythmus der erzielten Intervallik unter. Die einzelne Fläche verliert somit den Anspruch, als Bildelement zu fungieren. Elementar ist in dieser neuen Malerei nicht mehr die diskrete Einzelfläche, elementar ist das inneroptisch bewertete Fallen oder Aufsteigen einer gespannten Qualitätskala, deren Intervall-Kontinuen das farbige Melos bedingen. Entscheidend ist also der gerichtete Bewegungsimpuls der Reihentechnik im Verbund der Cluster. Kurzum: Elementar ist letztlich das psychophysisch wirksame *Intervall*, nicht der „Ton an sich“, ähnlich wie es der Komponist Josef Matthias Hauer (1883-1959) als Erster für die Zwölfton-Musik postuliert hatte. Und diese farbbildnerische *Intonation* wird nur möglich durch die

Eichung, ist mithin, - anders als bei Ostwald selbst -, ihr erklärtes oberstes Ziel, sowohl bei Weder, als auch in meiner Malerei. Sie ermöglicht bei prägnanter Artikulation, wie in der Musik, ein durchgängiges Legato. Diesem farbigen Legato in unserer Malerei liegt somit eine wahrnehmungs-psychologische Dialektik zugrunde.

Was ich bisher auf dem Weg über den Begriff der Künstlerpalette, sodann über Ostwalds Systematisierung des Farbbegriffes und über den Beitrag der Intonation durch Josef Albers erkläre, führte also zu Weders Personalstilistik der wohltemperierten Reihenbildung bis hin zum komplexen Cluster-Verbund in der Bildfläche. Diese beiden letzten Entwicklungs-Schritte wären ohne das Zahlenwerk der Eichung selbst nicht möglich gewesen, da die eurhythmische „Schrittigkeit“ und die konkreten Flächenausdehnungen aus den Zahlenverhältnissen der Eichung gewonnen werden, also aus dem innersten Wesensgehalt des Instruments (s. u.). So konnte Weder mir gegenüber in einem Brief vom 18. Januar 1988 schreiben: „*Die Proportionen sind für mich das Wichtigste. Ich bin auch sicher der erste, der die Flächenproportionen aus der Farbe nimmt.*“ Und es versteht sich so auch die Tatsache, dass seine farbkünstlerischen Konkurrenten Hans Hinterreiter und Rudolf Weber nicht über solche Stilmittel der differenzierten Reihen- und Cluster-Technik verfügten: Sie hatten ja ihre Farbkästen nicht selbst hergestellt, daher fehlte ihnen das Zahlenwerk der Eichung und damit die Voraussetzung zu solchen weiterführenden farbsymphonischen Erfindungen.

An der Stelle sei daher angemerkt, dass die beiden Ostwaldianer folglich andere Wege einschlugen. Vor allem Hinterreiter versuchte das Farbe-Form-Problem zu lösen, indem er als studierter Mathematiker und gewandter Konstrukteur die Möglichkeiten der Fladenorgel kombinierte mit den Ergebnissen der von Ostwald kreierten „*Formorgel*“, einem Kompendium von seriellen Formeinfällen, das der Schweizer originell für sich weiterentwickelte.

In der von Eckhard Bendin anlässlich des 150. Geburtstages von Wilhelm Ostwald herausgegebenen Zeitschrift *Phänomen Farbe*, 23. Jahrgang September 2003 bildet auf Seite 53 der Autor eine aufschlussreiche Arbeit von Hans Hinterreiters ab, die kreisförmige Komposition *Opus 53, 1945/1966, Tempera, 72x72 cm, Hinterreiter-Stiftung Zürich* (Abb. 7): Ein serielles Formkontinuum des Gemäldes aus Kreisbogen-Abschnitten ist von unten nach oben logarithmisch-expansiv angelegt, wodurch der anschauliche Charakter eines schwebenden Aufstiegs eindrucksvoll suggeriert wird. Innerhalb des komplexen rhythmisch-dynamischen Divisionismus hat der Maler jeder einzelnen Fläche einen Farbwert aus dem einfachen Dreiklang bedacht gewählter Nuancen von Rot, Hellgelb und einem gebrochenen Blau zugeordnet, wobei letzteres sich mit den Rot- und Gelb-Werten zu durchdringen scheint, was den partiellen Charakter der Transparenz hervorruft: ein Stilmerkmal des Synthetischen Kubismus. Der zweite subdominante Durchdringungswert neben diesem Graublau ist eine Nuance nahe dem Schwarz, was starke Kontraste verbürgt. Zweifellos findet Hinterreiter auf seine Weise eine plausible Verknüpfung von Form und Farbe. Im Gegensatz zur Kunst Weders stellt jenes Zusammenspiel in meinen Augen eine dekorative Farbgliederung der ebenso originellen wie faszinierenden Konstruktion dar. Der Form ist ein deutlicher Vorrang eingeräumt. Die Farbe gliedert in plane

Flächen, und sie schmückt. Die logarithmische Entfaltung des Rappports von unten nach oben macht zwar die Farbe nicht mit, aber auf diese Weise vermeidet Hinterreiter auch eine Art Farbperspektive. Dafür tritt an ihre Stelle eine klare Verflächigung, mit der zusammen das Dekorative ja ebenfalls einen hohen künstlerischen Wert verbürgt.



Abb. 7: Hans Hinterreiter: Opus 53, 1945/1966, Tempera, 72x72 cm, Hinterreiter-Stiftung Zürich (Albrecht, H.-J. /Koella, R.: Hans Hinterreiter. Zürich 1982)

*

Da Jakob Weder in jenem Atelier-Gespräch 1981 bereits meine Begeisterung gespürt hatte, zog er das Fazit: „*Wenn Sie mit solchen Farbintervallen arbeiten wollen, müssen Sie als Erstes eine Grauleiter eichen!*“ Damit übergab er mir das von dem Kunsthistoriker Marcel Baumgartner zusammengestellte Zahlenwerk seiner Eichung und schickte mich damit zu einer nahen Kopier-Anstalt. Dieses Typoskript I unter dem Titel *JAKOB WEDER – Die Suche nach der Ordnung im Reich der Farbe* aus dem Jahre 1975 ist erhältlich beim Schweizerischen Institut für Kunstwissenschaft, Zürich, ebenso das Typoskript II (1992) mit mathematischen Ergänzungen von Dr. Erich Weder.

Als der neue Malergeselle mit den wertvollen Kopien zurückkam in Weders Atelier, standen eine kleine Kugelmühle aus Hartporzellan und ein Kanister mit dem Spezial-Binder für solche Trockenpigmente auf dem Tisch, quasi als Initiations-Geschenk. Dieser intensive Oleag-Acryl-Binder auf PVC-Basis der schweizerischen Firma Knuchel, eine Sonderanfertigung nach Weders Wünschen, lässt sich mit wesentlich mehr Wasser verdünnen, als das bei den bis heute im Handel erhältlichen Produkten möglich ist. Und in der Tat beginnt die Eichung mit der korrekten Beimessung des Bindemittels. Wie sämtliche Aspekte im Arbeitsprozess konstant gehalten werden müssen, so auch das Verhältnis zwischen Trockenpigment und Bindemittel: Rebenschwarz zum Beispiel schluckt dreimal so viel Binder wie Lithopone, und das muss man wissen und den Anteilen entsprechend festlegen, bevor man die ersten Eichproben anreibt.

Der zweite Teil des Beitrags erscheint in einer der nächsten Ausgaben des DfwG-Reports.

Auch das noch!

Werner Rudolf Cramer

Wer meine Begeisterung für Farben kennt, weiß, dass sich diese nicht nur auf die Pigmente und deren Farbmessung beschränkt. Seit ich verstanden habe, dass Farben nur in unserem Gehirn existieren, gucke ich mir die Welt um mich herum mit anderen Augen an. Und da finde ich oft Zusammenhänge zwischen der Farbwahl meiner Mitmenschen und ihren Einstellungen.

Zwei Nachbarinnen von mir besitzen jeweils einen Garten. Die eine hat Blumen, die nacheinander blühen, bei der anderen blühen die Blumen wild durcheinander. Die erstere hat wenige Blumen, die zweite einen "Wildwuchs". Wenn ich sommertags in die Gärten gucke, kommt mir der Gedanke an ein Farb-Psychogramm. Beide Nachbarinnen haben die Farben ihrer Blumen und deren Anordnung nicht willkürlich gewählt, sondern wurden von ihrem Gehirn gesteuert.



Ich erinnere mich an einen sonnigen Samstagmorgen, als ich in die Stadt ging und überall Violett sah – violette Luftballons, violette Einkaufstüten, violette Röcke und Hosen und violette Blusen und Pullover. Ich habe meine Kamera von zuhause geholt und Fotos von der Szene gemacht. Nachmittags habe ich darüber spontan einen Artikel für ein Magazin geschrieben. Am darauffolgenden Samstag war der "Spuk" vorbei! Ich weiß allerdings bis heute nicht, was die Menschen ins Violette getrieben hat!

Ein Psychogramm funktioniert auch in anderen Lebensbereichen wie den Autofarben. Allerdings klappt das bei Autofarben leider seit einigen Jahren nicht mehr, seitdem die meisten Fahrzeuge in Schwarz, Weiß oder Silber neu zugelassen werden (80% in 2024). Vor Jahren, als die Autowelt bunter war, konnte man

Rückschlüsse zwischen dem Autofahrer und der Farbe seines Autos wagen.

In dem Moment, wo ich mich für eine Farbe oder für Farben entscheide, gebe ich etwas aus meinem Inneren Preis. Wer morgens die grüne und nicht die rote Hose oder den Rock wählt, zeigt schon die Tagesstimmung. Sicherlich ist die Farbwahl nicht zementiert, denn sie wird auch durch äußere Einflüsse wie Temperatur, Luftdruck und Sonnenschein und ähnliche Faktoren bestimmt. Alle Faktoren bestimmen unseren Gemütszustand, der sich auch auf die Farbwahl auswirkt. Wir glauben zwar, dass wir frei wählen können, aber unser Gehirn, in dem Farben entstehen, bestimmt unsere Wahl. Und wenn wir diese Wahl nach außen kundtun, zeigen wir unseren Gemütszustand.



