

HANSER



Leseprobe

zu

„Kunststoffeinfärbung“

von Günter Etzrodt und Albrecht Müller

ISBN (Buch): 978-3-446-45462-0

ISBN (E-Book): 978-3-446-45714-0

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45462-0>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

Der Autor	XI
Vorwort	XIII
1 Einleitung	1
2 Die Begriffe Farbe und Farbmessung	3
2.1 Grundlagen der Farbmessung	6
2.1.1 Spektralphotometer	6
2.1.2 CIELAB-Methode	7
2.1.3 Einflüsse der Probenbeschaffenheit und Temperatur bei der Farbmessung [3]	8
3 Kunststoffe	11
3.1 Entwicklungsgeschichte	11
3.2 Thermoplastische Polymere	14
3.2.1 Chemische Zusammensetzung und Materialeigenschaften	15
3.2.1.1 Polyvinylchlorid	15
3.2.1.2 Polyolefine	16
3.2.1.3 Polyethylen	16
3.2.1.4 Polypropylen	16
3.2.1.5 Styrolpolymere und Styrol-Copolymerisate	17
3.2.1.6 Acrylharze	17
3.2.1.7 Polyamide	17
3.2.1.8 Polycarbonate	18
3.2.1.9 Sonstige thermoplastische Kunststoffe	18
3.3 Biokunststoffe	22
4 Grundlagen der Farbmittel	27
4.1 Allgemeine Eigenschaften	27
4.2 Farbmittel	28
4.3 Anforderungen an Farbpräparationen	31
4.4 Colour Index	33

5	Anforderungen an Farbmittel und Prüfmethode	35
5.1	Farbstärke	35
5.2	Transparenz/Lasur	37
5.3	Deckvermögen	37
5.4	Chemische Beständigkeit	38
5.5	Lichtechtheit/Wetterechtheit	40
5.6	Thermische Beständigkeit	46
5.7	Migrationsechtheit	50
5.8	Schwindung/Verzug	52
5.9	Abrasivität	55
5.10	Dispergierbarkeit	56
5.11	Viskositätsverhalten in der Kunststoffschmelze (Melt-Flow-Index)	58
5.12	Metamerie	59
5.13	PH-Wert	61
5.14	Leitfähigkeit	61
6	Anorganische Pigmente	63
6.1	Weißpigmente	68
6.2	Schwarzpigmente	78
6.3	Buntpigmente	85
6.3.1	Blaue anorganische Pigmente	85
6.3.2	Braune anorganische Pigmente	87
6.3.3	Gelbe anorganische Pigmente	92
6.3.4	Grüne anorganische Pigmente	98
6.3.5	Rote/Orange anorganische Pigmente	100
6.3.6	Violette anorganische Buntpigmente	103
7	Organische Pigmente	107
7.1	Azopigmente	109
7.1.1	Monoazopigmente	110
7.1.1.1	Monoacetoacetarylpigmente	110
7.1.1.2	Disazopigmente	123
7.1.1.3	Verlackte Azopigmente	133
7.1.2	Polycyclische Pigmente	142
7.1.2.1	Phthalocyaninpigmente	143
7.1.2.2	Quinacridonpigmente	147
7.1.2.3	Perylenpigmente	150
7.1.2.4	Perinonpigmente	154
7.1.2.5	Thioindigopigmente	155
7.1.2.6	Dioxazinpigmente	156
7.1.2.7	Triarylcarboniumpigmente	158
7.1.2.8	Diketopyrrolopyrrolpigmente (DPP)	158

7.1.3	Diverse Einzelpigmente	160
7.1.3.1	Metallkomplexpigmente	160
7.1.3.2	Isoindolin-/Isoindolinonpigmente	163
7.1.3.3	Aminoanthrachinonpigmente	165
7.1.3.4	Indanthronpigmente	166
7.1.3.5	Flavanthronpigmente	167
7.1.3.6	Pyranthronpigmente	167
7.1.3.7	Anthanthronpigmente	167
7.1.3.8	Chinophthalonpigmente	168
7.1.3.9	Weitere Einzelpigmente mit bekannter Struktur	168
8	Funktionale Pigmente	171
8.1	Metallpigmente	172
8.2	Perlglanzpigmente	175
8.3	Sonstige Effektpigmente	182
8.4	Leitfähige Pigmente	182
8.5	Laser-Technik	183
8.5.1	Pigmente für die Laserbeschriftung	183
8.5.2	Laser-Schweißen von Thermoplasten	186
8.6	Nachleuchtende Pigmente	190
8.6.1	Phosphoreszierende Pigmente	190
8.7	Funktionale Pigmente für das Wärmemanagement	192
8.8	Effektfarbmittel	193
8.8.1	Tagesleuchtfarben	193
8.8.2	Optische Aufheller	195
8.8.3	Sprenkeeffektpigmente	197
8.8.4	Thermofarben	198
8.8.5	Marmorbatche	199
9	Farbstoffe	201
9.1	Blau	208
9.2	Braun	211
9.3	Gelb	211
9.4	Grün	215
9.5	Orange	217
9.6	Rot	218
9.7	Violet	221
9.8	Schwarz	223

10 Füllstoffe	225
10.1 Eigenschaften von Füllstoffen	225
10.2 Füllstoffe zur Verarbeitung in Kunststoffen	227
10.3 Beeinflussung von Fertigteileigenschaften durch Füllstoffe	227
10.4 Herstellung von Füllstoffen	232
10.5 Eigenschaften wichtiger Füllstoffe	232
10.6 Sonstige Füllstoffe	238
10.7 Kunststofftechnologische Eigenschaften wichtiger Füllstoffe	239
11 Zuschlagstoffe für Kunststoffe	243
11.1 Antimikrobielle Substanzen	244
11.2 Antistatika	245
11.3 Flammenschutzmittel	248
11.4 Dispergier-, Gleit- und Trennmittel	249
11.5 Nukleierungsmittel	250
11.6 Stabilisatoren	251
11.7 Treibmittel	256
11.8 Weichmacher	257
12 Pigmentpräparationen	259
12.1 Präparationstyp	260
12.1.1 Monopigmentpräparationen, Farbkonzentrate	260
12.1.2 Granulatpräparationen/Masterbathe	262
12.1.3 Flüssigfarben	267
12.1.4 Pulverpräparationen	270
12.1.5 Bewertung der Präparationen	271
12.1.6 Qualitätssicherung von Pigmentpräparationen	272
13 Verarbeitungsmethoden von pigmentierten Kunststoffen	273
13.1 Spritzgießen	274
13.2 Extrudieren	275
13.3 Blasformen	277
13.4 Kalandrieren	278
13.5 Rotationsformen	279
13.6 Schmelzspinnen	279
13.7 Verarbeitungsfehler und Abhilfe	280
14 Qualitätsmanagement	287
14.1 DIN ISO 9000	287
14.1.1 Prozessorientierter Ansatz	288
14.1.2 Beziehung zu ISO 9004	289

14.1.3	ISO 9001:2015	292
14.1.3.1	Strategische Ausrichtung der Organisation	292
14.1.3.2	Erweiterung der Zielgruppen	292
14.1.3.3	Prozessmanagement wird wichtiger	292
14.1.3.4	Verteilung der Verantwortlichkeiten	293
14.1.3.5	Risikomanagement	293
14.1.3.6	Wissensmanagement	293
14.1.3.7	Dokumentation – Papier-QM-Handbuch war gestern	293
14.1.3.8	Fazit	294
14.2	Umweltmanagementsysteme	294
14.2.1	DIN EN ISO 14001:2009	294
14.3	Sicherheitsdatenblatt	298
14.3.1	Sicherheitsdatenblätter (SDB)	298
14.3.2	Zweck	298
14.3.3	Format des Sicherheitsdatenblatts	300
15	Chemikaliensicherheit, CLP-Verordnung, Toxikologie	305
15.1	REACH-Verordnung	305
15.1.1	Grundlagen	305
15.1.2	Der Geltungsbereich	306
15.1.3	Missbrauch	307
15.1.4	Die Registrierung	307
15.1.5	Der Stoffsicherheitsbericht	308
15.1.6	Risikobeschreibung	309
15.1.7	Internetzugang zu den REACH-Daten	309
15.1.7.1	Informationspflichten	310
15.2	Die CLP-Verordnung	310
15.3	Toxikologie	312
15.3.1	Akute Toxizität	313
15.3.2	Chronische Toxizität	314
15.3.3	Mutagenität	315
15.3.4	Teratogenität/Embryotoxizität	315
15.3.5	Generationsversuch	315
15.3.6	Ökologie	315
16	Gesetze und Regulierungen	317
16.1	Spielzeugrichtlinie	317
16.2	DIN EN 71-3; 2017-10	319
16.3	EU AP (89) 1	319
16.4	VERORDNUNG (EG) Nr. 975/2009	320
16.5	Verordnung (EU) Nr. 10/2011	321
16.6	Richtlinie 2002/61/EG (Azo)	324
16.7	RICHTLINIE 2011/65/EU	325

16.8 Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB)	325
16.9 BfR IX.	326
16.10 Verpackungsrichtlinie	327
16.11 Gefahrstoffverordnung	328
16.12 CONEG	333
Index	335

Der Autor

Dr. rer. nat. Günter Etzrodt ist Geschäftsführer und Inhaber der Firma Pigments. Consulting UG (haftungsbeschränkt) mit Sitz in Stuttgart. Nach 35-jähriger Tätigkeit bei der BASF SE in leitenden Funktionen in den unterschiedlichsten Arbeitsbereichen des Arbeitsgebiets Pigmente hat er die Firma Pigments.Consulting UG (haftungsbeschränkt) gegründet.

Er berät Pigmentproduzenten, Masterbatcher, Lackfabriken und sonstige Anwender von Pigmenten. Beim Qualitätsmanagement liegen die Schwerpunkte auf der Durchführung interner Audits sowie der Erstellung von „Food-Contact-Zertifikaten“ und Sicherheitsdatenblättern.

Die Beratungsleistungen umfassen Problemlösungen zur Produkt-, Verfahrens- und Prozessentwicklung, der Produktprüfung, der Erstellung von Prüfvorschriften und Produktanalysen. Er berät auch bei Patentfragen und arbeitet die Anmeldeunterlagen von Patenten und Gebrauchsmustern aus.

Die Durchführung technischer Seminare über die Verwendung von Pigmenten und Füllstoffen in Beschichtungen und zur Kunststoffeinfärbung gehört auch zu seinem Leistungsangebot.



Vorwort

Seit der ersten Auflage im Jahr 2002 gab es eine Reihe von Veränderungen bei den Regulierungswerken für die Kunststoffeinfärbung. Mit der Gründung der Europäischen Chemikalienbehörde (ECHA) und der Einführung von REACH wurde die toxikologische Einstufung von Chemikalien, und damit auch von Pigmenten, intensiv überarbeitet. Pigmente und Kunststoffe müssen registriert werden. Auf deutscher und europäischer Ebene gibt es eine Reihe neuer Regulierungen oder Änderungen bestehender Regulierungen, die die Kunststoffeinfärbung betreffen. Die Erstellung und Weitergabe von Sicherheitsdatenblättern ist nun verbindlich. Die vollständige Auflistung der bestehenden Regulierungen befindet sich im Kapitel 16 „Regulierungen“.

Das Buch „Einfärben von Kunststoffen“ von Herrn Dr. rer. nat. Albrecht Müller mit den Kapiteln über die Pigmente und Farbstoffe mit den ausführlichen Produkt- und Verwendungsbeschreibungen einschließlich der Summen- und Strukturformeln stellt die Basis des nun vollständig überarbeiteten Buches dar.

Die Anordnung der Kapitel wurde erneuert, um über das Thema Farbe und die Polymere zu den Pigmenten, den Farbstoffen und den funktionalen Pigmenten zu gelangen. Das Kapitel Füllstoffe wird sehr viel ausführlicher beschrieben. Die Themen Qualitätsmanagement und Umweltmanagement wurden neu erstellt.

Auch die Regelungen über Gefahrenhinweise wurden neu gefasst. Die DIN- und ISO-Normen wurden aktualisiert, neue Normen und Prüfmethode wurden aufgenommen. Die CLP-Verordnung wird ausführlich beschrieben.

Die Diskussion über Nanopartikel und die Methoden, wie diese zu messen sind, ist noch nicht abgeschlossen. Über mögliche kanzerogene Potentiale von Pigmentruß (Carbon Black) und Titandioxid wird diskutiert.

In der Wirtschaft hat es ebenfalls gravierende Veränderungen gegeben. Traditionelle europäische Pigmentproduzenten wurden von anderen Unternehmen übernommen oder aus Konzernen ausgegliedert. Der Kostendruck ist stark gestiegen, chinesische und indische Pigmenthersteller drängen in den Markt – zum Teil mit guten Qualitäten.

Völlig neue Pigment-Grundkörper sind, bis auf zwei neue anorganische orangefarbene Pigmente, seit dem Erscheinen der ersten Auflage im Jahr 2002 nicht auf den Markt gekommen. Die Pigment-Entwicklung konzentriert sich auf die Verbesserung der anwendungstechnischen Eigenschaften der Pigmente, wie Farbstärke, Dispergierbarkeit und Temperaturbeständigkeit sowie auf Variationen bei den Effektpigmenten. Themen wie Wärmemanagement sind hinzugekommen.

Die Kunststoffeinfärbung ist aber weiterhin ein Wachstumsmarkt, so dass sich die Beschäftigung mit diesem Arbeitsgebiet lohnt.

Günter Etzrodt, Juni 2018

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: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 18451 wie 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.

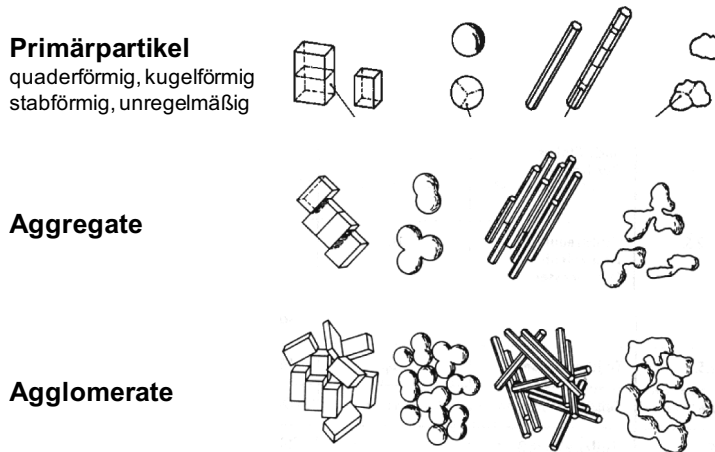


Bild 4.1 Primärpartikel, Aggregate und Agglomerate nach DIN EN ISO 18451-3:2014-07 [2]

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.

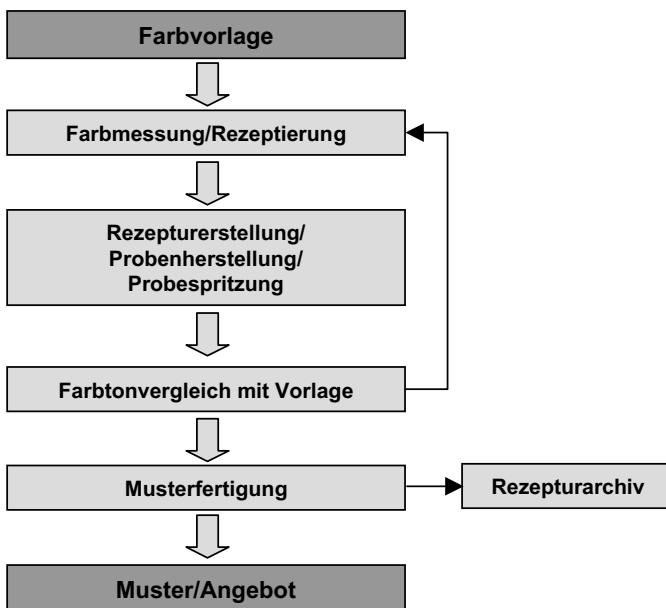


Bild 4.3 Ablaufschema für Farbeinstellungen

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 (AlSi 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 ₂ O 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	Cr ₂ O ₃	P. Grün 17	grün	abrasiv
Eisenoxidrot	α -Fe ₂ O ₃	P. Rot 101	rot	
Eisenoxidschwarz	Fe ₃ O 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 ₂ O ₄	P. Gelb 119	gelbbraun	
Nickel-Barium-Titanat	2NiO·3BaO·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 ₂ O ₄ Co(Al,Cr) ₂ O ₄	P. Blau 28 P. Blau 36	blau/rotstichig blau/grünstichig	
Kobaltstannat	Co ₂ SnO ₄	P. Blau 35	blau	
Kobalt-Zink-Aluminium-Spinell	(Co,Zn)Al ₂ O ₄	P. Blau 72	blau	
Kobaltgrün	CoCr ₂ O ₄	P. Grün 26	grün	
Spinellgrün	(Co,Ni,Zn) ₂ TiO ₄	P. Grün 50	grün	
Eisen-Manganbraun	Mn ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ Fe(OH) ₂	P. Braun 7 + 8	braun	
Chromtitangelb	(Ti,Cr,Sb)O ₂	P. Braun 24	orange-gelb	
Eisen-Chrombraun	(Fe,Cr) ₂ O ₃	P. Braun 29	braun	
Zink-Eisen-Chromit-Spinell	(ZnFe)(FeCr) ₂ O 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 ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_9$) – 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/cm³ 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 vermahlendes 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

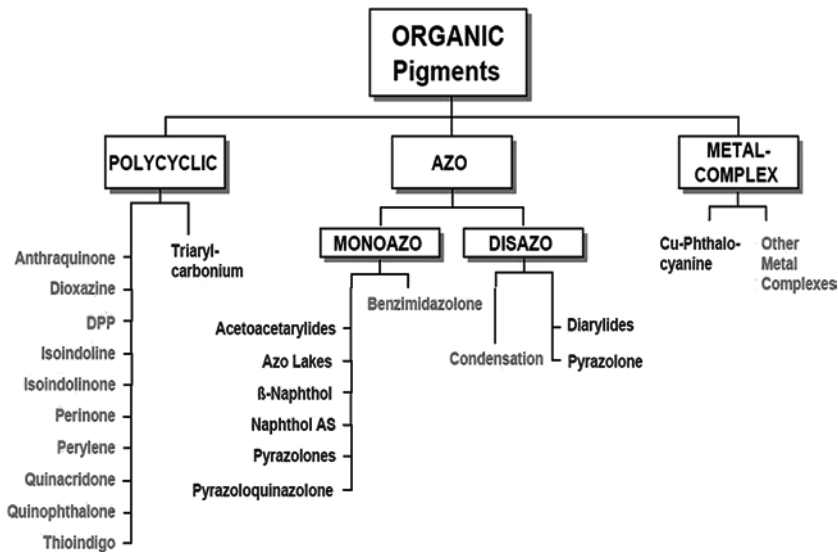


Bild 7.1 Einteilung der organischen Pigmente nach chemischen Gesichtspunkten

■ 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

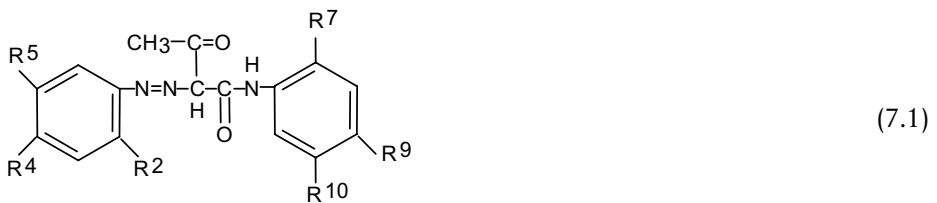
- β -Naphtholpigmente
- Naphtholpigmente
- Benzimidazolpigmente
- *Disazopigmente*
 - Disazodiarylpigmente
 - Bisacetoacetarylpigmente
 - Disazopyrazolonpigmente
 - Disazokondensationspigmente
- *Verlackte Azopigmente*
 - β -Naphtholpigmente
 - Monoacetoacetarylpigmente
 - Pyrazolonpigmente

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 Grundschemata an.



Wegen der zu niedrigen thermischen Stabilität und/oder anderer Eigenschaften, beispielsweise zu geringer Migrationsechtheit, kommen aus dieser relativ großen Gruppe nur wenige Produkte für die Kunststoffeffärbung 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 ₂ NH-C ₆ H 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.

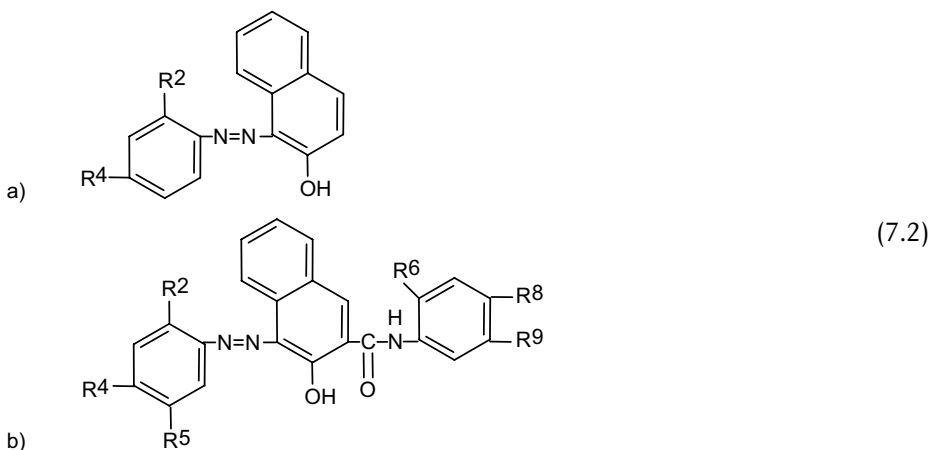
7.1.1.1.1 Monoazopyrazolonpigmente

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.



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]

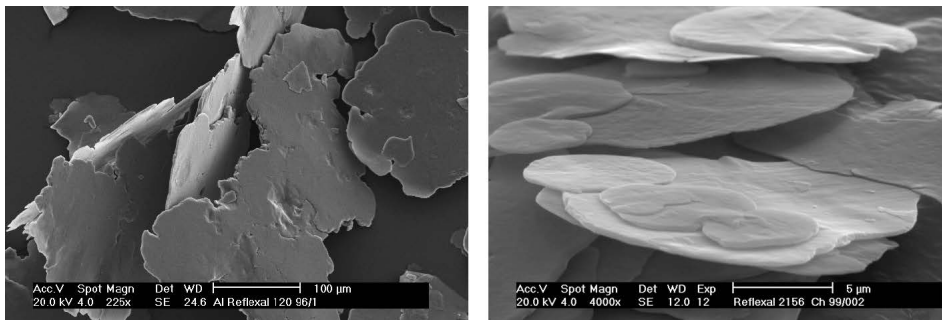


Bild 8.2 Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Aluminiumpigment-Plättchen
links: grobes Aluminiumpigment, Cornflake (Maßstab 100 µ)
rechts: feines Aluminiumpigment, Silberdollar (Maßstab 5 µ)

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]

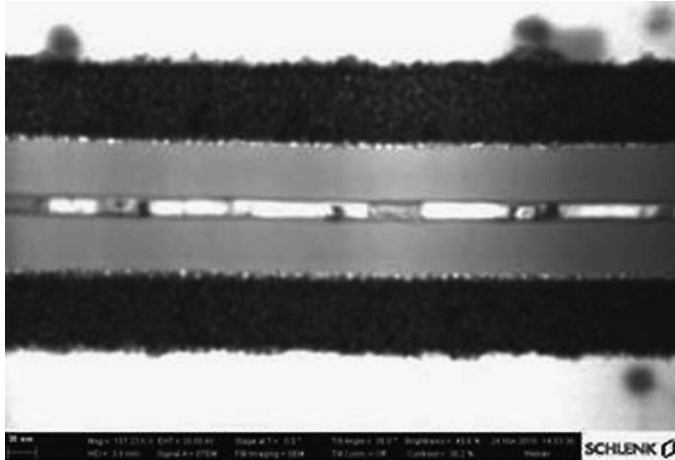


Bild 8.3 Aluminiumflakes, beschichtet mit Siliciumdioxid und Eisenoxid [21]

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.

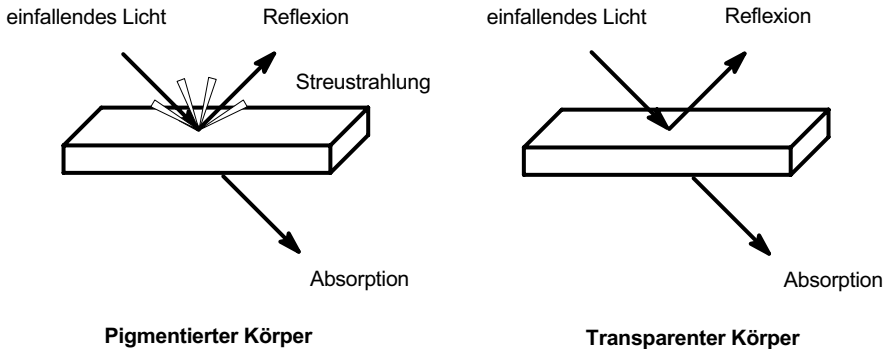


Bild 9.1 Unterschiede im optischen Verhalten von Pigmenten und Farbstoffen

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

Index

A

Abrasivität 35, 55
Absorption 5
Acrylharze 17
Adipinsäureester 257
Agglomerate 30
Aggregate 30
Alkohole 250, 267
Alkoholethoxylate 268
Alkylamine 246
Alkylaminethoxylate 246
Alkylsulphonate 246
Aluminium 172
Aluminiumbenzoat 251
Aluminiumhydroxid 249
Aluminiumsilikat 69
Alumosilicate 235
Aminoanthrachinonpigmente 165
Ammoniumpolyphosphat 249
Anatas 74f.
Anilinverfahren 101
Anorganische Pigmente 28, 63
Anthanthronpigmente 167
Antimikrobielle Substanzen 243f.
Antimonoxid 70
Antimonpentoxid 249
Antistatika 50, 243, 245
Aragonit 232
Arylphosphate 249
Aspektverhältnis 229
Ausbluten 50
Azodicarbonamid 256
Azofarbstoffe 314
Azopigmente 109

B

Bariumsulfat 70, 227
Basisches Bleicarbonat 71
Benzimidazolpigmente 110, 117
Benzophenone 254
Benzotriazole 254
Benzoxazolderivate 196
Beständigkeiten
– Chemische Beständigkeit 38
– Lichtbeständigkeit 40f., 43f.
– Säure-/Alkalibeständigkeit 38
– Thermische Beständigkeit 38, 47, 49
– Wetterbeständigkeit 41, 43f.
Bewitterung 43
BfR-Empfehlung IX 51
BgVV-Empfehlungen 71
Biegefestigkeit 226
Bioabbaubarkeit 226
Biotit 236
Bisacetoacetarylpigmente 110, 124
Bismutoxichlorid 182
Bismutvanadat 97, 192
Blanc fixe 227
Blasformen 273
Blauskala 43
Braunpigmente 87
Brechungsindex 5, 68
Brechzahl 226
Brillanz 63
Bronze 172
Brookit 74

C

Cadmiumgelb 94
Cadmiumrot 100
Cadmiumverbotsrichtlinie 92

Calcit 73, 232
 Calciumcarbonat 73, 232
 – gefälltes 227
 – natürliches 227
 Calciumsulfat 237
 Calzit 227
 Cersulfid-Pigmente 103
 Chemikalienbeständigkeit 228
 Chemische Beständigkeit 35, 38
 Chemische Konstitution 107
 China Clay 227
 Chinophthalonpigmente 168
 Chloridverfahren 74
 Chlorit 227
 Chlorparaffine 257
 Chromgelb 93
 Chromophore Gruppen 108, 203
 Chromoxidgrün 88, 98
 Chromtitangelb 89, 192
 CIELAB-Methode 7
 CLP-Verordnung 310
 Color Index 33
 Colour Index Number (CI No) 33
 Compound 260
 CONEG 93, 333
 Copolymere 12
 Cristobalit 227
 Cumarinderivat 196
 Cyanoacrylate 254

D

Deckvermögen 35, 37, 63, 263
 Dibenzylidensorbitol (DBS) 251
 Dichte 27, 226, 228
 Diethylhexylphthalsäureester (DEHP) 257
 Diketopyrrolopyrrolpigmente (DPP) 158
 DIN 53235-1:2005-06 36
 DIN 53235-2:2005-06 36
 DIN 53772 48
 DIN 53775 50 f.
 DIN 55944 78
 DIN 55987:1981-02 37
 DIN 55988:2013-04 37
 DIN EN 71-3 319
 DIN EN 12877-2:2000-01 46
 DIN EN 14469-1 40
 DIN EN 14469-2:2004-08 40
 DIN EN 14469-3:2004-08 36
 DIN EN ISO 787-3:2001-09 61

DIN EN ISO 787-15:1995-10 42, 44
 DIN EN ISO 787-24:1995-10 35
 DIN EN ISO 14001:2009 294
 DIN EN ISO 23900-5:2017-07 57
 DIN ISO 4649:2014-03 55
 DIN ISO 9000 287
 Dioxazinpigmente 156
 Disazodiarylpigmente 123, 198
 Disazokondensationspigmente 110, 125
 Disazopigmente 109 f., 123
 Disazopyrazolonpigmente 110, 125
 Dispergierbarkeit 35, 56
 Dispergiermittel 249, 263, 270
 Disperse Violet 26 221
 Disperse Violet 31 221
 Dolomit 227, 234
 Druckfestigkeit 226
 Druckfiltertest 35, 56
 Duroplaste 12, 260, 268 f., 271

E

Effektfarbmittel 193
 Effektpigmente 28, 171
 EG Nr. 975/2009 320
 Einfärbekonzentration 32, 47, 264, 266, 268
 Einzelpigmente 160, 168
 Eisenchrombraun 90, 192
 Eisenchromoxid 91
 Eisenmanganoxid 92
 Eisenmanganschwarz 84
 Eisenoxidgelb 94
 Eisenoxidrot 101
 Eisenoxidschwarz 84
 Eisentitanat 84
 Elastomere 268 f., 271
 Elektrische Leitfähigkeit 226
 Elektromagnetische Strahlung 3
 Embryotoxizität 315
 E-Modul 226 f.
 Entflammbarkeit 226
 Entwicklungsgeschichte der Kunststoffe
 13 f.
 Erucasäureamid 250
 Ethylendiarylderivat 196
 EU 2017/752 321
 EU AP (89) 319
 EU-Chemikalienverordnung 305
 EU Nr. 10/2011 321
 EU-Resolution AP (89) 1 67

EU-Richtlinien 317
 – EU 67/548 313
 – EU 91/338 92
 – EU 94/62 93, 333
 Extrudieren 273

F

Farbeindruck 3
 Farbglanzpigmente 177
 Farbkonzentrate 260
 Farbmessung 6
 Farbmittel 2, 27
 Farbmittelauswahl 32
 Farbperlglanzpigmente 66
 Farbpräparation 31, 259
 Farbschlieren 199, 282f.
 Farbspektrum 4
 Farbstärke 35, 63
 Farbstippen 281
 Farbstoffe 27f., 38, 50, 201f., 205, 207f.
 Farbsysteme
 – HSK 31
 – Pantone 31
 – RAL 31
 FDA-Richtlinien (USA) 329
 Fettalkohole 250
 Fettsäureamide 250
 Fettsäureester 247, 250, 267
 Fettsäureesterethoxylate 247, 267
 Fettsäuren 250
 Feuchtigkeitsschlieren 284
 Flammschutzmittel 243, 248f.
 Flavanthronpigmente 167
 Flop-Pigmente 66
 Fluoreszenz 4
 Flüssigfarben 255, 267
 Flussspat 227
 Folientest 35, 57
 Füllgut 38, 201, 247
 Füllstoffe 52, 68, 225, 243
 Funktionale Pigmente 171

G

Gefahrstoffverordnung 86, 95, 328
 Generationsversuch 315
 Gesetzesanforderungen 32
 Gips 227
 Glasfaser 241

Glasübergangstemperatur 202
 Gleitmittel 243, 249
 Glimmer 71, 176, 180, 183, 227, 235f.
 Globalstrahlung 45
 Grauskala 43
 Grünpigmente 98

H

HALS 150, 255
 Härte 226, 228
 HSK 31
 Hydrolyseverfahren 101
 Hydrophobierung 231
 Hydroxylamine 254

I

Indanthronpigmente 166
 Inhalationstoxizität 313
 Interferenzpigmente 177
 ISO 4892-2:2013-03 44
 ISO 9001:2015 292
 ISO 9004 289
 Isoindolinonpigmente 163
 Isoindolinpigmente 163

K

Kalandrieren 273
 Kalkstein 73
 Kaolin 227, 235
 – calziniert 227
 Kaolinit 235
 Kieselerde, Neuburger 227
 Kieselsäure 72, 234f.
 – gefällt 227
 Kobaltblau 86
 Kobaltgrün 99
 Kobaltlithiumphosphat 105
 Kobaltmagnesiumborat 105
 Kobaltphosphat 104
 Kohlenwasserstoffe, chlorierte 249
 Kreide 73, 227, 232
 Kriechmodul 228
 Kristallisationsgrad 52, 54, 250
 Kristallmodifikation 22, 40
 Kunststofftyp 32
 Kupfer 174

L

Lactone 254
 Laserbeschriftung 183, 185
 Lasermarkierung 171
 Laserschweißen 186
 LD50-Wert 313
 Leitfähigkeit 27, 61
 Lichtbeständigkeit 27, 40 f., 43 f.
 Licht-Brechung 5
 Lichtechtheit 35
 Lichtschutzmittel 254
 Licht-Streuung 5
 Lichtwellen 5
 Linsengranulat 265 f.
 Lithopone 74

M

Magnesiumhydroxid 227
 Magnesiumsilicat 235
 Manganviolett 104
 Marmor 73
 Maskentechnik 185
 Masterbatch 199, 260
 Masterbatche 262
 Melaminderivate 249
 Melt-Flow-Index 58
 Messing 172
 Metallfasern 183
 Metallkomplexpigmente 160
 Metallpigmente 182
 Metamerie 59
 Mica 236
 Migration 50 f.
 Migrationsechtheit 35, 50
 Mikrogranulat 266
 Molybdatorange 100
 Molybdatrot 100
 Monoacetoacetarylpigmente 110
 Monoazopigmente 109 f.
 Monoazopyrazolonpigmente 109, 112
 Monobatch 260
 Monomere 11
 Muskovit 236
 Mutagenität 315

N

Nachleuchtende Pigmente 66, 77, 171
 Naphtholpigmente 110, 112
 Naphtholpigmente, β 110
 Natriumaluminiumsilikat, gefällt 227
 Nickelbariumtitanoxid 96
 Nickeltitangelb 95, 192
 Nukleierungsmittel 54, 243, 250

O

Oberfläche (BET) 27
 Oberflächenspannung 230
 Ökologie 315
 Ölsäureamid 250
 Ölzahl 228
 Opake Pigmente 27
 Optische Aufheller 171, 195
 Organische Farbstoffe 29
 Organische Pigmente 28, 107
 Oxanilide 254

P

Palmitinsäure 250
 Paraffinöl 250, 267, 270
 Pastelltöne 264, 266, 269
 Pentaerythritfettsäureester 250
 Perinonpigmente 154
 Perlglanzinterferenzpigmente 179
 Perlglanzpigmente 66, 71, 77, 264
 Perylenpigmente 150, 255
 Phenole, sterisch gehinderte 254
 Phenylsalizylsäurederivate 254
 Phlogopit 236
 Phosphor 249
 Phosphoreszenz 4
 phosphoreszierende Pigmente 190
 Phosphorsäureester 249
 Phthalocyaninpigmente 143
 Phthalsäureester 257
 pH-Wert 61, 230
 Pigment Blau 15 144
 Pigment Blau 15:1 144
 Pigment Blau 15:2 145
 Pigment Blau 15:3 145
 Pigment Blau 15:4 145
 Pigment Blau 16 146
 Pigment Blau 28 86

- Pigment Blau 29 87
Pigment Blau 36 86
Pigment Blau 60 166
Pigment Blau 72 86
Pigment Braun 1 116
Pigment Braun 23 131
Pigment Braun 24 89
Pigment Braun 25 123
Pigment Braun 29 90
Pigment Braun 33 90
Pigment Braun 35 91
Pigment Braun 37 91
Pigment Braun 38 165
Pigment Braun 39 91
Pigment Braun 40 91
Pigment Braun 41 131
Pigment Braun 43 92
Pigmente 27
Pigmente, organische 107
Pigment Gelb 24 167
Pigment Gelb 34 93
Pigment Gelb 35 94
Pigment Gelb 42 94
Pigment Gelb 49 111
Pigment Gelb 53 95
Pigment Gelb 61 140
Pigment Gelb 62:1 140
Pigment Gelb 93 126
Pigment Gelb 94 127
Pigment Gelb 95 127
Pigment Gelb 97 111
Pigment Gelb 109 163
Pigment Gelb 110 163
Pigment Gelb 116 111
Pigment Gelb 117 161
Pigment Gelb 119 95
Pigment Gelb 120 118
Pigment Gelb 133 140
Pigment Gelb 138 168
Pigment Gelb 139 164
Pigment Gelb 147 165
Pigment Gelb 150 161
Pigment Gelb 151 118
Pigment Gelb 154 118
Pigment Gelb 155 124
Pigment Gelb 157 96
Pigment Gelb 161 96
Pigment Gelb 162 96
Pigment Gelb 163 96
Pigment Gelb 164 96
Pigment Gelb 168 141
Pigment Gelb 169 141
Pigment Gelb 173 164
Pigment Gelb 175 119
Pigment Gelb 177 162
Pigment Gelb 180 119
Pigment Gelb 181 119
Pigment Gelb 182 168
Pigment Gelb 183 142
Pigment Gelb 184 97
Pigment Gelb 189 97
Pigment Gelb 192 169
Pigment Gelb 194 120
Pigment Gelb 216 98
Pigment Gelb 227 98
Pigment Grün 7 146
Pigment Grün 8 160
Pigment Grün 17 98
Pigment Grün 26 99
Pigment Grün 36 146
Pigment Grün 50 100
Pigment Orange 5 112
Pigment Orange 22 116
Pigment Orange 31 128
Pigment Orange 36 120
Pigment Orange 38 116
Pigment Orange 43 154
Pigment Orange 46 134
Pigment Orange 48 150
Pigment Orange 49 150
Pigment Orange 61 164
Pigment Orange 62 120
Pigment Orange 64 169
Pigment Orange 68 162
Pigment Orange 71 160
Pigment Orange 73 160
Pigment Orange 75 102
Pigment Orange 78 102
Pigment Orange 82 103
Pigment R 102
Pigment Rot 3 112
Pigment Rot 5 113
Pigment Rot 48:1 135
Pigment Rot 48:2 136
Pigment Rot 48:3 136
Pigment Rot 48:4 136
Pigment Rot 53 133
Pigment Rot 53:1 134
Pigment Rot 57:1 137
Pigment Rot 68 134

- Pigment Rot 88 155
Pigment Rot 101 101
Pigment Rot 104 100
Pigment Rot 112 113
Pigment Rot 122 148
Pigment Rot 123 151
Pigment Rot 144 129
Pigment Rot 146 114
Pigment Rot 149 151
Pigment Rot 150 114
Pigment Rot 151 138
Pigment Rot 164 114
Pigment Rot 166 129
Pigment Rot 168 167
Pigment Rot 170 114
Pigment Rot 171 121
Pigment Rot 175 121
Pigment Rot 176 122
Pigment Rot 177 166
Pigment Rot 178 152
Pigment Rot 179 152
Pigment Rot 181 155
Pigment Rot 185 122
Pigment Rot 187 115
Pigment Rot 188 115
Pigment Rot 190 152
Pigment Rot 194 154
Pigment Rot 200 137
Pigment Rot 202 149
Pigment Rot 206 150
Pigment Rot 207 149
Pigment Rot 208 122
Pigment Rot 209 149
Pigment Rot 214 129
Pigment Rot 216 167
Pigment Rot 220 130
Pigment Rot 221 130
Pigment Rot 222 115
Pigment Rot 224 152
Pigment Rot 237 138
Pigment Rot 239 138
Pigment Rot 240 138
Pigment Rot 242 130
Pigment Rot 243 138
Pigment Rot 247 139
Pigment Rot 254 159
Pigment Rot 255 159
Pigment Rot 262 131
Pigment Rot 264 159
Pigment Rot 265 102
Pigment Rot 272 159
Pigment Schwarz 6 78
Pigment Schwarz 7 78
Pigment Schwarz 11 84
Pigment Schwarz 12 84
Pigment Schwarz 22 84
Pigment Schwarz 26 84
Pigment Schwarz 27 85
Pigment Schwarz 28 85
Pigment Schwarz 29 85
Pigment Schwarz 30 85
Pigment Violett 14 104
Pigment Violett 15 104
Pigment Violett 16 104
Pigment Violett 19 148
Pigment Violett 23 156
Pigment Violett 29 153
Pigment Violett 32 122
Pigment Violett 37 157
Pigment Violett 47 105
Pigment Violett 48 105
Pigment Weiß 4 75
Pigment Weiß 5 74
Pigment Weiß 6 74
Pigment Weiß 7 76
Pigment Weiß 11 70
Pigment Weiß 12 77
Pigment Weiß 15 77
Pigment Weiß 18 73
Pigment Weiß 19 69
Pigment Weiß 20 71
Pigment Weiß 21 70
Pigment Weiß 26 74
Pigment Weiß 27 72
Plastorit 228
Plättchenförmige Pigmente 27
Polycarbonate 18
Polycyclische Pigmente 108, 142
Polyglykolester 257
Polymere 11
Polyolefine 16
Polypropylen 16
Polyvinylchlorid 15
Präparationstyp 32, 260
Primärpartikel 30
Prüfmethoden 35
Pulverpräparation 270
Pyranthronpigmente 167
Pyrazolonpigmente 110

Q

Quarzmehl 227
Quickbatch 260
Quinacridonpigmente 147

R

RAL 31
REACH-Verordnung 305
Relative Farbstärke 36
Richtlinie 2002/61/EG (Azo) 324
RICHTLINIE 2011/65/EU 325
Rotationsformen 273
Ruß 66, 78, 82
Rutil 74

S

Säure-/Alkalibeständigkeit 38
Schalldämmung 226
Schichtsilicate 235
Schmelzpunkte 207
Schmelzspinnen 273
Schwarzfarbmittel 28
Schwermetalle 25, 67f.
Schwerspat 227
Schwindung 35, 54, 226, 251
Sebazinsäureester 257
Sicherheitsdatenblätter 298
Silicate 235
Siliciumdioxid 234
– pyrogen 227
Solvent Blau 35 208
Solvent Blau 67 209
Solvent Blau 78 209
Solvent Blau 97 209
Solvent Blau 104 210
Solvent Blau 132 211
Solvent Gelb 93 212
Solvent Gelb 98 213
Solvent Gelb 114 211
Solvent Gelb 135 213
Solvent Gelb 145 214
Solvent Gelb 160:1 214
Solvent Gelb 163 214
Solvent Gelb 179 212
Solvent Grün 3 215
Solvent Grün 5 216
Solvent Grün 20 216

Solvent Grün 28 216
Solvent Orange 60 217
Solvent Orange 63 218
Solvent Orange 107 218
Solvent Rot 52 218
Solvent Rot 111 219
Solvent Rot 135 219
Solvent Rot 179 220
Solvent Rot 195 220
Solvent Violet 13 222
Solvent Violet 36 222
Solvent Violet 37 222
Solvent Violet 49 223
Sorbitantristearat 250
Speichel-/Schweißechtheit 51
Spektralphotometer 6
spezifische Oberfläche 230
Spielzeugrichtlinie 317
Spinellblau 86, 192
Spinellgrün 100, 192
Spinellschwarz 84f.
Spritzgießen 273
Stabilisatoren 243, 251
Standardfarbtiefe 36
Stearinsäure 250
Stearinsäureamid 250
Stoffsicherheitsbericht 308
Styrolpolymere 17
Sublimation 205
Sublimationsbeständigkeit 206
Sulfatverfahren 74

T

Tagesleuchtfarben 171, 193
Talk 227
Talkum 74, 227, 235, 251
Teilchengröße 27
Temperaturbeständigkeit 55, 63
Teratogenität 315
Thermische Beständigkeit 35, 38, 46
Thermische Schädigungen 284
Thermofarben 171, 198
Thermoplaste 12, 260, 268 ff.
Thermostabilisatoren 254
Thioindigopigmente 155
Titanchromnioboxid 96
Titanchromwolframoxid 96
Titandioxid 74
Titanmanganantimonoxid 96

Titanmanganchromantimonoxid 91
Titanmangannioboxid 91
Titannickelnioboxid 96
Titannickelwolframoxid 97
Toluolsulfohydrazid 256
Toxikologie 32, 312
Toxizität
– akute 313
– chronische 314
Transparente Pigmente 27
Treibmittel 243, 256
Trennmittel 243, 249
Triarylcarboniumpigmente 158
Triclosan 245
Trimellitsäureester 257

U

UL 94 249
Ultramarinblau 87
Ultramarinviolett 104
Umweltmanagementsysteme 294
Universalbatche 267
UV-Strahlung 226

V

Vat Rot 41 221
Vektortechnik 185
Verarbeitungsfehler 280
Verarbeitungsparameter 32
Verarbeitungsstabilisatoren 253
Verarbeitungstemperatur 21, 46, 205, 207
Verlackte Azopigmente 109f., 133
Verlackte Monoacetoacetarylpigmente 140

Verlackte Naphtholpigmente 133
Verlackte Pyrazolonpigmente 141
Verpackungsrichtlinie 327
Verweilzeit 46, 48
Verzug 35, 52, 54, 251
Viskosität 58

W

Wachsester 250
Wärmeformbeständigkeit 226 f.
Wärmemanagement 171
Wasserabsorption 228
Wasserzahl 230
Weichmacher 24, 50, 243, 257, 267
Weißgrad 228
Weißpigmente 28
Wetterbeständigkeit 27, 43 f.
Wetterechtheit 35
Wollastonit 227

Z

Zinkborate 249
Zinkeisenbraun 95, 192
Zinkeisenchromoxid 90
Zinkmanganchromoxid 91
Zinkoxid 75
Zinksulfid 76
Zinkweiß 75
Zinndioxid 77
Zirkondioxid 77
Zugfestigkeit 227
Zuschlagstoffe 32, 44, 46, 52, 243, 259, 315
Zylindergranulat 265 f.