4 Grundlagen der Farbmittel

4.1 Allgemeine Eigenschaften

Farbmittel ist der Sammelbegriff für alle farbgebenden Stoffe (Farbstoffe und Pigmente).

Pigmente sind feinste bunte oder unbunte Feststoffe, welche Licht absorbieren und streuen. Sie sind im Anwendungsmedium im Gegensatz zu Farbstoffen praktisch nicht löslich. Pigmente haben nicht nur die Aufgabe, dem Kunststoff ein dekoratives Aussehen zu verleihen, sondern sie beeinflussen im großen Maß die Licht- und Wetterbeständigkeit.

Farbstoffe sind im Applikationsmedium lösliche, Licht absorbierende organische Verbindungen.

Die ISO 18451 legt Begriffe fest, die auf dem Gebiet der Farbmittel, Farbstoffe und Füllstoffe verwendet werden: *DIN ISO 18451-1:2016-06 – Pigmente, Farbstoffe und Füllstoffe – Begriffe – Teil 1: Allgemeine Begriffe (ISO 18451-1:2015)* [2].

Tabelle 4.1 Eigenschaften klassischer Pigmente

Teilchengröße	1 µm = 10^{-3} mm 1 nm = 10^{-6} mm
Transparente Pigmente	Bis zu ca. 0,15 µm (halbe Wellenlänge des sichtbaren Lichts)
Opake Pigmente	von ca. 0,2 bis zu 2,5 µm
Plättchenförmige Pigmente	von ca. 8 µm bis zu 25 µm, in extremen Fällen bis zu 200 µm
Dichte	1 g/ml bis zu 6 g/ml
Leitfähigkeit	bis zu 600 µS
Oberfläche (BET)	von 1 m^2/g bis zu 200 m^2/g

Die Farbmittel gliedern sich gemäß *DIN ISO 18451-2:2016-06 – Pigmente, Farbstoffe und Füllstoffe – Begriffe – Teil 2: Einteilung nach koloristischen und chemischen Gesichtspunkten* in anorganische und organische Farbmittel auf. Die folgende

Aufzählung zeigt die Gliederung nach koloristischen Gesichtspunkten gemäß DIN ISO 18451.

Dieser Einteilung liegen optische Wirkungen zu Grunde, deren Ursachen im Folgenden angegeben werden:

Weißpigmente	Die optische Wirkung beruht auf wellenlängenunabhängiger Lichtstreuung.
Buntpigmente	Die optische Wirkung beruht auf wellenlängenabhängiger Lichtabsorption, verbunden mit Lichtstreuung.
Farbstoffe	Die optische Wirkung beruht auf wellenlängenabhängiger Lichtabsorption.
Schwarzfarbmittel	Die optische Wirkung beruht auf wellenlängenunabhängiger Lichtabsorption im sichtbaren Bereich des Lichts.
Effektpigmente	Die optische Wirkung beruht auf mindestens einem der drei folgenden Effekte: ▪ bei Metalleffektpigmenten auf der gerichteten Reflexion an überwiegend flächig ausgebildeten und ausgerichteten metallischen Pigmentteilchen ▪ bei Perlglanzpigmenten auf der gerichteten Reflexion an überwiegend flächig ausgebildeten und ausgerichteten transparenten Plättchen ▪ bei Interferenzpigmenten auf dem Phänomen der Licht-Interferenz

4.2 Farbmittel

Anorganische Pigmente

- Anorganische Weißpigment
- Anorganische Buntpigmente
- Anorganische Schwarzpigmente
- Anorganische Effektpigmente
- Anorganische Leuchtpigmente
- IR-reflektierende Pigmente
- IR-absorbierende Pigmente

Organische Pigmente

- Organische Buntpigmente
- Organische Schwarzpigmente
- Organische Effektpigmente
- Organische Leuchtpigmente

Organische Farbstoffe

- Organische Buntfarbstoffe
- Organische Schwarzfarbstoffe
- Organische Leuchtfarbstoffe

Nach chemischen Gesichtspunkten gliedern sich die Farbmittel nach DIN ISO 18451wie folgt:

Anorganische Pigmente

- Pigmente aus chemischen Elementen
- Oxid-/Oxidhydroxidpigmente
- Komplexe anorganische Buntpigmente
- Sulfid-/Sulfoselenidpigmente
- Chromat-/Chromatmolybdat-Pigmente
- Silicatpigmente
- Weitere Pigmente

Organische Pigmente

- Azopigmente
- Polycyclische Pigmente: Kupferphthalocyanine
- Polycyclische Pigmente: Diketo-Pyrrolo-Pyrrole
- Polycyclische Pigmente: Chinacridone
- Polycyclische Pigmente: Isoindoline und Isoindolinone
- Polycyclische Pigmente: Perylene und Perynone
- weitere Polycyclische Pigmente

Organische Farbstoffe

- Ionische Farbstoffe
- Kationische Farbstoffe
- Anionische Farbstoffe
- Nichtionische Farbstoffe

Pigmente liegen im Lieferzustand sowohl als Primärpartikel als auch als Aggregate und Agglomerate vor. Eine Beschreibung gibt die *DIN ISO 18451-3:2014-07 – Pigmente, Farbstoffe und Füllstoffe – Begriffe – Teil 3: Teilchengröße* [2].

Nach der DIN ISO 18451-3 sind Aggregate ein verwachsener Verband von flächig aneinandergelagerten Primärteilchen, dessen Oberfläche kleiner ist, als die Summe der Oberflächen der Primärteilchen. Agglomerate sind ein nicht verwachsener Ver-

band von z.B. an Ecken und Kanten aneinandergelagerten Primärteilchen und/oder Aggregaten, dessen Gesamtoberfläche von der Summe der Einzeloberflächen nicht wesentlich abweicht.

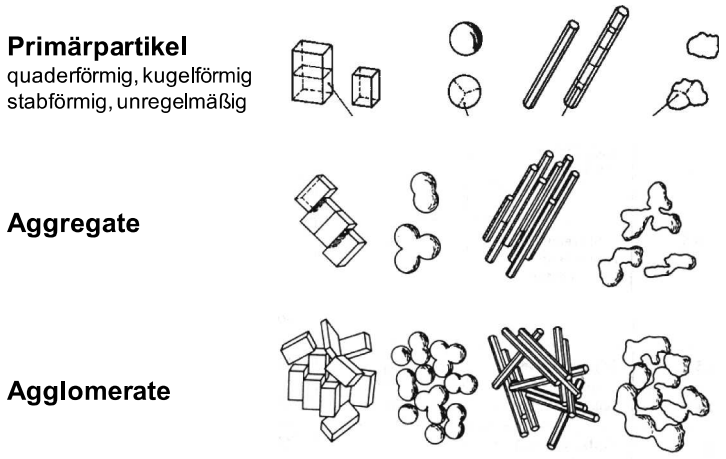


Bild 4.1 Primärpartikel, Aggregate und Agglomerate nach DIN EN ISO ISO 18451-3:2014-07 [2]

Ein Vergleich der Eigenschaften organischer und anorganischer Pigmente zeigt die Stärken und Schwächen der jeweiligen Pigmentgruppen (Bild 4.2).

Eigenschaft	organische Pigmente	anorganische Pigmente
Farbton	brillant	häufig gedeckt
Farbstärke	hoch - sehr hoch	gering bis mittel
Deckvermögen	niedrig	hoch - sehr hoch
Lichtechtheit	1 bis 8 (blaue Wollskala)	8 (blaue Wollskala)
Wetterechtheit	wenig bis sehr gut	sehr gut
Teilchengröße	sehr klein	groß (Ausnahmen)
Löslichkeit	teilweise	unlöslich
Migration	teilweise	keine
spezifisches Gewicht	gering (1.5 - 2.2)	hoch (3.5 - 6.0)
Temperaturbeständigkeit	200 bis 300 °C	> 300 °C (Ausnahmen)
Chemikalienbeständigkeit	teilweise nur bedingt	meist gut
Toxikologie	meist o.k.	z.T. toxisch
Pigmentierungshöhe	K: 0,1 bis 0,5 % L: 0,5 bis 8 %	K: 1,0 bis 2,0 % L: 0,5 bis 20 %
Kosten	mittel bis sehr hoch	niedrig bis mittel

Bild 4.2 Vergleich der Eigenschaften organischer und anorganischer Pigmente

Weitere Informationen sind unter [3] und [4] zu finden.

4.3 Anforderungen an Farbpräparationen

An erster Stelle steht bei der Erstellung von Farbpräparationen die Definition des gewünschten Farbtons. Dies kann anhand von Bezeichnungen aus den verschiedenen Farbsystemen wie RAL, Pantone, HSK oder anderer farbiger Vorlagen, anhand lackierter Bleche oder eingefärbter Kunststoffvorlagen geschehen. Dies kann so weit gehen, dass ein herausgerissenes, farbig bedrucktes Stück Papier aus einer Zeitung oder Katalog als Vorlage dienen muss. Wenn sich die Vorlage farbmetrisch vermessen lässt, wird gleichzeitig eine Farbcomputer-Richtrezeptur erstellt, die anschließend vom Coloristen noch bearbeitet wird. Dabei sind die speziellen kunden- bzw. projektbezogenen Anforderungen zu berücksichtigen. Ist eine Vermessung nicht möglich, ist es Aufgabe des Coloristen von Anfang an eine entsprechende Farbrezeptur zu entwerfen. Nach der Musterfertigung wird dann die so erarbeitete Farbpräparation mit der Vorlage verglichen. Ist die Sollvorgabe erreicht, wird das Muster dem Kunden vorgestellt, gleichzeitig wird die Farbrezeptur archiviert.

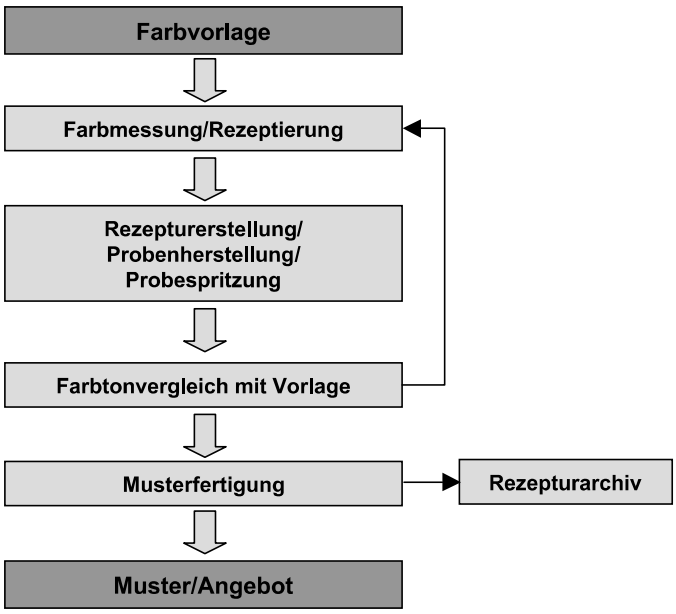


Bild 4.3 Ablaufschema für Farbeinstellungen

Bei farbigen Druckvorlagen ergeben sich immer wieder Diskussionen zwischen dem Kunststoffverarbeiter und dem Farbpräparationshersteller, weil eine Druckvorlage nicht absolut 100 %ig im Kunststoff nachstellbar ist. Die Gründe hierfür sind einerseits der unterschiedliche Charakter des Kunststoffs (u. a. Undurchsich-

tigkeit, zu starke Eigenfarbe) im Vergleich zum Druck (glasklares Lacksystem), andererseits sind die im Druck vorliegenden hohen Pigmentkonzentrationen im Kunststoff nicht zu realisieren. Außerdem werden beim Druck u. a. auch Pigmente benutzt, die im Kunststoff, z. B. wegen unzureichender thermischer Stabilität, nicht einsetzbar sind. In solchen Fällen kann daher der Farbton nur entsprechend seinem Charakter „nachempfunden“ werden. Ganz analog ist die Situation bei lackierten Blechen als Vorlage. Aber auch eine strukturierte Oberfläche als Vorlage kann problematisch sein, vor allem dann, wenn dem Coloristen nicht mindestens eine recht ähnliche Oberflächenstruktur im formgebenden Werkzeug zur Verfügung steht.

Bei der Rezepturerstellung müssen zahlreichen Kriterien berücksichtigt werden. Die wohl wichtigsten Punkte sind:

- Präparationstyp,
- Kunststofftyp,
- Verarbeitungsparameter,
- Einfärbekonzentration,
- Farbmittelauswahl
  - Farbmitteltyp,
  - chemische Beständigkeit,
  - thermische Beständigkeit,
  - Licht-/Wetterbeständigkeit,
  - Schwindung/Verzug,
  - Migrationsechtheit
- Zuschlagstoffe,
- Gesetzesanforderungen,
- Toxikologie.

Alleine aus dieser Auflistung ist bereits erkennbar, um welch komplexes System es sich bei einer Farbpräparation handelt.

Bei den anwendungs- bzw. kundenspezifischen Anforderungen ist ein Dialog mit dem Kunden sehr wichtig, weil nur so sichergestellt werden kann, dass die Farbeinstellung sowohl bezogen auf den Farbton als auch hinsichtlich der anderen geforderten Eigenschaften dem Kundenwunsch entspricht. Dieser Dialog ist aber auch deshalb so empfehlenswert, weil manchmal die Forderungen nicht ausreichend beschrieben sind bzw. die Summe der Forderungen nicht erfüllt werden kann, weil sich manche Forderungen gegenseitig ausschließen.

6 Anorganische Pigmente

Die anorganischen Pigmente zur Kunststoffeinfärbung zeichnen sich im Wesentlichen durch ein hohes Deckvermögen, eine hohe Temperaturbeständigkeit und eine hohe Wirtschaftlichkeit aus. In Bezug auf Farbstärke und Brillianz sind sie aber den organischen Pigmenten bis auf wenige Ausnahmen unterlegen. Beide Pigmentarten werden häufig miteinander kombiniert.

In Tabelle 6.1 sind die wichtigsten anorganischen Pigmente für die Kunststoffeinfärbung aufgelistet. Es sind dabei auch Produkte aufgeführt, die zwar eine Colour Index Nummer aufweisen, im Kunststoff aber nicht als Farbpigment sondern als Füllstoff bzw. Verarbeitungshilfe verwendet werden.

Tabelle 6.1 Anorganischen Pigmente für die Kunststoffeinfärbung

Bezeichnung	Formel	Colour Index	Farbe	Bemerkung
1) Pigmente aus reinen Elementen				
Aluminium	Al	P. Metall 1	silber-glänzend	Effektpigment
Bronze	Cu-Zn-Legierungen	P. Metall 2	gold-glänzend	Effektpigment
Zinn	Sn	P. Metall 5	metallisch glänzend	Effektpigment
Edelstahl (AISi 6128)	FeSi		metallisch glänzend	Effektpigment
Carbon Black (Pigmentruß)	C	P. Schwarz 6	schwarz	z. B. Lamp Black
Carbon Black (Pigmentruß)	C	P. Schwarz 7	schwarz	z. B. Furnace Black
2) Oxid-/Oxidhydroxidpigmente				
Zinkweiß/Zinkoxid	ZnO	P. Weiß 4	weiß	
Titandioxid (Rutil/Anatas)	TiO_2	P. Weiß 6	weiß	
Diantimontrioxid	Sb_2O_3	P. Weiß 11	weiß	aus toxischen Gründen verboten
Zirkondioxid	ZrO_2	P. Weiß 12	weiß	Wenig deckend
Zinndioxid	SnO_2	P. Weiß 15	weiß	

Tabelle 6.1 Anorganischen Pigmente für die Kunststoffeinfärbung *(Fortsetzung)*

Bezeichnung	Formel	Colour Index	Farbe	Bemerkung
Eisenoxidgelb	α- bzw. γ-FeO(OH)	P. Gelb 42	gelb	temperaturbeständig ≤ 180 °C
Chromoxidgrün	Cr2O3	P. Grün 17	grün	abrasiv
Eisenoxidrot	α-Fe2O3	P. Rot 101	rot	
Eisenoxidschwarz	Fe_3O_4	P. Schwarz 11	schwarz	
Titan(III,IV)oxid	TiO_{2-x}	P.Schwarz 35	schwarz	
3) Komplexe anorganische farbige Pigmente; (CICP – Complex Inorganic Coloured Pigments) (früher: Mischphasen-Metalloxid-Pigment)				
Nickeltitangelb	$(Ti,Ni,Sb)O_2$	P. Gelb 53	gelb	
Zink-Eisenbraun	$ZnFe_2O_4$	P. Gelb 119	gelbbraun	
Nickel-Barium-Titanat	$2NiO{\cdot}3BaO{\cdot}17TiO_2$	P. Gelb 157	gelb	
Nickel-Niob-Titan-Gelb	$(Ti,Ni,Nb)O_2$	P. Gelb 161	gelb	
Chrom-Niob-Titan-Rutil	$(Ti,Cr,Nb)O_2$	P. Gelb 162	gelb	
Chrom-Wolfram-Titan-Rutil	$(Ti,Cr,W)O_2$	P. Gelb 163	gelb	
Mangantitanbraun	$(Ti,Mn,Sb)O_2$	P. Gelb 164	gelb-braun	
Bismutvanadat	$BiVO_4/(Bi,Mo,V)O_3$	P. Gelb 184	gelb	
Nickel-Wolfram-Titan-Rutil	$(Ti,Ni,W)O_2$	P. Gelb 189	gelb	
Niob-Zinn-Pyrochlor	Nicht genau bekannt	PY 227	gelb	US 8,192,541
Zinn-Titan-Zink-Oxid	$ZnTiZnO_{2-x}$	P. Orange 82	orange	
Zinn-Zink-Rutil	Nicht genau bekannt	PY 216	orange	WO 2011/156362
Bismut ...	Bi ...	P. Orange 86	orange	Enthält Bismut, Zusammensetzung noch nicht bekannt
Spinellblau/ Kobaltblau	$CoAl_2O_4$ $Co(Al,Cr)_2O_4$	P. Blau 28 P. Blau 36	blau/rotstichig blau/grünstichig	
Kobaltstannat	Co_2SnO_4	P. Blau 35	blau	
Kobalt-Zink-Aluminium-Spinell	$(Co,Zn)Al_2O_4$	P. Blau 72	blau	
Kobaltgrün	$CoCr_2O_4$	P. Grün 26	grün	
Spinellgrün	$(Co,Ni,Zn)_2TiO_4$	P. Grün 50	grün	
Eisen-Manganbraun	$Mn_2O_3{\cdot}Fe_2O_3$ $Fe(OH)_2$	P. Braun 7 + 8	braun	
Chromtitangelb	$(Ti,Cr,Sb)O_2$	P. Braun 24	orangegelb	
Eisen-Chrombraun	$(Fe,Cr)_2O_3$	P. Braun 29	braun	
Zink-Eisen-Chromit-Spinell	$(ZnFe)(FeCr)_2O_4$	P. Braun 33	braun	

Tabelle 6.2 Mittlerer Brechungsindex von Weißpigmenten und Füllstoffen in Kunststoff

Pigment	Colour Index Nummer	mittlerer Brechungsindex
Antimonoxid (Sb_2O_3)	Pigment Weiß 11	2,19
Bariumsulfat ($BaSO_4$)	Pigment Weiß 21	1,64
Bleiweiß (basisches Bleicarbonat)	Pigment Weiß 1	2,01
Kieselsäure (SiO_2)	Pigment Weiß 27	1,55
Kreide ($CaCO_3$)	Pigment Weiß 18	1,58
Titandioxid – Anatas (TiO_2)	Pigment Weiß 6	2,55
Titandioxid – Rutil (TiO_2)	Pigment Weiß 6	2,70
Zinkoxid (ZnO)	Pigment Weiß 4	2,00
Zinksulfid (ZnS)	Pigment Weiß 7	2,37
Zirkondioxid (ZrO_2)	Pigment Weiß 12	2,40

Diese Grenze ist variabel und vom jeweiligen Medium abhängig, weil die verschiedenen Medien, wie z. B. Kunststoffe, Alkydharze, Cellulose, PET-Fasern etc., ihrerseits ebenfalls unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.

Von den Weißpigmenten werden gute optische Eigenschaften wie hohes Streuvermögen, hohes Deckvermögen, gutes Aufhellvermögen sowie hohe Helligkeit, geringer Farbstich und hoher Weißgrad verlangt. Die wohl wichtigste Größe ist hierbei das Streuvermögen, das wiederum von der Brechzahl, von der Primärteilchengröße sowie -verteilung und Dispergierzustand abhängt. Das Streuvermögen ist somit keine absolute Größe sondern wegen der Abhängigkeiten, z. B. von der Brechzahl, ein relativer Wert. Die anderen Parameter wie Deckvermögen, Helligkeit, Farbstich sowie Weißgrad sind mehr oder weniger vom Streuvermögen abhängig.

Obwohl die anorganischen Pigmente sich vergleichsweise zu den organischen Pigmenten leicht dispergieren lassen, werden die meisten Pigmente, auch die Weißpigmente, nachbehandelt. Durch eine Nachbehandlung wird die Dispergierung der Primärteilchen und Aggregate in der Kunststoffschmelze erleichtert. Je vollständiger die Dispergierung ist, desto optimaler ist die Ausnutzung des Farbstärkepotenzials des jeweiligen Pigments, d. h. desto wirtschaftlicher ist sein Einsatz.

Die nachfolgende kurze Charakterisierung der einzelnen Weißpigmente bzw. Füllstoffe erfolgt aus systematischen Gründen in alphabetischer Reihenfolge.

Aluminiumsilikat, Kaolin ($Al_2Si_2H_4O_9$) – Pigment Weiß 19/77004; CAS 1332-58-7; EC-No. 310-194-1

Füllstoff, außerdem wird Aluminiumsilikat als Rohstoff bei der Ultramarinherstellung eingesetzt.

Antimonoxid (Sb_2O_3) – Pigment Weiß 11/77052; CAS 1309-64-4; EC-No. 215-175-0

Dieses Pigment darf aus toxikologischen Gründen (ist als kanzerogen eingestuft) nicht mehr eingesetzt werden. Eine gewisse Verwendung findet es noch als Co-Flammschutzmittel in technischen Teilen.

Die Gefahrenkennzeichnung gemäß der ECHA-Datenbank lautet: [3]

Warning! According to the harmonised classification and labelling (CLP00) approved by the European Union, this substance is suspected of causing cancer.

Additionally, the classification provided by companies to ECHA in REACH registrations identifies that this substance may damage fertility or the unborn child, causes damage to organs through prolonged or repeated exposure and is harmful to aquatic life with long lasting effects.

Bariumsulfat (Blanc Fixe, $BaSO_4$) – Pigment Weiß 21/77120; CAS 7727-43-7; EC-No. 231-784-4

Eigenschaften: Bariumsulfat kommt in der Natur als Baryt bzw. Schwerspat vor. Es zeichnet sich durch eine relativ hohe Dichte von ca. 4,3 bis 4,6 g/cm^3 aus. Die Härte nach Mohs beträgt ca. 2,5 bis 3,5. Bariumsulfat ist im Vergleich zu den anderen anorganischen Pigmenten recht weich, was günstig hinsichtlich Abrieb bei der Kunststoffverarbeitung ist. Chemisch ist es sehr inert und weist eine sehr gute Licht- und Wetterbeständigkeit auf. Die thermische Beständigkeit ist ebenfalls sehr gut (über 300 °C). Aufgrund seiner geringen Neigung zur Agglomeratbildung lässt es sich leicht dispergieren.

Anwendung: Bariumsulfat wird nicht als Weißpigment für die Kunststoffeinfärbung betrachtet, sein Brechungsindex ist zu niedrig. Eingesetzt wird es jedoch in speziellen Fällen, z. B. bei Lampenabdeckungen, weil es wegen seiner geringen Opazität einerseits die geforderte Transparenz liefert, andererseits ein gewisser Grad an Lichtstreuung vorhanden ist. Aus der Kombination dieser Eigenschaften resultiert die erwünschte diffuse Lichtstreuung.

Im Handel sind zwei Typen erhältlich, entweder natürliches, fein vermahlenes oder synthetisches, gefälltes Bariumsulfat. Für die Kunststoffeinfärbung wird der letztere Typ, in unterschiedlichen Korngrößen verfügbar, bevorzugt. Hauptsächlich wird es als Verarbeitungshilfe in Farbpräparationen verwendet, weil es das Fließverhalten der Vormischung bei der Masterbatchfertigung, speziell bei einer hohen

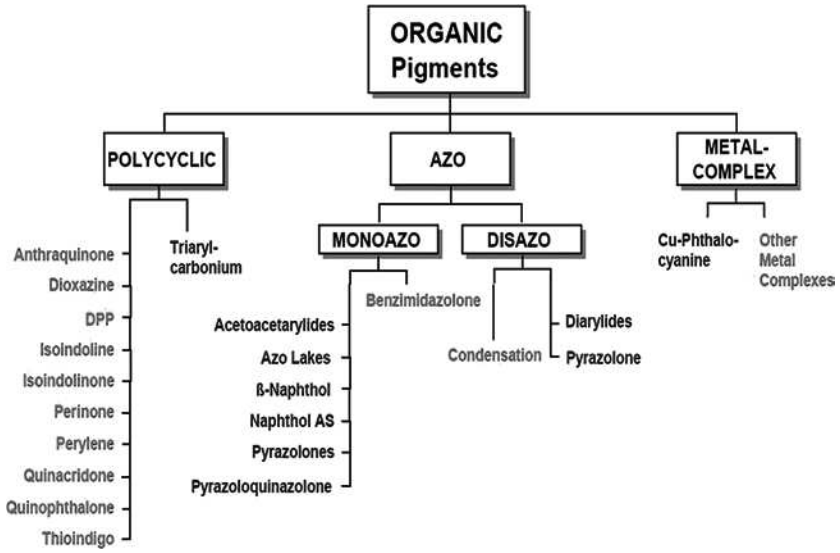


Bild 7.1 Einteilung der organischen Pigmente nach chemischen Gesichtspunkten

7.1 Azopigmente

Das Kennzeichen aller Azopigmente ist die Azogruppe [-N=N-] im Molekül. Liegt nur eine Azogruppe vor, so werden sie als Monoazopigmente, bei zwei Azogruppen als Disazopigmente bezeichnet. Es sind keine Produkte auf dem Markt, die mehr als zwei Azogruppen enthalten. [52] [53]

Für Monoazopigmente resultiert daraus die Basisformel [R‘-N=N-R‘‘] und für Disazopigmente [R‘-N=N-R‘‘-N=N-R‘‘‘]. R‘, R‘‘ und R‘‘‘ stellen die unterschiedlichsten Bausteine mit vielen Varianten an Substituenten dar. Die chemische Konstitution der Bausteine dient zur weiteren Unterteilung sowohl bei den Azopigmenten als auch bei den polycyclischen Pigmenten. Neben den unverlackten Azopigmenten gibt es auch die so genannten verlackten Azopigmente. Bei den verlackten Azopigmenten enthält mindestens ein Baustein einen Säurerest als Substituent. Der Säurerest wird mit einer schwachen Base neutralisiert, dazu werden bevorzugt Erdalkalimetallhydroxyde eingesetzt.

Wir kennen bei den Azopigmenten die folgenden Untergruppen:

- *Monoazopigmente*
  - Monoacetoacetarylpigmente
  - Monoazopyrazolonpigmente

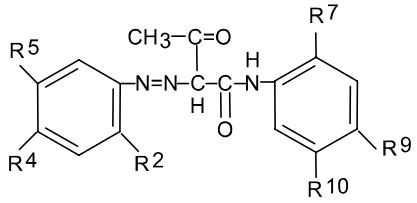
- β-Naphtholpigmente
- Naphtholpigmente
- Benzimidazolpigmente
- *Disazopigmente*
  - Disazodiarylpigmente
  - Bisacetoacetarylpigmente
  - Disazopyrazolonpigmente
  - Disazokondensationspigmente
- *Verlackte Azopigmente*
  - β-Naphtholpigmente
  - Monoacetoacetarylpigmente
  - Pyrazolonpigmente

Aus den zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Bausteine, einschließlich der unterschiedlichen Substituenten an den Bausteinen, ergibt sich eine Vielzahl an Pigmenten. Die Farbtöne der Azopigmente reichen von gelb über orange bis rot bzw. braun mit vielen Farbnuancen.

7.1.1 Monoazopigmente

7.1.1.1 Monoacetoacetarylpigmente

Die Pigmente nach der Basisformel 7.1 besitzen eine gewisse historische Bedeutung, denn die ersten, auf dem Markt angebotenen Azopigmente gehörten diesem Grundschema an.



(7.1)

Wegen der zu niedrigen thermischen Stabilität und/oder anderer Eigenschaften, beispielsweise zu geringe Migrationsechtheit, kommen aus dieser relativ großen Gruppe nur wenige Produkte für die Kunststoffeinfärbung in Frage, und das auch noch nur bedingt.

Tabelle 7.1 Auflistung der Substituenten für die Pigmente gemäß Basisformel 7.1

Colour Index Nummer	Substituent					
	R^2	R^4	R^5	R^7	R^9	R^{10}
P. gelb 49	CH_3	Cl	H	OCH_3	Cl	OCH_3
P. gelb 97	OCH_3	$SO_2NH\text{-}C_6H_5$	OCH_3	OCH_3	Cl	OCH_3
P. gelb 116	Cl	$CONH_2$	H	H	$NHCOCH_3$	H

Pigment Gelb 49/11765; CAS 2904-04-3; EC-No. 220-802-6

N-(4-chloro-2,5-dimethoxyphenyl)-2-[(4-chloro-o-tolyl)azo]-3-oxobutyramide

Eigenschaften: Grünstichiges Gelb, gute Lichtechtheit.

Anwendung: Wird nur bei der Viskosespinnfärbung bzw. in Viskosefolien eingesetzt [1] [71].

Pigment Gelb 97/11767; CAS 12225-18-2; EC-No. 235-427-3

N-(4-chloro-2,5-dimethoxyphenyl)-2-[[2,5-dimethoxy-4-[(phenylamino)sulphonyl] phenyl]azo]-3-oxobutyramide

Eigenschaften: Gelb, mittlere Farbstärke, kein Verzug in PE-HD, nicht ganz migrationsecht in PVC-P.

Mittlere bis gute Temperaturbeständigkeit, in PE-HD ca. 240 °C. In PS kann das Pigment bei praxisgerechter Pigmentkonzentration und Temperaturen über 200 °C nahezu vollständig in Lösung gehen, dabei kommt es zu einer Farbtonverschiebung.

Gute Lichtbeständigkeit, 6 – 7 (Purton)/8 (Aufhellung) in PVC, 7/7 in PE und 7 – 8/5 in PS.

Anwendung: PVC-U (in PVC-P sollte die Tendenz zur Migration bei sehr geringer Pigmentkonzentration beachtet werden), Polyolefinen, PS, ABS, PMMA, Epoxidharze, ungesättigte Polyester.

Pigment Gelb 116/11790; CAS 30191-02-7; EC-No. 250-088-1

4'-acetamido-2-[(5-carbamoyl-2-chlorophenyl)azo]acetoacetanilide

Eigenschaften: Rotstichiges Gelb, nicht ganz migrationsecht in PVC-P.

Sehr niedrige thermische Beständigkeit, ca. 180 °C

Sehr gute Lichtbeständigkeit, 7 – 8 (Purton)/6 (Aufhellung) in PVC.

Anwendung: Die Anwendung beschränkt sich wegen der niedrigen thermischen Stabilität von ca. 180 °C praktisch auf PVC. Inwiefern das Pigment auch noch in leichtfließenden PE-LD- oder PS-Typen einsetzbar ist, muss vorher überprüft werden.

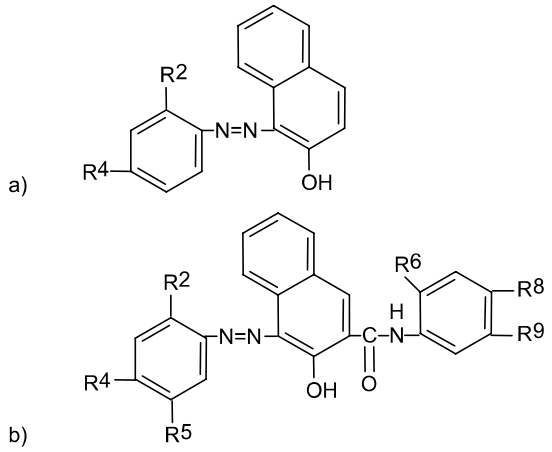
7.1.1.1.1 Monoazopyrazolonpigmente

Die unverlackten Monoazopyrazolonpigmente spielen in der Kunststoffeinfärbung keine Rolle

7.1.1.1.2 β-Naphtholpigmente/Naphtholpigmente

Diese beiden Gruppen lassen sich zusammenfassen, denn chemisch sind sie sehr eng verwandt. Während die β-Naphtholpigmente keinen weiteren Substituenten an der Naphtholgruppe aufweisen, folglich sehr einfach aufgebaut sind (Basisformel 7.2 a)), sind die Naphtholpigmente wesentlich komplexer. Sie weisen in m-Stellung zur Azogruppe am Naphtholring zusätzliche Substituenten auf, außerdem ist an der Diazokomponente ein weiterer Substituent (R^5) vorhanden.

Von den einfach gebauten β-Naphtholpigmenten (Basisformel 7.2 a)) sind nur die beiden nachstehenden Pigmente zur Kunststoffeinfärbung bedingt geeignet. Weitere β-Naphtholpigmente kommen nicht in Frage. Die Gründe sind: Zu niedrige thermische Stabilität und/oder ungenügende Migrationsbeständigkeit und/oder sonstige negative Eigenschaften.



(7.2)

Pigment Orange 5/12075; CAS 3468-63-1; EC-No. 222-429-4

1-[(2,4-dinitrophenyl)azo]-2-naphthol

Eigenschaften: Gute Lichtbeständigkeit, 8 (Purton)/6 (Aufhellung) in PVC, sehr niedrige thermische Beständigkeit.

Anwendung: Nur für PVC-U geeignet.

Pigment Rot 3/12120; CAS 2425-85-6; EC-No. 219-372-2

1-(4-methyl-2-nitrophenylazo)-2-naphthol

Eigenschaften: Relativ gute Lichtbeständigkeit, aber sehr niedrige thermische Beständigkeit.

Anwendung: Nur für PVC-U geeignet.

Kügelchen, die nach der Vermahlung sehr regelmäßige „Silberdollar“-Typen mit glatten Kanten ergeben. [3]

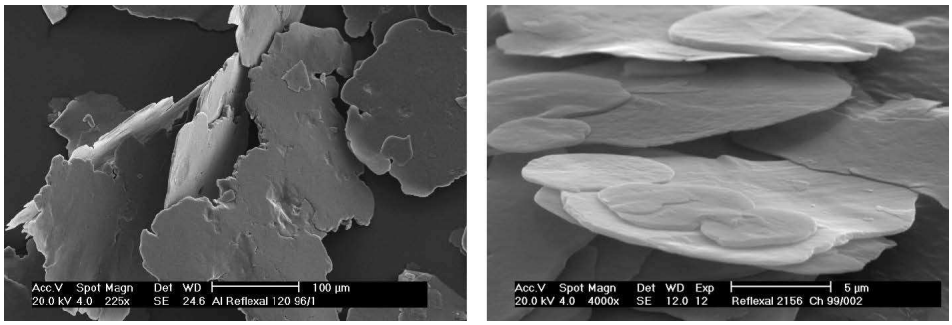


Bild 8.2 Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Aluminiumpigment-Plättchen
links: grobes Aluminiumpigment, Cornflake (Maßstab 100 µ)
rechts: feines Aluminiumpigment, Silberdollar (Maßstab 5 µ)

Die Silberdollar-Typen sind stabiler, verbiegen sich bei der Verarbeitung weniger und ergeben den besseren Metallic-Effekt.

Durch Beschichtung der Aluminium-Plättchen mit Aluminiumhydroxiden und Siliciumoxidhydraten ist es möglich noch hellere Aluminiumpigmente herzustellen. [4]

Die Echtheitseigenschaften der reinen Aluminiumpigmente sowie ihre Temperaturbeständigkeit sind sehr gut. [5] [6] [7] [8] [9]

Eine neuere Entwicklung besteht aus einem Aluminiumkern der ungefähr 20 nm dick ist. Eingehüllt ist der Kern mit einer Siliziumdioxidbeschichtung und einer Eisenoxidbeschichtung. Die Interferenz kommt durch die Eisenoxidbeschichtung zustande und zwar durch die direkte Einstrahlung und durch Reflektion am Aluminium.

Das Besondere an diesem Pigment ist:

Es verfügt über ein außerordentlich hohes Deckvermögen (das höchste Deckvermögen für ein Perlglanzpigment das heute bekannt ist), da es sehr dünn ist und über einen ausgezeichneten Flop verfügt, da es sehr gleichmäßig aufgebaut ist und eine ganz geringe Schichtdickenverteilung hat. Im Gegensatz zu anderen Effektpigmenten die einen Aluminiumkern haben, ist es kein Gefahrgut. Es hat eine hohe Lagerstabilität und ist als Pulver verfügbar. Eine Phlegmatisierung durch ein Lösemittel ist nicht notwendig, das bedeutet es ist zur Masseneinfärbung von Kunststoffen geeignet (im Gegensatz zu herkömmlichen aluminiumbasierten Perlglanzpigmenten). [21]

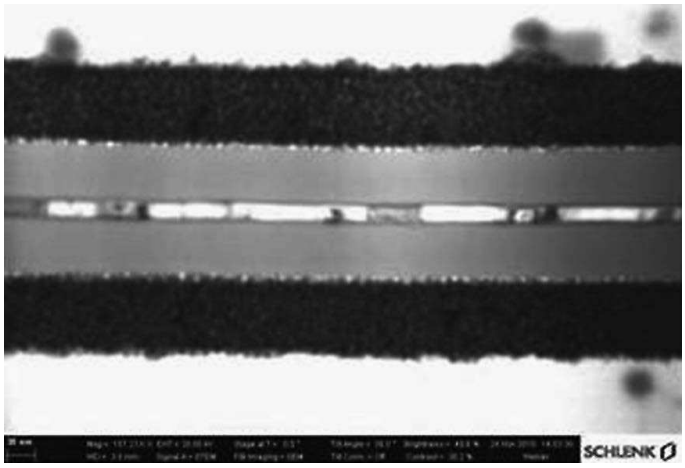


Bild 8.3 Aluminiumflakes, beschichtet mit Siliciumdioxid und Eisenoxid [21]

Kupfer, Kupfer-Zinn- bzw. Kupfer-Zinklegierungen, Pigment Metall 2/77400; CAS 7440-50-8; EC-No. 231-159-6

Diese Pigmente weisen eine, zu den Aluminiumpigmenten ganz analoge Empfindlichkeit gegen Oxidation und Angriff durch Luftschadstoffe auf. Dabei verfärbt sich die Metalloberfläche durch Bildung dunkler, meist matter Oxide bzw. Sulfide. Aber auch mit anderen Rezepturbestandteilen der Farbpräparation und/oder mit Zuschlagstoffen im Kunststoff können die Legierungen reagieren. Diese Empfindlichkeiten ließen sich theoretisch durch eine Änderung der Legierungszusammensetzung beseitigen. Der Weg ist nicht gangbar, weil sich dann nicht nur die Farbe in unerwünschte Bereiche verschiebt, sondern auch die Härte der Legierung steigt zu stark an. Der starke Anstieg der Legierungshärte wirkt sich sehr negativ auf den notwendigen Zerkleinerungsschritt während der Herstellung dieser Metallpigmente aus. Zum Schutz gegen Angriffe durch Umwelteinflüsse werden die Messing- und Bronzepigmente mit einer dünnen, transparenten Lackschicht überzogen bzw. in eine Polymermatrix eingearbeitet [5].

Die Messing- bzw. Bronzepigmente sind in unterschiedlichen Korngrößenbereichen sowie Farbnuancen lieferbar. Ihre Echtheitseigenschaften sowie Wärmestabilität sind gut.

Der gewünschte Metalleffekt kommt desto ausgeprägter zur Geltung je transparenter die jeweilige Kunststofftype ist. Sehr opake bzw. gefüllte Kunststoffe können mit Metallpigmenten eingefärbt werden, der erzielte Effekt ist aber nicht besonders ausgeprägt, außerdem werden höhere Pigmentkonzentrationen benötigt.

Der Metalleffekt ist abhängig von der Korngröße und somit in Grenzen steuerbar. Die feinen Pigmente erzeugen eine sehr einheitliche Optik, verbunden mit einem

9 Farbstoffe

Farbstoffe sind definitionsgemäß im Anwendungsmedium, d. h. im Kunststoff, lösliche Farbmittel. Sie gehen bei der jeweiligen Verarbeitungstemperatur völlig in Lösung, und mögliche Kristall-Strukturen sind wegen ihrer molekularen Verteilung nicht mehr erkennbar. Die Praxis zeigt, dass eine Differenzierung der organischen Farbmittel in Pigment und Farbstoff nicht immer eindeutig ist. In Abhängigkeit vom Polymer und/oder Verarbeitungstemperatur können Pigmente teilweise oder sogar vollständig in Lösung gehen. In so einem Fall stellt das Pigment de facto einen Farbstoff dar. Ein Beispiel ist das *Pigment rot 254* (DPP-Rot), das in den meisten Kunststoffen als Pigment ein kräftiges Rot ergibt, in Polycarbonat jedoch geht das Pigment bei Temperaturen über ca. 320 °C vollständig in Lösung und es entsteht dabei ein kräftiges, fluoreszierendes Gelb.

Für die Kunststoffeinfärbung kommen nur organische, wasserunlösliche Farbstoffe in Frage. Die Betonung von *wasserunlöslich* ist wichtig, weil anderenfalls die Farbe, z. B. bei Bedarfsgegenständen, Verpackungsmaterialien und/oder Spielzeug, durch Wasserberührung herausgelöst würde. Darüber hinaus ist bei Verpackungsmaterialien Vorsicht geboten, wenn das Füllgut lösemittelhaltig ist. Organische Farbstoffe sind in den verschiedensten Lösemitteln teilweise gut löslich. Bei einem Einsatz von Farbstoffen in Verpackungsmaterialien wird daher empfohlen, anhand praxisgerechter Lagertests zu überprüfen, ob ein Herauslösen der Farbe zu erwarten ist. Aber auch beim Bedrucken von Fertigteilen mit lösemittelhaltigen Druckfarben sind Probleme nicht immer völlig auszuschließen, vor allem dann wenn durch das eingesetzte Lösemittel der eingefärbte Kunststoff oberflächlich angelöst oder angequollen werden sollte.

Die Anforderungen an Farbmittel, einschließlich Farbstoffe, wurden bereits in den Kapiteln 4. und 5. beschrieben. Darüber hinaus weisen Farbstoffe noch ein paar Besonderheiten auf.

Während bei Pigmenten zum Wechselspiel von Absorption und Reflexion noch eine Lichtstreuung am Pigmentteilchen (Kristall) hinzukommt, der sog. Tyndall-Effekt, zeigen transparente Einfärbungen nur das für den Farbeindruck wesentliche Wechselspiel zwischen Absorption und Reflexion (Bild 9.1).

Der Einsatz von Farbstoffen ist auf amorphe Kunststoffe, d. h. Kunststoffe mit einer hohen Glasübergangstemperatur, beschränkt (Tabelle 9.1). Aus teilkristallinen Kunststoffen, z. B. Polyolefinen, würden Farbstoffe direkt migrieren.

Farbstoffe migrieren deshalb nicht aus amorphen Polymeren, weil die während der Verarbeitung entstandene *Farbstofflösung* auch nach dem Abkühlen, d. h. während des normalen Gebrauchs, stabil ist. Die Farbstoffmoleküle sind im amorphen (eingefrorenen) Thermoplasten so fest fixiert, dass weder eine Rekristallisation noch eine Wanderung an die Oberfläche, d. h. Migration, stattfinden kann bzw. zumindest äußerst erschwert ist. Experimentell lässt sich die Fixierung nachvollziehen. Wird ein mit Farbstoff eingefärbter Thermoplast längere Zeit oberhalb seiner Glasübergangstemperatur getempert, so lassen sich verstärkt Migrationserscheinungen beobachten. Durch das Tempern wird der eingefrorene Zustand des amorphen Kunststoffs aufgehoben, die Beweglichkeit der Polymerketten und damit auch die Beweglichkeit der Farbstoffmoleküle nimmt stark zu.

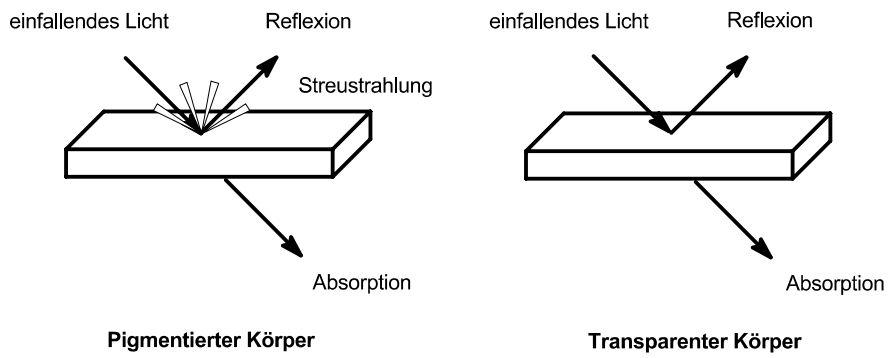


Bild 9.1 Unterschiede im optischen Verhalten von Pigmenten und Farbstoffen

Tabelle 9.1 Glasübergangstemperaturen einiger Kunststoffe

Polymer	Glasübergangstemperatur in °C
Glas	500 bis 700
PS	90 bis 100
ABS/SAN	95 bis 105
PMMA	105 bis 120
PC	145 bis 150
PVC-U	70 bis 80
PA 6	60 bis 70
PE (amorph)	−100 bis − 80
PP (isotaktisch, 55 % Kristallanteil)	0 bis 20
PET	85 bis 95
PBT	45 bis 60
POM	65 bis 75