



Report

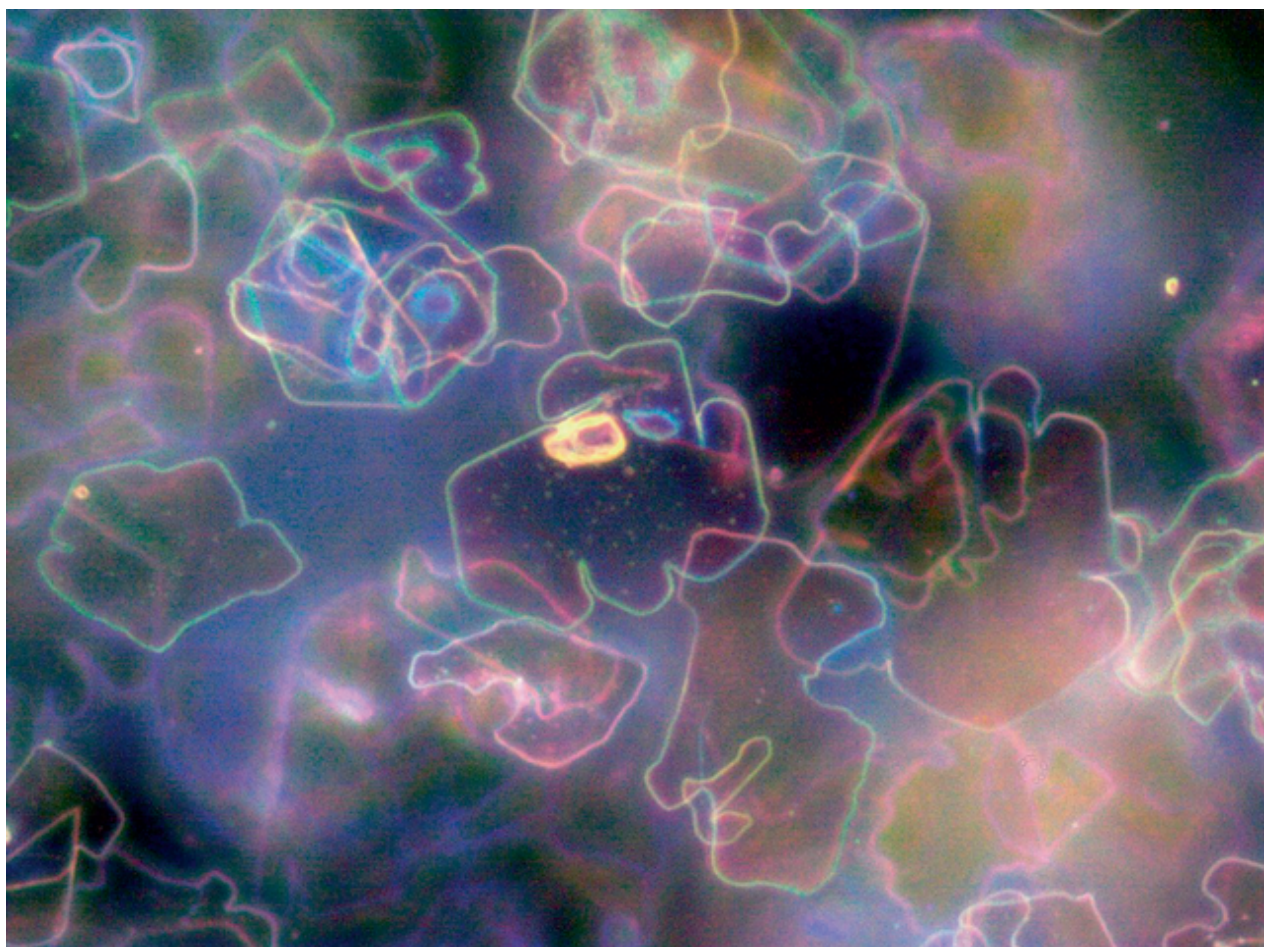
2
2018

ISSN 1860-2835

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

Verantwortlich: Dr. Andreas Kraushaar



Wie gemalt – mikroskopische Dunkelfeldaufnahmen eines Interferenzpigmentes

Über Geometrien

- visuelle und instrumentelle
Betrachtungsweisen

Werner Rudolf Cramer

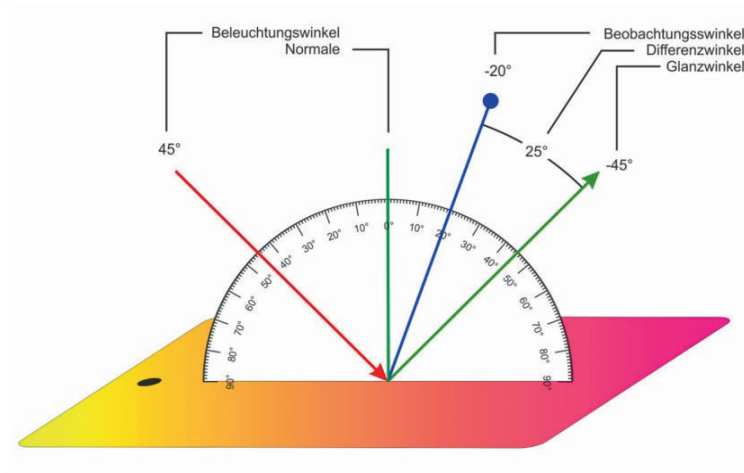
Oktober 2017

Übersicht

- Einführung
- Geometrien
- Bezeichnungen
- Arten der Beurteilung
- Pigmentarten
- Messgeräte
- ASTM
- Visuelle Abprüfung
- Optische Beschreibung

Einführung

- Geometrien beschreiben die Kombination von Winkeln der Beleuchtung, der Beobachtung und der Differenz (aspecular)
- Sie beziehen sich auf die Normale, die senkrecht zum Objekt steht

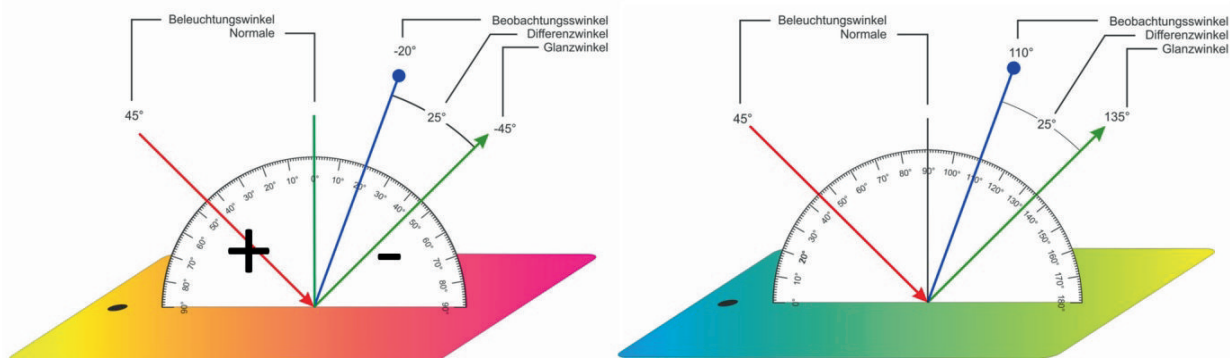


3

Bezeichnungen

- Von $+90^\circ$ über 0° (Normale) bis -90° :
Diese Winkelangaben sind gebräuchlich
- Im linken Bereich werden die Winkel mit positivem und im rechten Bereich mit negativem Vorzeichen benannt
- In manchen Fällen werden die Winkel auch von 0° bis 180° angegeben. Hier ist jeder Winkel nur einmal vorhanden
- In jedem Fall gilt:

Einfallswinkel = Ausfallswinkel



4

Drei Arten der Beurteilung

Die Objekte/Musterbleche werden

1. mit einem Messinstrument gemessen und die physikalischen Messwerte in physiologische Farbwerte umgerechnet
2. am Fenster oder in der Lichtkabine visuell beurteilt
3. unter physikalischen Gesichtspunkten visuell und instrumentell beurteilt

5

Drei Arten der Pigmente

Pigment/Farbtypen

1. Unifarben (Solids) benötigen in der Regel nur eine Geometrie, um sie ausreichend zu beschreiben
2. Aluminiumfarben (Metallics) ändern ihre Helligkeit mit dem Beobachtungswinkel
3. Interferenzpigmente ändern ihre Farbe und ihre Helligkeit mit den Beleuchtungs- und Beobachtungswinkeln

6

Messgeräte

1. Seit 1995 werden tragbare Messgeräte eingesetzt
2. Die ersten Geräte besaßen eine Beleuchtung unter 45° und drei bis fünf Beobachtungen
3. Die Winkel dieser Beobachtungen wurden von Zeiss vorgeschlagen
4. Festgelegt wurden sie teils empirisch, teils willkürlich
5. Ausgewählt wurden die Differenzwinkel 15°, 25°, 45°, 75° und 110° vom Glanz

7

ASTM

1. Das amerikanische Normenbüro legte 2008 neben der Beleuchtung von 45° auch 15° als zweite Beleuchtung fest
2. Als zusätzlicher Differenzwinkel wurde -15° vorgeschlagen
3. BYK Gardner entwickelte das BYK-mac mit einer Beleuchtung sowie Differenzwinkeln von -15° bis 110° mit zusätzlicher Sparkle-Messung
4. X-Rite entwickelte das MA98 mit zwei Beleuchtungswinkel 15° und 45° und jeweils 6 Differenzwinkeln -15°, 15°, 25°, 45°, 75° und 110° vom Glanz sowie 8 Off-Gloss-Beobachtungswinkeln
5. Das neue Konica Minolta CM-M6 beleuchtet unter 45° und mißt -15°, 15°, 25°, 45°, 75° und 110° vom Glanz. Es kann von zwei Seiten messen (Double path, L/R, L)

8

Zwischenüberlegung

1. Einerseits stehen drei Messgeräte zur Verfügung mit einem bzw. zwei Beleuchtungswinkeln
2. Andererseits werden Musterbleche oder Objekte am Fenster oder in einer Lichtkabine beurteilt
3. Hinzu kommen noch die optischen Eigenschaften der Pigmente bzw. der Mischungen

9

3 Beschreibungen

Messung mit einem Farbmessinstrument

Visuelle Abprüfung am Fenster oder in der Lichtkabine

Optische-physikalische Eigenschaften
(Interferenz)

10

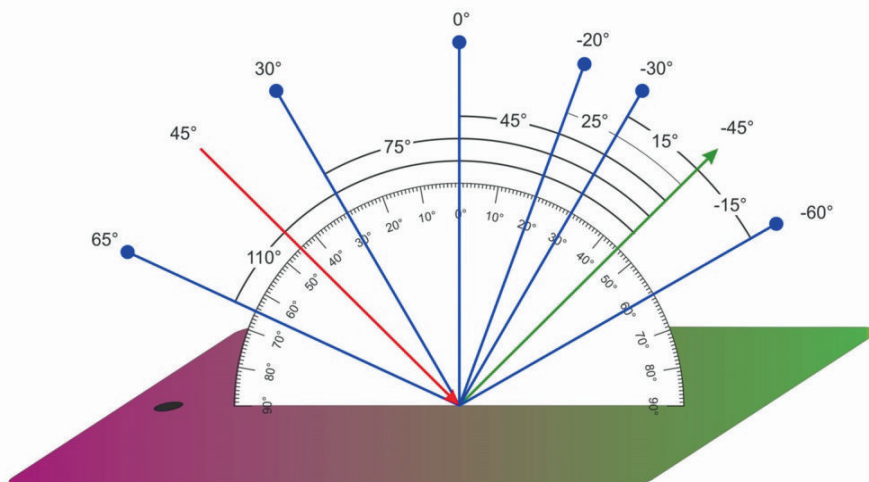
Ausgangspositionen

1. Unter welchen Geometrien messen die Geräte?
2. Unter welchen Geometrien erfolgt die visuelle Abmusterung?
3. Wie lassen sich die Messergebnisse vergleichen?
4. Welche Möglichkeiten bieten die Verfahren, auch im Vergleich zu den optischen Eigenschaften

11

Portable Messgeräte

1. Sie beleuchten bei 45°
2. Sie messen bei -60° , -45° , -30° , -20° , 0° , 30° und 65° in absoluten Winkeln
3. Die Differenzwinkeln (aspecular) sind entsprechend -15° , 15° , 25° , 45° , 75° und 110° vom Glanzwinkel



12

Visuelle Abprüfung

1. Sie findet am Fenster oder in der Lichtkabine statt
2. In der Ausgangsposition wird das Muster so gehalten, dass man in den Glanz guckt
3. Das bedeutet, dass die Normale auf dem Muster senkrecht steht und dass der Beleuchtungswinkel der gleiche wie der Glanzwinkel ist
4. Wird das Muster nach oben oder nach unten gekippt, so ändert sich der Winkel zwischen der Beleuchtung und der Beobachtung nicht; absolut ändern sich beide aber nicht
5. **Kippen zum Beobachter hin:**
Der Beleuchtungswinkel wird größer, der Beobachtungswinkel wechselt zu positiven Werten und der Differenzwinkel vom Glanz nimmt zu
6. **Kippen vom Beobachter weg:**
Der Beleuchtungswinkel wechselt zu negativen Werten, der Differenzwinkel wechselt von negativen (trans) zu positiven Werten (cis)

13

Visuelle Abprüfung

1. Bei diesem Beispiel beträgt der Differenzwinkel zwischen Beleuchtung und Beobachter 30°
2. In der Ausgangsposition beträgt demnach der Beleuchtungswinkel 15° und der Beobachtungswinkel -15°
3. Der aspecular-Winkel ist 0°

Kippen vom Beobachter weg

illumination [°]	gloss [°]	observation [°]	aspecular [°]	illu - obs [°]
15	-15	-15	0	30
10	-10	-20	-10	30
5	-5	-25	-20	30
0	0	-30	-30	30
-5	5	-35	-40	30
-10	10	-40	-50	30
-15	15	-45	-60	30
-20	20	-50	-70	30
-25	25	-55	-80	30
-30	30	-60	-90	30
-35	35	-65	-100	30
-40	40	-70	-110	30
-45	45	-75	-120	30
-50	50	-80	-130	30
-55	55	-85	-140	30

Kippen zum Beobachter hin

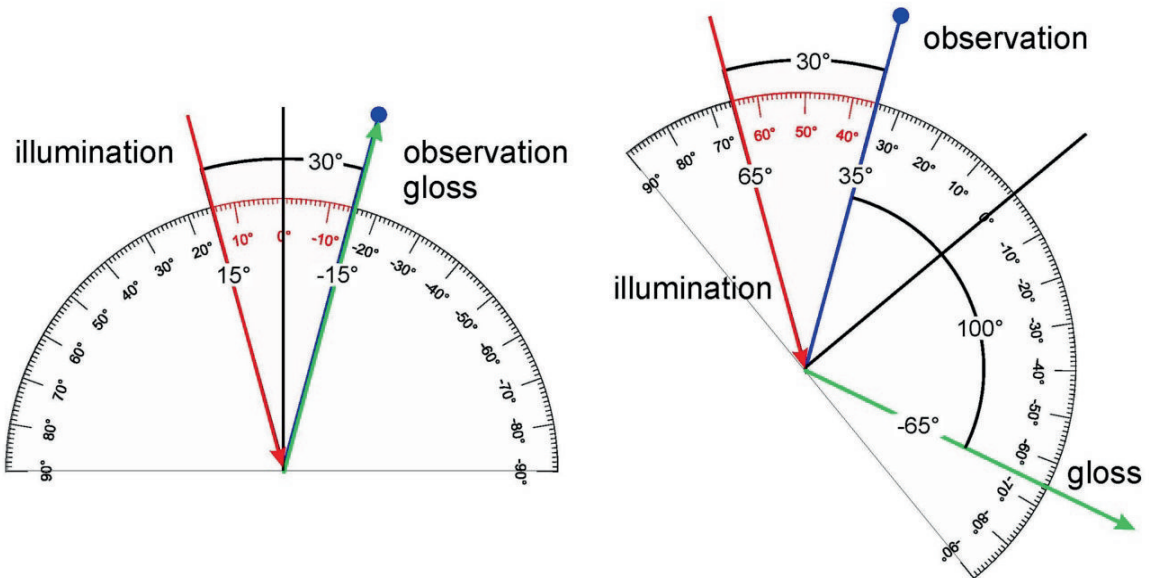
illumination [°]	gloss [°]	observation [°]	aspecular [°]	illu - obs [°]
15	-15	-15	0	30
20	-20	-10	10	30
25	-25	-5	20	30
30	-30	0	30	30
35	-35	5	40	30
40	-40	10	50	30
45	-45	15	60	30
50	-50	20	70	30
55	-55	25	80	30
60	-60	30	90	30
65	-65	35	100	30
70	-70	40	110	30
75	-75	45	120	30
80	-80	50	130	30
85	-85	55	140	30

C:\Daten\MICA\visual methods\[visual_method_VIII.xlsx]Geometrien_30

14

Kippen zum Beobachter

1. Ausgangsposition: 30° Differenz zwischen Beleuchtung und Beobachtung/Glanz
2. Beim Kippen zum Betrachter werden Beleuchtungs- und Differenzwinkel (zwischen Glanzwinkel und Beobachtungswinkel) größer
3. Der Differenzwinkel zwischen Beleuchtung und Beobachter bleibt gleich

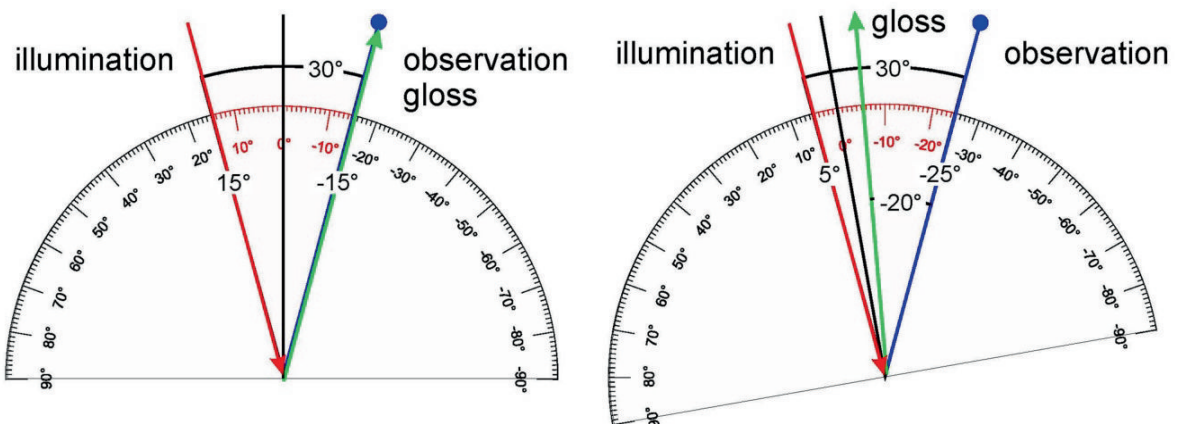


C:\Daten\MICA\visual methods\VisuelleAbmusterung\VisualGeometries.cdr

15

Kippen vom Beobachter

1. Ausgangsposition: 30° Differenz zwischen Beleuchtung und Beobachtung/Glanz
2. Beim Kippen vom Betrachter werden Beleuchtungs- und Differenzwinkel zunächst kleiner
3. Der Differenzwinkel zwischen Beleuchtung und Beobachter bleibt gleich

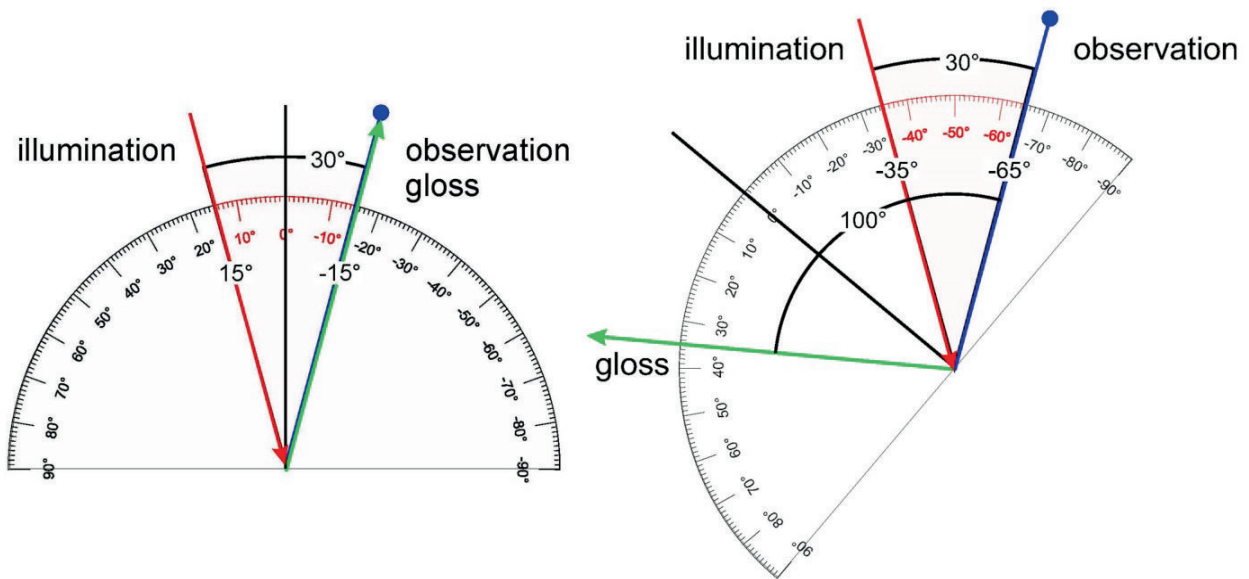


C:\Daten\MICA\visual methods\VisuelleAbmusterung\VisualGeometries.cdr

16

Kippen vom Beobachter (Forts.)

1. Ausgangsposition: 30° Differenz zwischen Beleuchtung und Beobachtung/Glanz
2. Beim weiteren Kippen vom Betrachter werden Beleuchtungs- und Differenzwinkel dann größer
3. Der Differenzwinkel zwischen Beleuchtung und Beobachter bleibt immer gleich

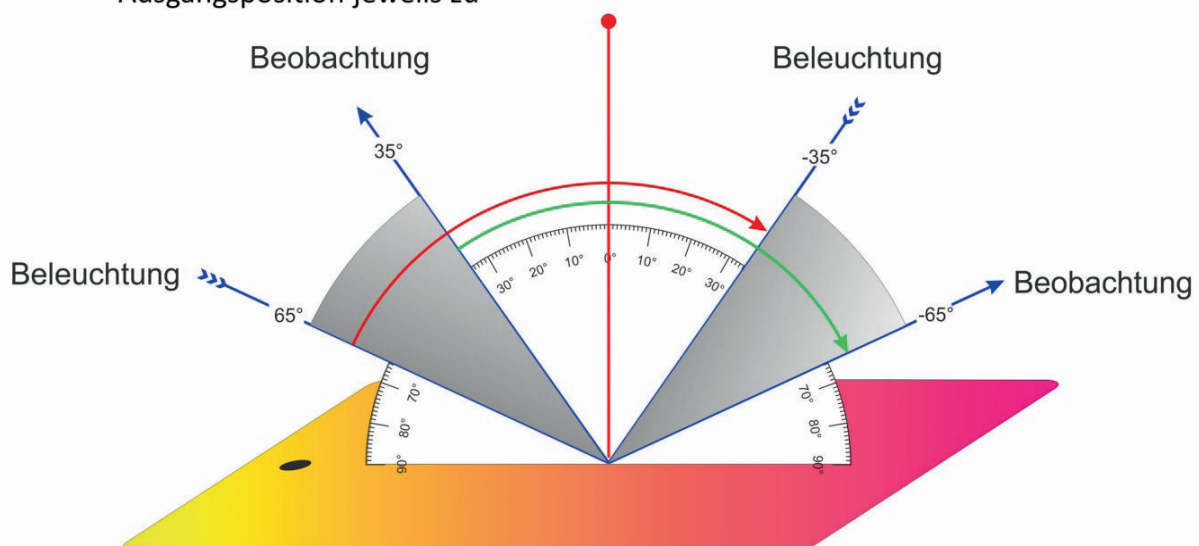


C:\Daten\MICA\visual methods\VisuelleAbmusterung\VisualGeometries.cdr

18

Visuelle Abprüfung

1. Bei der visuellen Beobachtung am Fenster oder in der Lichtkabine bleiben die Positionen der Beleuchtung und Beobachtung relativ zueinander gleich
2. Die Differenzwinkel zwischen Glanz und Beobachtung nehmen von der Ausgangsposition jeweils zu

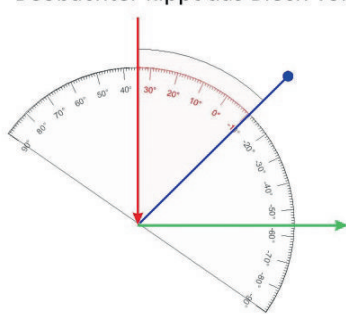


C:\Daten\MICA\visual methods\VisuelleAbmusterung\VisualGeometries.cdr

18

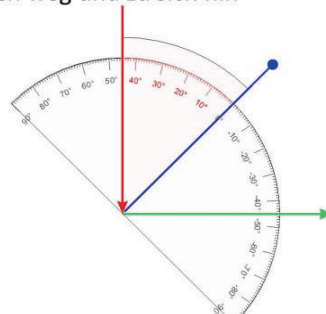
Visuelle Abprüfung in Kabine

1. Ausgangsposition in der Lichtkabine: Musterblech gekippt um 45° zum Beobachter
Lichtquelle senkrecht von oben
2. Beobachter blickt in der Normalen aufs Blech
3. Beobachter kippt das Blech von sich weg und zu sich hin



Kippen vom Beobachter

illumination	observation	aspecular
45	0	45
40	-5	35
35	-10	25
30	-15	15
15	-30	-15
10	-35	-25
5	-40	-35
0	-45	-45



Kippen zum Beobachter

illumination	observation	aspecular
45	0	45
55	10	65
60	15	75
65	20	85

C:\Daten\MICA\visual methods\VisuelleAbmusterung\VisualGeometries.cdr

19

Umkehrbarkeit der Lichtwege

1. Aufgrund der Umkehrbarkeit der Lichtwege werden beim Kippen zum und vom Beobachter umkehrbare Geometrien eingenommen
2. Daraus folgt auch, dass die Farbverläufe die gleichen sind

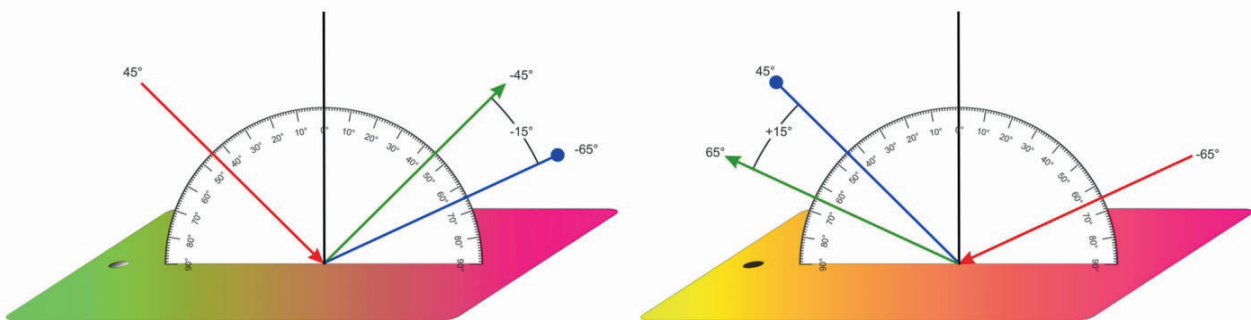
illumination [°]	gloss [°]	observation [°]	aspecular [°]	illu - obs [°]	reverse_illu [°]	reverse_obs [°]
15	-15	-15	0	30	15	-15
10	-10	-20	-10	30	20	-10
5	-5	-25	-20	30	25	-5
0	0	-30	-30	30	30	0
-5	5	-35	40	30	35	5
-10	10	-40	50	30	40	10
-15	15	-45	60	30	45	15
-20	20	-50	70	30	50	20
-25	25	-55	80	30	55	25
-30	30	-60	90	30	60	30
-35	35	-65	100	30	65	35
-40	40	-70	110	30	70	40
-45	45	-75	120	30	75	45
-50	50	-80	130	30	80	50
-55	55	-85	140	30	85	55

illumination [°]	gloss [°]	observation [°]	aspecular [°]	illu - obs [°]	reverse_illu [°]	reverse_obs [°]
15	-15	-15	0	30	15	-15
20	-20	-10	10	30	10	-20
25	-25	-5	20	30	5	-25
30	-30	0	30	30	0	-30
35	-35	5	40	30	-5	-35
40	-40	10	50	30	-10	-40
45	-45	15	60	30	-15	-45
50	-50	20	70	30	-20	-50
55	-55	25	80	30	-25	-55
60	-60	30	90	30	-30	-60
65	-65	35	100	30	-35	-65
70	-70	40	110	30	-40	-70
75	-75	45	120	30	-45	-75
80	-80	50	130	30	-50	-80
85	-85	55	140	30	-55	-85

20

Umkehrbarkeit der Lichtwege

1. Das optische Gesetz besagt, dass sich die Lichtwege umkehren lassen
2. Wird beispielsweise unter einem Winkel von 45° beleuchtet, so beträgt der Glanzwinkel -45°
3. Wird bei einem Winkel von -65° gemessen, so beträgt der Differenzwinkel -15° (aspecular)
4. In der Umkehrung wird unter einem Winkel von 65° (-65°) beleuchtet, der Glanzwinkel beträgt 45° (-45°) und der Differenzwinkel ist $+15^\circ$

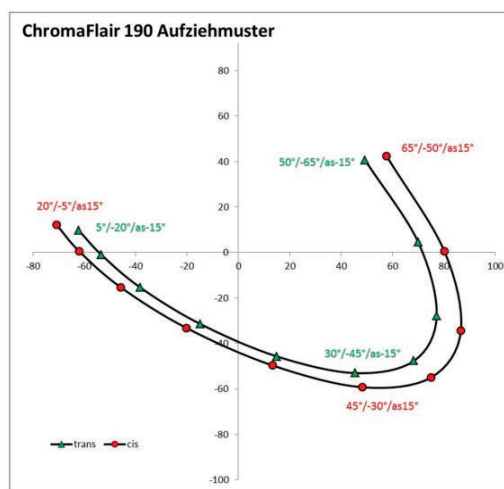


C:\Daten\MICA\visual methods\geometrie_halbkreise.cdr

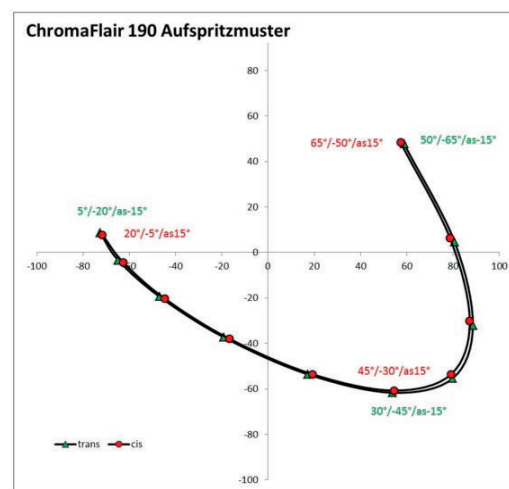
21

Umkehrbarkeit der Lichtwege

1. Bei einer Spritzapplikation desorientieren sich die Pigmente
Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Geometriepaare sind gering
2. Beim Aufziehen von Lacken mit Effektpigmenten orientieren sich diese
Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen sind vergleichsweise groß



C:\Daten\MICA\Spritztechnik\turnaround.xlsx\190_Zeiss

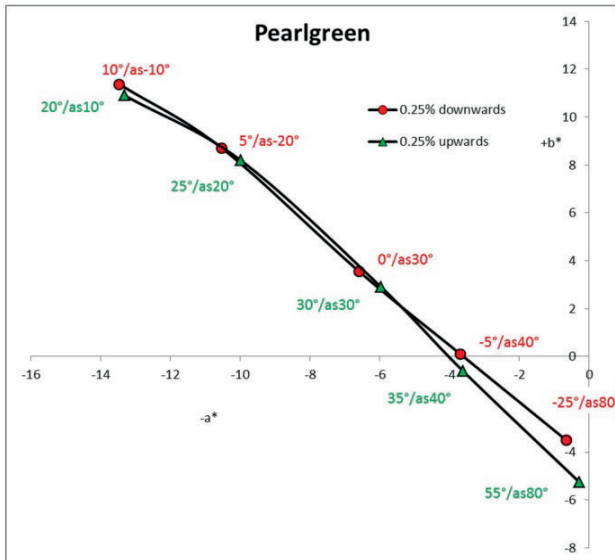


C:\Daten\MICA\Spritztechnik\turnaround.xlsx\190_Zeiss

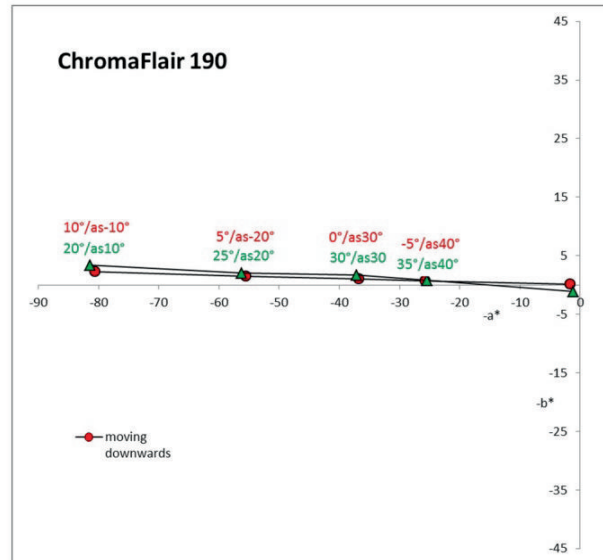
22

Farbverläufe – rauf und runter

1. Nahe am Glanz ($10^\circ/-20^\circ/\text{as}-10^\circ \triangleq 20^\circ/-10^\circ/\text{as}10^\circ$) ist das Chroma am größten
2. Vom Glanz entfernt steigt der Differenzwinkel zum Glanz bei der visuellen Prüfung



C:\Daten\MICA\Spritztechnik\turnaround.xlsx\1473_1481



C:\Daten\MICA\visual methods\visual_method_VIII.xlsx\0900_Kippen 23

Optische Beschreibung

1. Die Interferenz entsteht durch Teilung und anschließender Überlagerung von Lichtstrahlen
2. Die Wellen der geteilten Lichtstrahlen sind gegeneinander verschoben; dadurch werden bei der Überlagerung einige Wellen abgeschwächt, andere verstärkt
3. Die resultierende Farbe ist abhängig u.a. vom Winkel des einfallenden Lichtes
4. Zur Charakterisierung wird der Beleuchtungswinkel geändert bei gleichbleibendem Differenzwinkel
5. Zusätzlich werden die aspecular-Geometrien zur Charakterisierung herangezogen

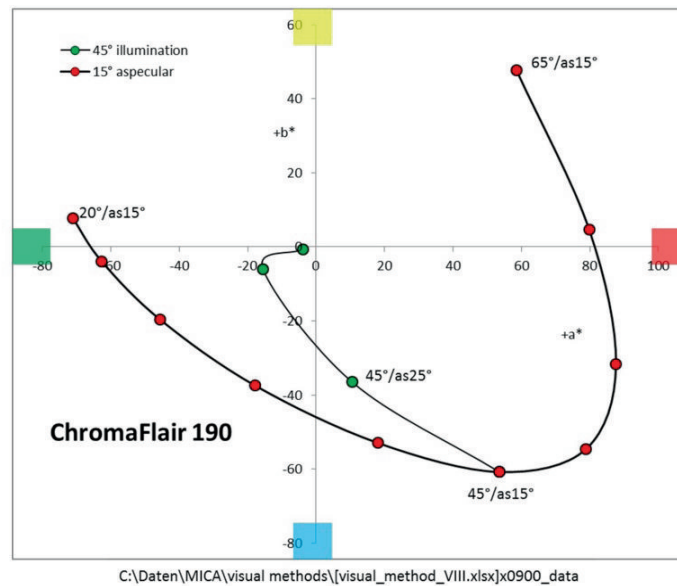
interference geometries			aspecular geometries		
illumination [°]	observation [°]	aspecular [°]	illumination [°]	observation [°]	aspecular [°]
20	-5	15	45	-30	15
25	-10	15	45	-20	25
30	-15	15	45	0	45
35	-20	15	45	30	75
40	-25	15	45	65	110
45	-30	15			
50	-35	15			
55	-40	15			
60	-45	15			
65	-50	15			

C:\Daten\MICA\Spritztechnik\turnaround.xlsx\Geometrien

24

Optische Beschreibung

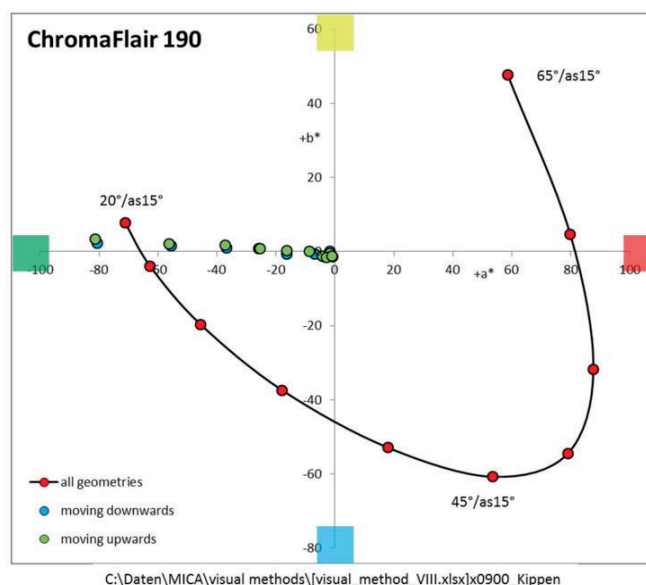
1. Die Interferenzlinie bei 15°-aspecular spiegelt den Farbverlauf dieses Pigments wider
2. Die aspecular-Linie bei 45°-Beleuchtung stellt nur einen Teil der Farbreaktion dar



25

Optische Beschreibung

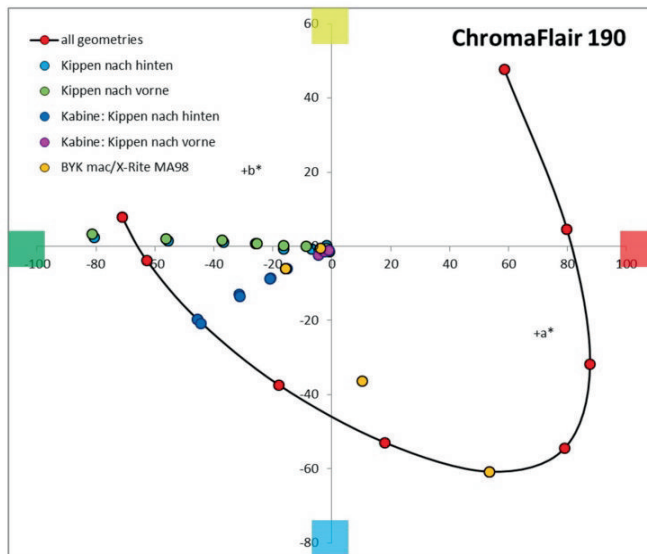
1. Die Interferenzlinie bei 15°-aspecular spiegelt den Farbverlauf dieses Pigmentes wider
2. Die aspecular-Linie bei 45°-Beleuchtung stellt nur einen Teil der Farbreaktion dar



26

Optische Beschreibung

1. Die Interferenzlinie bei 15°-aspecular spiegelt den Farbverlauf dieses Pigments wider
2. Die aspecular-Linie bei 45°-Beleuchtung stellt nur einen Teil der Farbreaktion dar



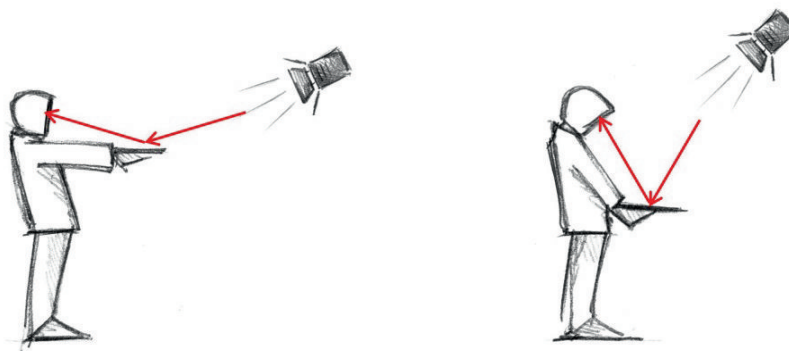
C:\Daten\MICA\visual methods\visual_method_VIII.xlsx\0900_Kippen



27

Visuelle Vergleiche: Physikalische Methode

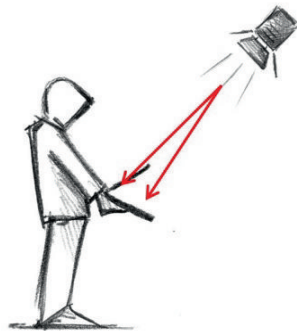
1. Hierbei wird das Muster zunächst bei ausgestrecktem Arm flach gegen die Lichtquelle gehalten und im/nahe am Glanz beobachtet -> 65°/as15°
2. Dann wird das Blech parallel mit ausgestrecktem Arm nach unten bewegt
3. Dabei „fährt“ man alle as15°-Geometrien durch bis 15°/as15°



28

Visuelle Vergleiche: Am Fenster/in Kabine

1. Das Musterblech wird rauf und runter gekippt
2. Hier bleibt der Winkel zwischen Lichtquelle und Beobachter gleich
3. Beim Kippen vom Beobachter und zum Beobachter nimmt man die gleichen Geometrien ein
4. Die erkannten Farben sind die gleichen



29

Resumee

1. Die drei Methoden – visuelle Abprüfung am Fenster/in der Lichtkabine, Messung mit portablen Geräten und Beschreibung der optischen Eigenschaften – führen zu unterschiedlichen Ergebnissen
2. Sie können kaum miteinander verglichen werden
3. Zur genaueren Charakterisierung von Effektpigmenten sollten idealerweise alle drei Methoden angewendet werden

30