

KRONOS Titandioxid-Pigmente in modernen Pulverlacken

KRONOS INFORMATION **6.35**

Jürgen Bender

KRONOS INTERNATIONAL, INC., D-51373 Leverkusen



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Charakteristika der KRONOS Titandioxid-Pigmente	4
3. Pulverlackssysteme für den Inneneinsatz	5
3.1 Konventionelle Hybrid-Systeme	5
3.1.1 Optische Eigenschaften	5
3.1.2 Oberflächenstruktur	6
3.1.3 Gelzeit	6
3.1.4 Mechanische Eigenschaften	6
3.2 UV-härtendes Pulverlacksystem	7
3.2.1 Optische Eigenschaften	8
3.2.2 Oberflächeneigenschaften	9
3.2.3 Mechanische Eigenschaften und Vernetzung	9
4. Polyester/Härter-Systeme für den Außeneinsatz	9
4.1 Optische Eigenschaften	9
4.1.1 In weißen Pulverlacken	9
4.1.2 In grauen Pulverlacken	10
4.1.3 Glanz, Glanzschleier und Mattierung	11
4.2 Oberflächenstruktur	12
4.3 Gelzeit	13
4.4 Mechanische Eigenschaften	13
4.5 Qualität der Dispergierung	14
4.6 Witterungsbeständigkeit	15
5. Zusammenfassung und Pigmentempfehlungen	17
6. Anhang	18
Formulierungen	18
Methoden	19
Wortmarken-Nachweis	20
Literatur	21

KRONOS Titandioxid-Pigmente in modernen Pulverlacken

Jürgen Bender

1. Einleitung

Auf Pulverlacke entfallen mengenmäßig etwa 4 % des gesamten Farben- und Lackmarktes (ohne Druckfarben) in Europa [1]. Aufgrund ihrer ökologischen und ökonomischen Vorteile wird dieser Bereich weltweit mittelfristig doppelt so schnell wachsen wie der der Industrielacke insgesamt – mit Raten von durchschnittlich ca. 6 % pro Jahr [2]. In einer anderen Untersuchung wird das globale Wachstum des Pulverlackmarktes im Zeitraum von 2000–2010 mit durchschnittlich 7 % jährlich prognostiziert [3].

Diese vergleichsweise hohen Wachstumsraten sind auch deshalb möglich, weil im Bereich der Pulverlacke noch erhebliches Innovationspotenzial gegeben ist. So gibt es zahlreiche neue Technologien und damit verbunden auch neue Anwendungen. Dazu gehören Dünnschichtpulverlacke [4], Metallic- und Effektlacke [5]. UV-härtende Pulverlacke sind eine weitere interessante Entwicklungsrichtung. In Kombination mit IR-Strahlungsheizung bieten sie gute Möglichkeiten, Pulverbeschichtungen auch auf hitzeempfindlichen Substraten wie MDF (mitteldichte Faserplatten), Holz oder Kunststoffe zu verankern [4, 6]. Angewendet werden bisher nur UV-Pulverlacke für den Innenbereich [7], witterungsstabile Systeme sind in der Entwicklung [8]. Strahlungsheizung und Härtung durch NIR ist eine weitere Möglichkeit [9]. Parallel dazu werden Bindemittelsysteme entwickelt, die bei deutlich niedrigeren Temperaturen von etwa 110°C vernetzen, so dass auch sie für wärmesensible Untergründe geeignet sind [4]. Wieder andere Techniken sind das Blockschmelzverfahren und die Pulverslurry, die großtechnisch in der Autolackierung genutzt wird [10].

Über 60 % der weltweit produzierten Pulverlacke mit einer Gesamtmenge von etwa 840.000 t [11] bis 900.000 t mit einem Wert von ca. 3,6 Mio. € [12] im Jahr 2001 waren für Innenanwendungen bestimmt. Allein Hybridsysteme aus Polyester- und Epoxidbindemitteln machen mehr als die Hälfte der gesamten Produktion aus (Abb. 1). Im Außenbereich werden Polyester/Triglycidylisocyanurat-Lacke (PES/TGIC) immer noch am häufigsten verwendet. Acrylate spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Einen überproportional hohen Anteil von ca. 43 % an der weltweiten Pulverlackproduktion hat Europa mit etwa 360.000 t in 2001 (Abb. 2). Im Bereich der witterungsstabilen Polyestersysteme, deren Produktion bei ca. 140.000 t in Europa liegt, besitzen die Primid-Härter etwa 50 % Marktanteil.

Ein gutes Viertel der Pulverlacke für Außenanwendungen enthalten noch TGIC. Zunehmende Bedeutung gewinnen die Systeme PES/Araldit PT 910/PT 912 mit einem Anteil von etwa 17 % [13].

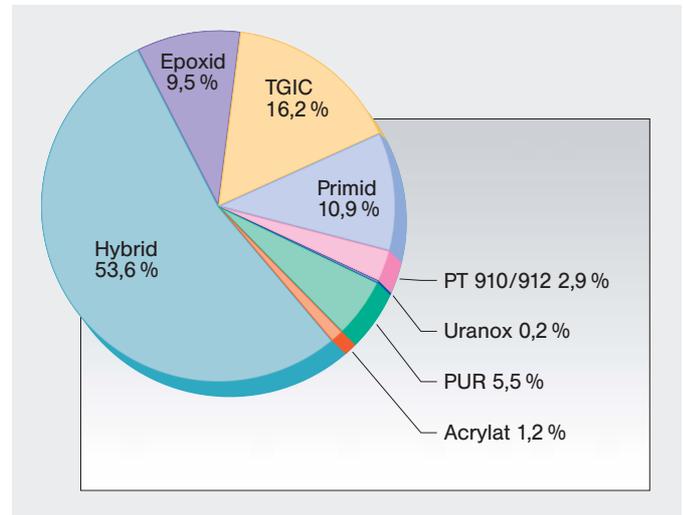


Abb. 1: Pulverlackproduktion in 2001 weltweit ~ 840.000 t [11]

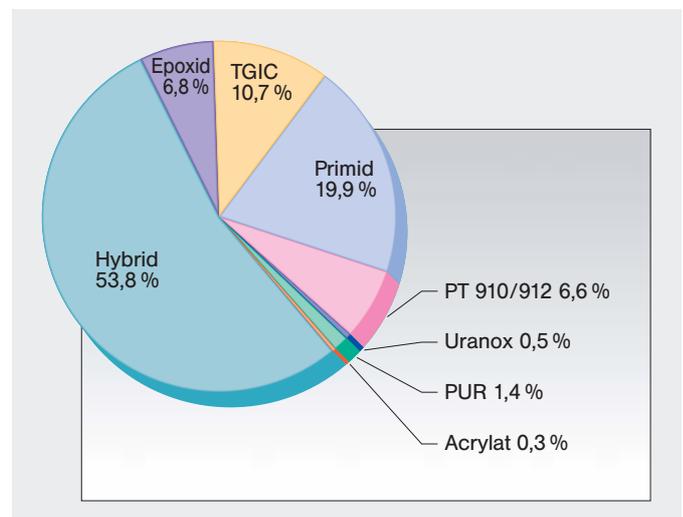


Abb. 2: Pulverlackproduktion in 2001 in Europa ~ 360.000 t [11]

Der Nachweis der mutagenen Wirkung von Triglycidylisocyanurat (TGIC) führte 1998 in der EU zu seiner Kennzeichnungspflicht als toxisch. Dadurch erfolgte vor allem in Deutschland, in den Niederlanden und in Skandinavien eine fast vollständige Umstellung von diesem bis dahin weltweit führenden epoxidfunktionellen Härter auf Alternativsysteme. In West- und Südeuropa ist die Marktlage nicht so einheitlich, aber auch hier besteht der Trend zu TGIC-freien Pulverlacken. Außerhalb der EU sind diese Tendenzen kaum vorhanden, da dort bisher keine Kennzeichnungspflicht besteht [14,15]. Dies erklärt die meisten Unterschiede zwischen den weltweiten und den europäischen Marktanteilen der verschiedenen chemischen Systeme.

Härter	Handelsname	Kennzeichnung	Reaktionstyp
Triglycidylisocyanurat	Araldit PT 810®	T (toxisch)	Polyaddition
β-Hydroxyalkydamid	Primid XL 552®	Keine	Polykondensation
Aromatischer Glycidylester	Araldit PT 910®/912®	X _i (haut-, augenreizend)	Polyaddition
Aliphatisches Oxiran	Uranox P 7200®	Keine	Polyaddition

Tab. 1: Übersicht der eingesetzten Härter

Als Alternativen zu TGIC (Araldit PT 810) kamen die anderen in Tabelle 1 aufgeführten Härter zum Einsatz, die nicht als toxisch gekennzeichnet werden müssen.

Aufgrund der unterschiedlichen Chemie der verschiedenen PES/Härter-Systeme und der damit verbundenen Eigenschaftsprofile werden in dieser KRONOS Information als Schwerpunkt das Verhalten dieser Pulverlacke in Abhängigkeit von verschiedenen KRONOS Titandioxid-Pigmenten miteinander verglichen. Daneben werden auch Hybrid-Systeme für den Inneneinsatz und ein UV-härtender Pulverlack unter den gleichen Aspekten vorgestellt.

2. Charakteristika der KRONOS Titandioxid-Pigmente

Es wurden in den unterschiedlichen Rezepturen (siehe Anhang) insgesamt zwölf verschiedene KRONOS Titandioxid-Pigmente eingesetzt (Tab. 2). Die Auswahl richtet sich nach dem Anwendungsgebiet. Neben unterschiedlichen Mengen der anorganischen Komponenten der Oberflächenbehandlung, die vor allem der Stabilisierung gegen Witterungseinflüsse dient, differieren sie auch in der Art und der Menge der organischen Oberflächenverbindungen, welche vor allem die Dispergierbarkeit in den unterschiedlichen Medien verbessern soll.

Alle anderen in diesen Untersuchungen eingesetzten Rohstoffe sind in den Rezepturen im Anhang aufgeführt. Dort sind auch Herstellungs- und Applikationsparameter sowie die Testmethoden vermerkt.

TiO ₂ -Pigment	Kristallmodifikation ¹⁾	Prozess ²⁾	Gehalt [Massen %]				Teilchengrößenverteilung [µm]		Ölabsorption [g/100 g]
			Anorganisch			Organisch	d _{50n} ⁴⁾	s ⁵⁾	
			Al ₂ O ₃	SiO ₂	ZrO ₂	Art ³⁾			
KRONOS 1077	A	SP	–	–	–	Hydrophil	0,19	0,19	20
KRONOS 2044	R	SP	4,4	9,4	–	–	0,25	0,28	38
KRONOS 2047	R	SP	4,7	3,4	–	Hydrophil	0,23	0,20	26
KRONOS 2056	R	SP	2,4	2,1	–	Hydrophil	0,29	0,18	20
KRONOS 2063	R	SP	2,8	–	–	Hydrophil	0,22	0,13	18
KRONOS 2160	R	CP	3,0	3,7	–	Hydrophil	0,21	0,21	18
KRONOS 2190	R	SP	3,1	–	0,4	Hydrophil	0,22	0,15	18
KRONOS 2220	R	CP	3,1	1,5	–	Hydrophob	0,21	0,19	17
KRONOS 2222	R	CP	3,2	1,5	–	Hydrophob	0,18	0,16	17
KRONOS 2300	R	CP	3,9	–	–	Hydrophil	0,18	0,18	16
KRONOS 2310	R	CP	3,7	0,5	0,4	Hydrophil	0,20	0,19	16
KRONOS 2430*	R	CP	1,7	–	–	Hydrophil	0,18	0,15	14

¹⁾ A: Anatas, R: Rutil

²⁾ SP: nach dem Sulfatprozess hergestellt, CP: nach dem Chloridprozess hergestellt

³⁾ Hydrophil: mit Polyalkohol, hydrophob: mit Polysiloxan

⁴⁾ d_{50n}: mittlere Teilchengröße der Häufigkeitsverteilung

⁵⁾ s: Breite der Teilchengrößenverteilung

* Nachfolgepigment: KRONOS 2450

Tab. 2: Charakteristika der eingesetzten KRONOS Titandioxid-Pigmente

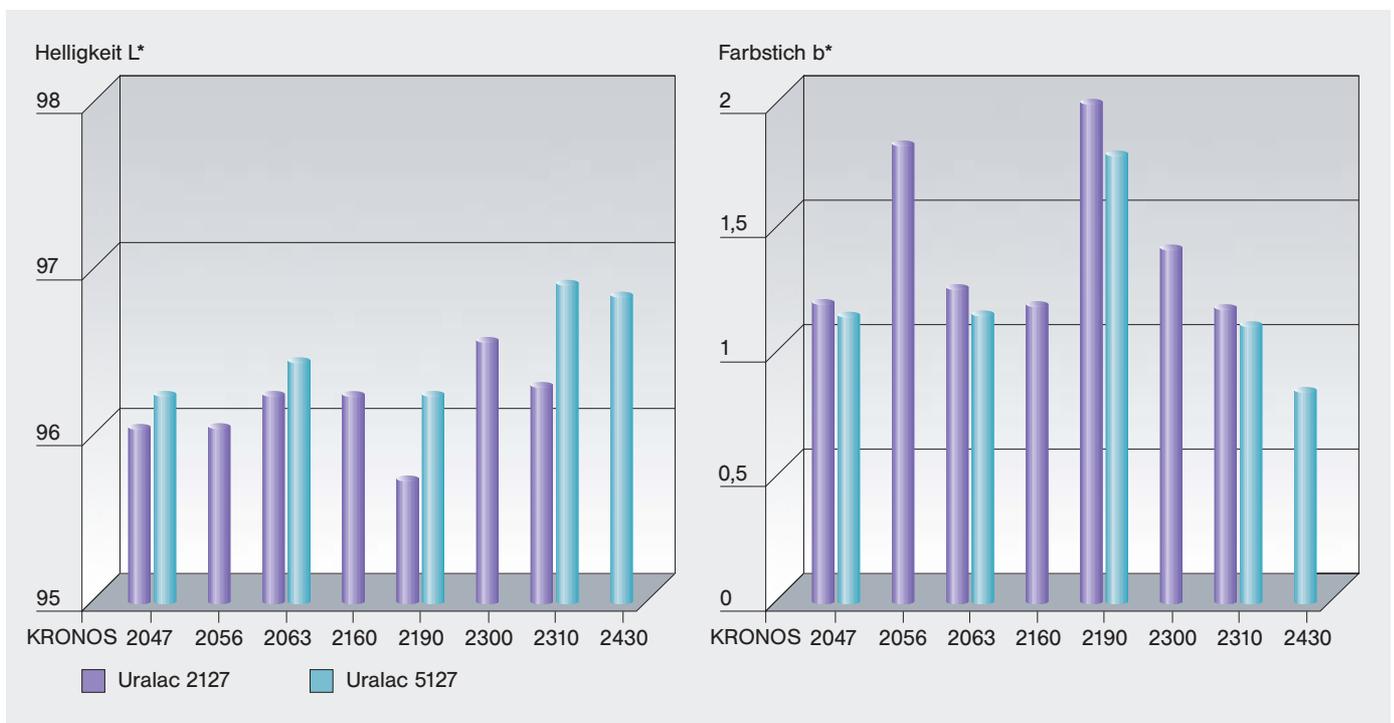


Abb. 3: Helligkeit und Farbstich der weißen PES/Epoxid-Pulverlacke

3. Pulverlackssysteme für den Inneneinsatz

Es werden Ergebnisse von drei Pulverlackssystemen vorgestellt. Dies sind zum einen zwei konventionelle Epoxid/Polyester-Systeme und zum anderen ein UV-härtendes Pulverlacksystem.

3.1 Konventionelle Hybrid-Systeme

Da im Jahr 1999 das bis dahin gebräuchliche PES-Bindemittel (Uralac 2127) durch einen neueren Polyester (Uralac 5127) ersetzt wurde, liegen die Ergebnisse zum Teil in zwei verschiedenen Hybrid-Systemen vor.

3.1.1 Optische Eigenschaften

Typischerweise sind die im Chloridprozess erzeugten Pigmente heller und weniger gelbstichig als die Sulfatprozesspigmente (Abb. 3). Bemerkenswert ist hier der relativ blautichige Lack mit KRONOS 2430, was auf dessen Feinteiligkeit zurückzuführen ist. In beiden Systemen zeigt das Sulfatprozesspigment KRONOS 2063 einen vergleichbar neutralen Farbstich wie ein Chloridprozesspigment.

Alle Beschichtungen weisen einen hohen Glanzgrad und niedrige Glanzschleierwerte auf (Tab. 3). Der hohe Siliziumdioxid-Anteil auf der Oberfläche von KRONOS 2047 wirkt geringfügig glanzreduzierend und führt zu einer Erhöhung des Glanzschleiers. Im neueren Hybrid-System sind die Glanzschleierwerte etwas erhöht im Vergleich zum älteren.

	KRONOS	2047	2056	2063	2160	2190	2300	2310	2430
Glanz 20° Uralac P2127		95	96	97	96	97	97	96	
Glanz 20° Uralac P5127		92		96		95		96	94
Glanzschleier Uralac P2127		34	27	15	25	19	16	20	
Glanzschleier Uralac P5127		59		29		38		33	36
Vergilbung ΔE^* Uralac P2127		0,93	1,40	1,19	1,63	1,33	1,51	1,64	
Vergilbung ΔE^* Uralac P5127		0,44		0,48		0,71		0,73	0,75

Tab. 3: Optische Werte der weißen PES/Epoxid-Pulverlacke

Im Nachfolgesystem ist die Vergilbung nach dem Überbrennen deutlich reduziert worden.

Optische Werte von grauen Pulverlacken liegen vom Hybrid-System mit Uralac 5127 vor (Abb. 4). Hierbei ergibt sich das höchste Aufhellvermögen (Helligkeit) mit KRONOS 2310 und die niedrigsten Werte mit KRONOS 2430 und dem etwas höher anorganisch oberflächenbehandelten KRONOS 2047. Im b^* -Wert in Grau ist der ausgeprägte Blaustich des mit dem sehr feinteiligen KRONOS 2430 pigmentierten Lacks auffallend.

3.1.2 Oberflächenstruktur

Der Oberflächenverlauf beider Hybridsysteme entspricht der Einstufung 2–3 (siehe Anhang) und ist pigmentunabhängig.

3.1.3 Gelzeit

Die beiden Polyester/Epoxid-Systeme weisen ähnliche Gelzeiten auf (Abb. 5). In allen Fällen wird sie durch TiO_2 -Zugabe erhöht, wobei ein höherer Anteil an SiO_2 auf der Titandioxid-Oberfläche die Gelzeit um bis zu einer halben Minute verlängert (KRONOS 2047, KRONOS 2160). Die Gelzeitbestimmung von KRONOS 2044 (höchster SiO_2 -Gehalt) wurde nach 800 s abgebrochen. Ein ausreichend ausgehärteter Lackfilm konnte nicht hergestellt werden (Lösemitteltest).

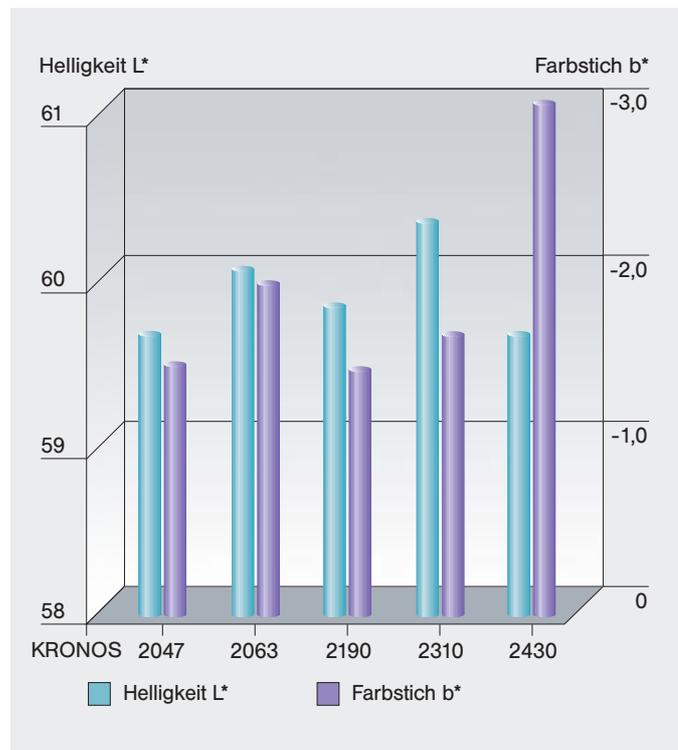


Abb. 4: Helligkeit (Aufhellvermögen) und Farbstich der grauen PES/Epoxid-Pulverlacke (Uralac P5127)

3.1.4 Mechanische Eigenschaften

Die Werte der Pendeldämpfung nach König befinden sich alle auf einem Niveau von etwa 210 Sekunden, unabhängig vom verwendeten Pigment.

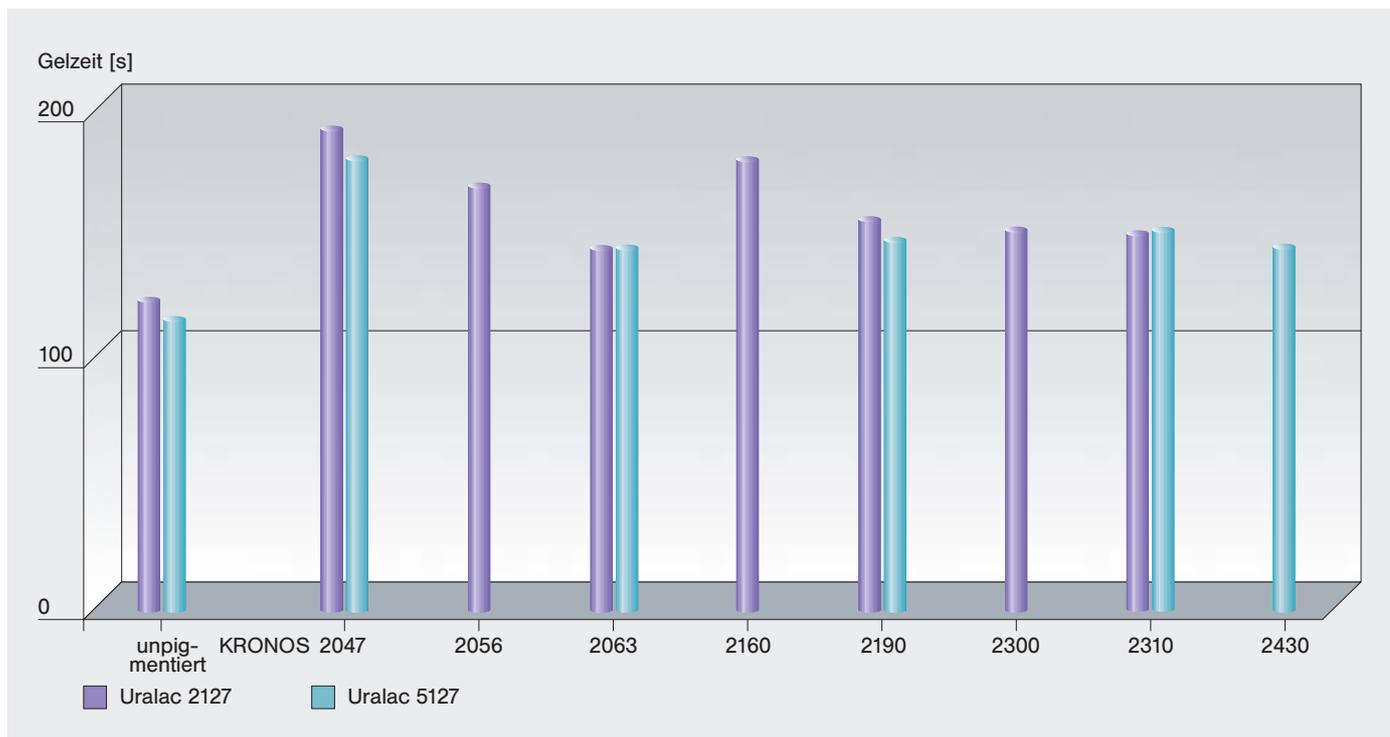


Abb. 5: Gelzeiten der PES/Epoxid-Pulverlacke

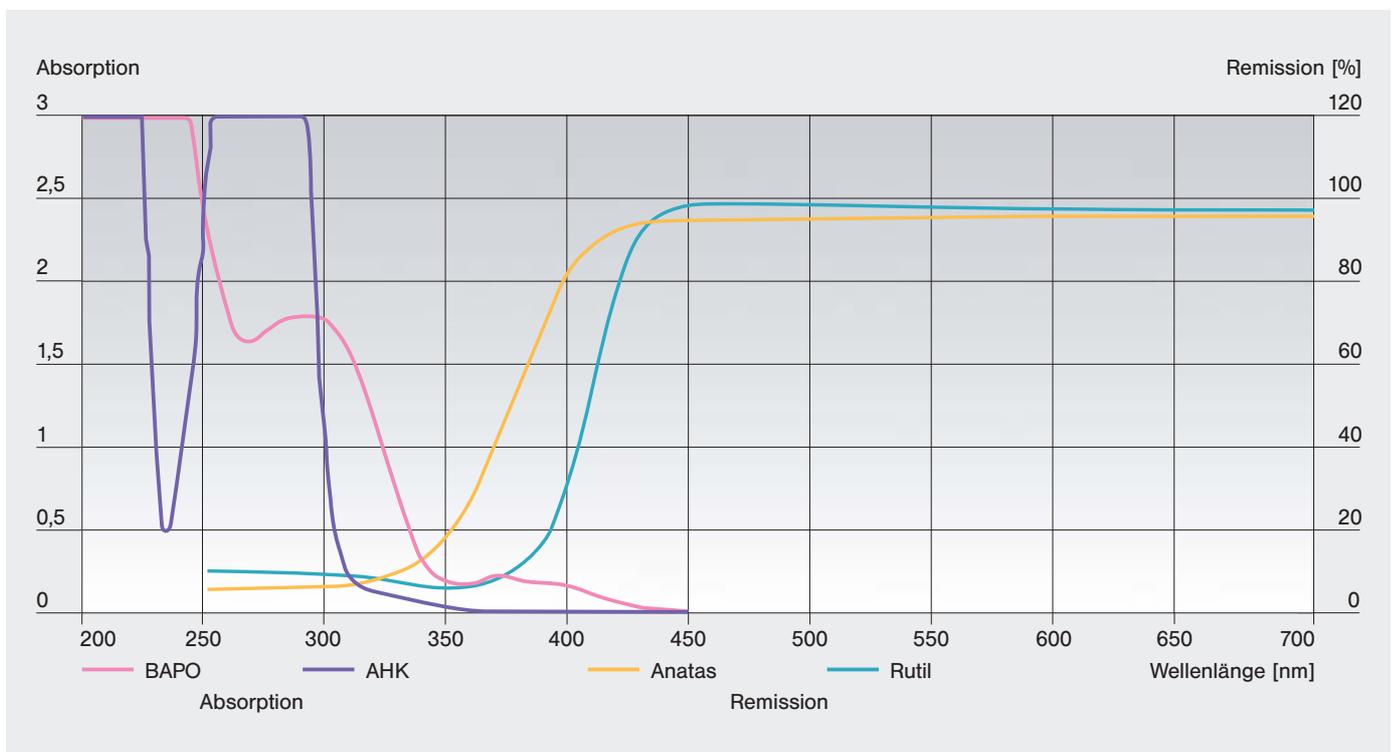


Abb. 6: Absorptionsspektren von Photoinitiatoren im Vergleich zu den Remissionsspektren von Titandioxid

3.2 UV-härtendes Pulverlacksystem

Die Versuchsreihe mit einem UV-härtenden Pulverlacksystem galt primär den Fragestellungen:

- Rufen verschiedene TiO_2 -Pigmente unterschiedliche Effekte hervor?
- Wie hoch ist die optimale Pigmentmenge?

Diese Fragen sind für UV-härtende Lacke besonders wichtig, da Titandioxid im gleichen Wellenlängenbereich wie die Photoinitiatoren UV-Licht absorbiert. In tieferen Lackschichten kann damit die Aushärtung unvollständig sein [16].

Daher wurden in diesem Pulverlacksystem zwei unterschiedliche Photoinitiatoren eingesetzt. Das α -Hydroxyketon (AHK: Irgacure 2959) dient hauptsächlich der oberflächennahen Vernetzung, während das Bisacylphosphinoxid (BAPO: Irgacure 819) die Durchhärtung bewirken soll. Dies lässt sich an den Absorptions- bzw. Remissionsspektren nachvollziehen (Abb. 6). BAPO absorbiert noch leicht im langwelligen UV- bzw. im kurzwelligen sichtbaren Bereich im Gegensatz zu AHK. Das zeigt aber auch, dass BAPO eine gelbliche Eigenfärbung hat.

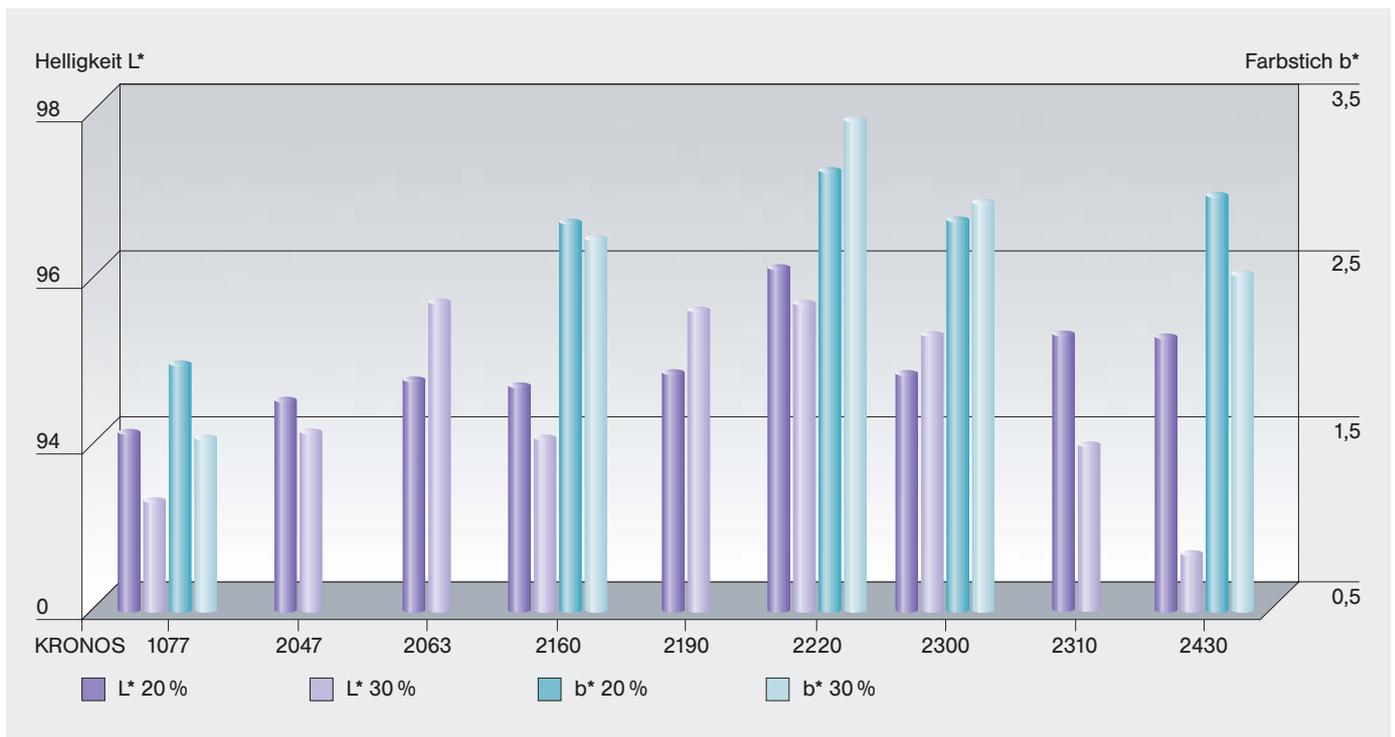


Abb. 7: Helligkeit und Farbstich der UV-Pulverlacke mit 20% bzw. 30% TiO_2

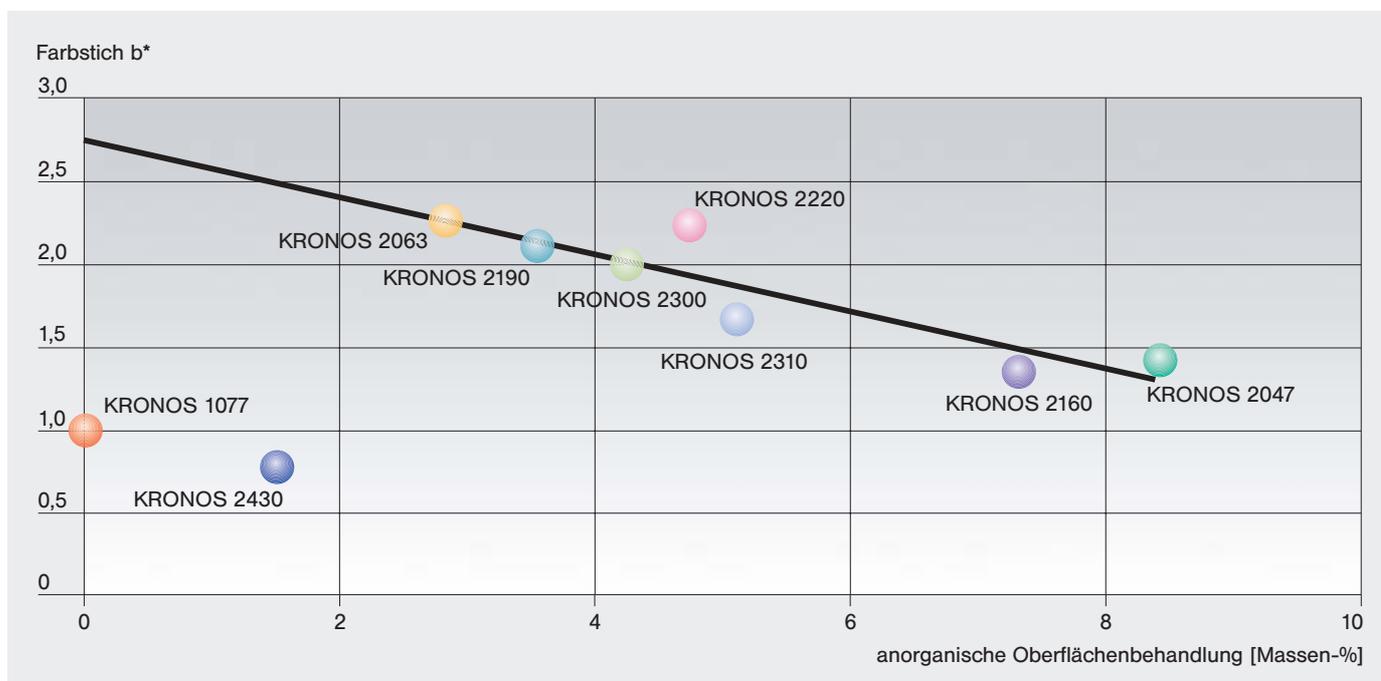


Abb. 8: Negative Korrelation zwischen Farbstich b^* und Oberflächenbehandlung

Niedrige Remissionswerte beim Titandioxid bedeuten hohe Absorptionswerte. An der unterschiedlichen Lage der Absorptionskanten von Anatas und Rutil wird der Vorteil von Anatas deutlich, da sie im langwelligen UV-Bereich stärker remittieren und damit auch mehr UV-Licht die Photoinitiatoren erreicht. Damit gehen allerdings auch ein 20–30% geringeres Deckvermögen und eine niedrigere Helligkeit einher.

3.2.1 Optische Eigenschaften

Die Helligkeit liegt für die Formulierung mit 20% TiO_2 etwa zwischen 94 und 96 Einheiten (Abb. 7). Dabei zeigt der Lack mit dem Anatas, KRONOS 1077, erwartungsgemäß den niedrigsten Wert und der mit KRONOS 2220 den höchsten. Generell weisen alle Beschichtungen mit Chloridprozesspigmenten eine höhere Helligkeit auf. Eine Ausnahme bildet hier nur KRONOS 2160. Der Farbstich der Lacke ist zum Teil untypisch für die jeweilige Pigmentierung (Abb. 7). Der teilweise ungewöhnlich starke Gelbstich ist auf die Eigenfarbe des unver-

brauchten BAPOs zurückzuführen. Die höhere Pigmentierung verstärkt diesen Effekt entsprechend. Dabei ist der Einfluss des TiO_2 stärker auf die Höhe seiner Oberflächenbehandlung und damit seiner unterschiedlichen UV-Absorption zurückzuführen als auf seinen Farbstich (Abb. 8). Der Anatas, KRONOS 1077, nimmt aufgrund seines anderen Remissionsspektrums eine Sonderrolle ein. Der niedrige b^* -Wert der Beschichtung mit KRONOS 2430 lässt sich zum Teil auf dessen niedrige mittlere Teilchengröße zurückführen, die unterhalb des für Beschichtungsstoffe optimalen Bereichs liegt.

Die hohe Lichtabsorption, die sich im Farbstich und in der Durchhärtung dieser Pulverlacke negativ auswirkt, zeigt ihre Vorteile im Kontrastverhältnis. KRONOS 2300, KRONOS 2310 oder KRONOS 2190 enthaltene Beschichtungen ergeben die höchsten Werte (Tab. 4). Die um 10% gesteigerte Pigmentierung führt zu einer signifikanten Erhöhung des Kontrastverhältnisses und einer Verringerung des Glanzes. Erwartungsgemäß haben die mit dem Anatas hergestellten Beschichtungen ein deutlich niedrigeres Deckvermögen.

	KRONOS 1077	2047	2063	2160	2190	2220	2300	2310	2430
KV [%], 20% TiO_2	94,9	95,5	96,9	95,8	97,1	95,7	97,7	97,4	96,5
KV [%], 30% TiO_2	97,1			97,7		98,5	98,8		97,3
Glanz, 20% TiO_2	79	83	77	82	83	85	78	83	82
Glanz, 30% TiO_2	75			80		79	77		77

Tab. 4: Glanz und Kontrastverhältnis (KV) der UV-härtenden Pulverlacke mit 20% und mit 30% TiO_2

	KRONOS 1077	2047	2063	2160	2190	2220	2300	2310	2430
Pendeldämpfung [s], 20%	127	141	133	135	141	131	140	141	141
Pendeldämpfung [s], 30%	116			115		110	135		112

Tab. 5: Pendeldämpfung der UV-härtenden Pulverlacke mit 20% und mit 30% TiO_2

Im Vergleich zu den zuvor behandelten Hybrid-Systemen liegt der Glanz der UV-Pulverlackbeschichtungen um 10–15 Einheiten niedriger.

3.2.2 Oberflächeneigenschaften

Die Oberflächen der UV-Pulverlacke (Beurteilung 2+, siehe Anhang) zeigen eine geringere Orangenschalenstruktur als die Hybrid-Systeme. Die Formulierung mit 20 % KRONOS 2220 führt zum besten Oberflächenverlauf (Beurteilung 1-).

3.2.3 Mechanische Eigenschaften und Vernetzung

Die Erichsen-Tiefung ergab für alle Formulierungen unabhängig vom Pigment einen Wert von 4 mm. Im Vergleich zu Hybrid-Pulverlacken (Werte von 8–10 mm) liegen diese Ergebnisse deutlich niedriger.

Bei der Pendeldämpfung zeigen sich keine eindeutigen Unterschiede zwischen den verschiedenen pigmentierten Lacken (Tab. 5). Die Erhöhung des TiO_2 -Anteils führt zu einer Abnahme der Pendeldämpfung, was auf eine geringere Vernetzungsdichte schließen lässt. Dies ist erklärbar über die Zunahme der Absorption des UV-Lichts durch das Titandioxid und damit eine entsprechende Verminderung des Lichtanteils, der noch das BAPO erreichen und zur Reaktion aktivieren kann.

Eine gute Vernetzung des Bindemittels an der Oberfläche aller UV-Pulverlacke wird durch den Acetontest mit einem Wert von 1 belegt.

Weitere eigene und andere Untersuchungen mit UV-härtenden Pulverlacken haben gezeigt, dass mit höherer UV-Intensität bzw. -Dosis eine bessere Durchhärtung dieser Lacke erzielt wird [17].

4. Polyester/Härter-Systeme für den Außeneinsatz

Als Vergleichsbasis für die neueren Pulverlackssysteme wurde das bewährte Polyester/TGIC-System getestet. Primid XL-552 ist der am häufigsten verwendete alternative Härter für Polyester-Pulverlacke. Chemisch am nächsten verwandt dem TGIC, Araldit PT 810, sind das Araldit PT 910 und dessen Weiterentwicklung hinsichtlich höherer Vernetzungsdichte, Araldit PT 912. Das Uranox-System besteht aus einem Masterbatch (Uranox P 7200) mit dem carboxylierten Polyesterbindemittel und einem Oxiran als Härter, sowie einem weiteren Masterbatch (Uranox P 7120), das den Katalysator enthält.

4.1 Optische Eigenschaften

Es wurden die Helligkeit L^* und der Farbstich b^* in weißen und in grauen Pulverlacken untersucht. Für die Optik in Weiß spielen auch das Deckvermögen und die Vergilbungsneigung beim Überbrennen eine wichtige Rolle. Separat werden Glanz und Glanzschleier sowie Ergebnisse aus Mattierungsversuchen behandelt.

4.1.1 In weißen Pulverlacken

In der Abbildung 9 ist der Helligkeitsverlauf der verschiedenen pigmentierten weißen TGIC-Pulverlacke in Abhängigkeit von der Schichtdicke aufgetragen. Dieses Beispiel zeigt, wie die Auswertung erfolgte. Für die Helligkeit L^* wie auch für den Farbstich b^* werden für die weiteren Vergleiche nur die Werte bei 85 μm Schichtdicke in den folgenden Diagrammen aufgetragen.

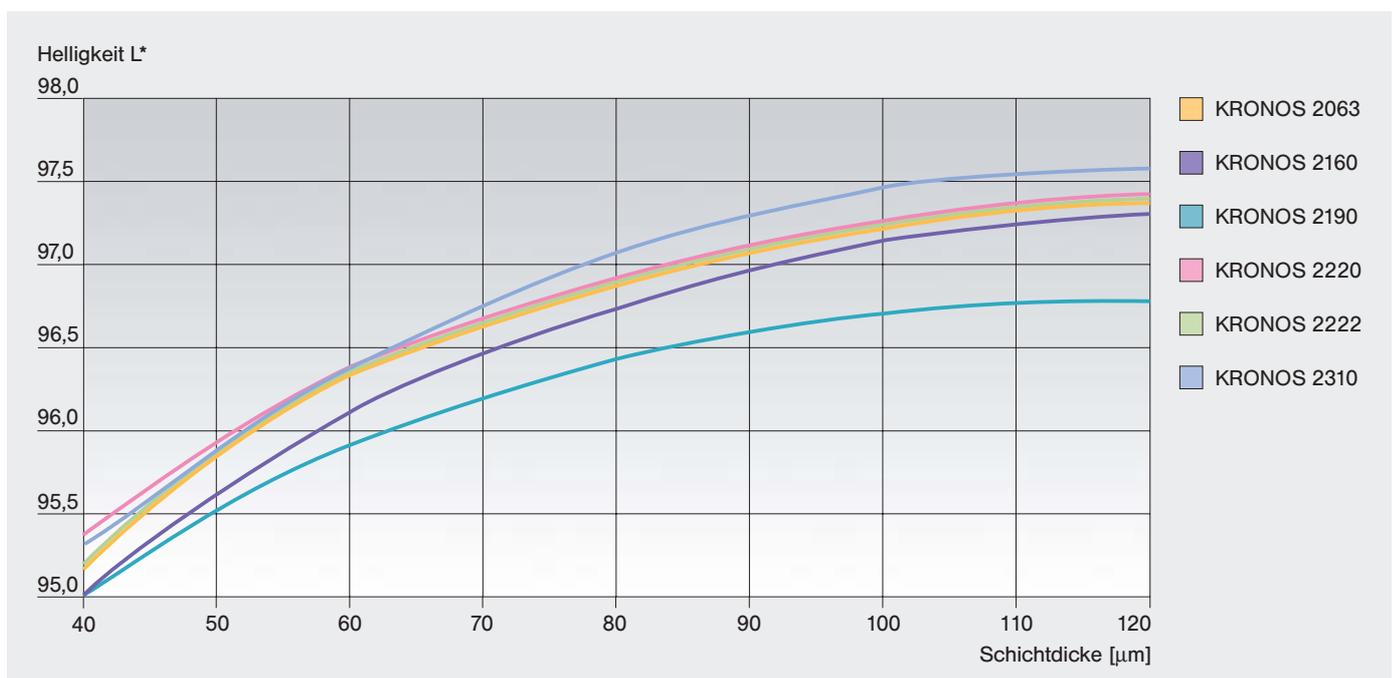


Abb. 9: Helligkeit L^* der weißen PES/TGIC-Pulverlacke in Abhängigkeit von der Schichtdicke

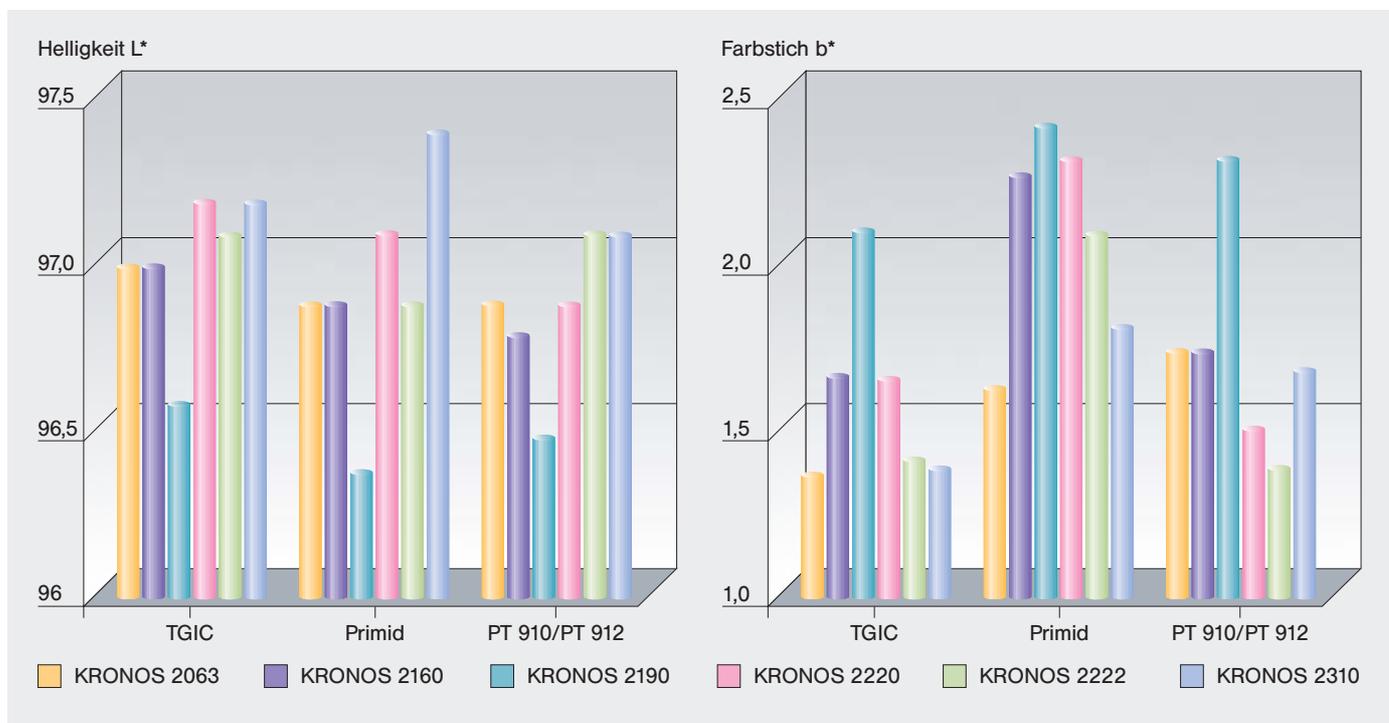


Abb. 10: Helligkeit L* und Farbstich b* der weißen PES/Härter-Pulverlacke

Aus Abbildung 10 geht hervor, dass die Helligkeit L* der Pulverlacke vom Härterssystem unabhängig ist, aber erwartungsgemäß eine Differenzierung mit verschiedenen Pigmenten zeigt. Mit KRONOS 2310 lässt sich in jedem System die höchste Helligkeit erzielen. Dies gilt gleichermaßen für das nicht aufgeführte Uranox-System.

Den neutralsten Farbstich b* erhält man mit dem TGIC-System; die Primid-haltigen Pulverlacke sind mit allen Pigmenten etwas gelbstichiger. Die Beschichtungen mit Araldit PT 910/PT 912 zeigen sehr ähnliche b*-Werte, die des Uranox-Systems sind denen mit TGIC vergleichbar. Über alle Systeme gemittelt, erhält man den geringsten Gelbstich mit KRONOS 2222. Die Primid-haltigen Lacke allerdings ergeben mit dem Sulfatprozesspigment KRONOS 2063 und mit KRONOS 2310 geringere b*-Werte. Deutlich gelbstichiger sind alle Beschichtungen mit KRONOS 2190.

Das Pigment ist primär für das Deckvermögen verantwortlich. Daher zeigen sich deutliche Unterschiede bei Pigmentwechsel (Tab. 6). In allen Pulverlackssystemen erreichen die KRONOS 2190 enthaltenden Beschichtungen bei eindeutig den niedrigsten Schichtdicken ein ΔE^* von 1 und damit das höchste Deckvermögen. Dieses resultiert aus dem stärkeren Gelbstich von KRONOS 2190, verursacht durch Spuren von farbigen Metalloxiden und der damit verbundenen höheren Lichtabsorption.

Die Vergilbung beim Überbrennen ist bei allen getesteten Pulverlacken gering (im Allgemeinen $\Delta E^* = 0,2-0,3$) und im System mit Araldit PT 910 am wenigsten ausgeprägt. Die Primid-haltigen Beschichtungen ergeben etwas höhere ΔE^* -Werte (bis 0,6). Über alle Härterssysteme gemittelt, schneiden die Lacke mit KRONOS 2190 am besten ab.

4.1.2 In grauen Pulverlacken

Die grauen Pulverlacke der drei Araldit-haltigen Systeme besitzen alle eine vergleichbare Helligkeit (Aufhellvermögen) (Abb. 11). Das Aufhellvermögen im Primid-System ist etwas geringer (1–2 Einheiten), während das Uranox-System im Schnitt etwas höhere Werte (1–1,5 Einheiten) zeigt. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen TiO₂-Pigmenten sind hier deutlicher und erreichen 1,4 Einheiten. Mit KRONOS 2190 ergibt sich das höchste Aufhellvermögen. Dies könnte mit unterschiedlich guter Dispergierung und damit entsprechender Pigmentverteilung zusammenhängen.

Über alle Härterssysteme erhält man mit KRONOS 2160 das niedrigste Aufhellvermögen. Dies ist auf seine relativ hohe anorganische Oberflächenbehandlung zurückzuführen, die nur unwesentlich zur Lichtstreuung beiträgt, aber den Anteil an TiO₂ im Pigment verringert und damit

		KRONOS 2063	2160	2190	2220	2222	2310
Schichtdicke [μm] für $\Delta E^* = 1$	TGIC	85	94	80	88	102	109
	Primid	89	100	81	96	100	104
	PT 910	94	93	83	91	92	97
	PT 912	91	91	82	96	106	99
	Uranox	93	92	83	98	101	98

Tab. 6: Deckvermögen der weißen PES/Härter-Pulverlacke

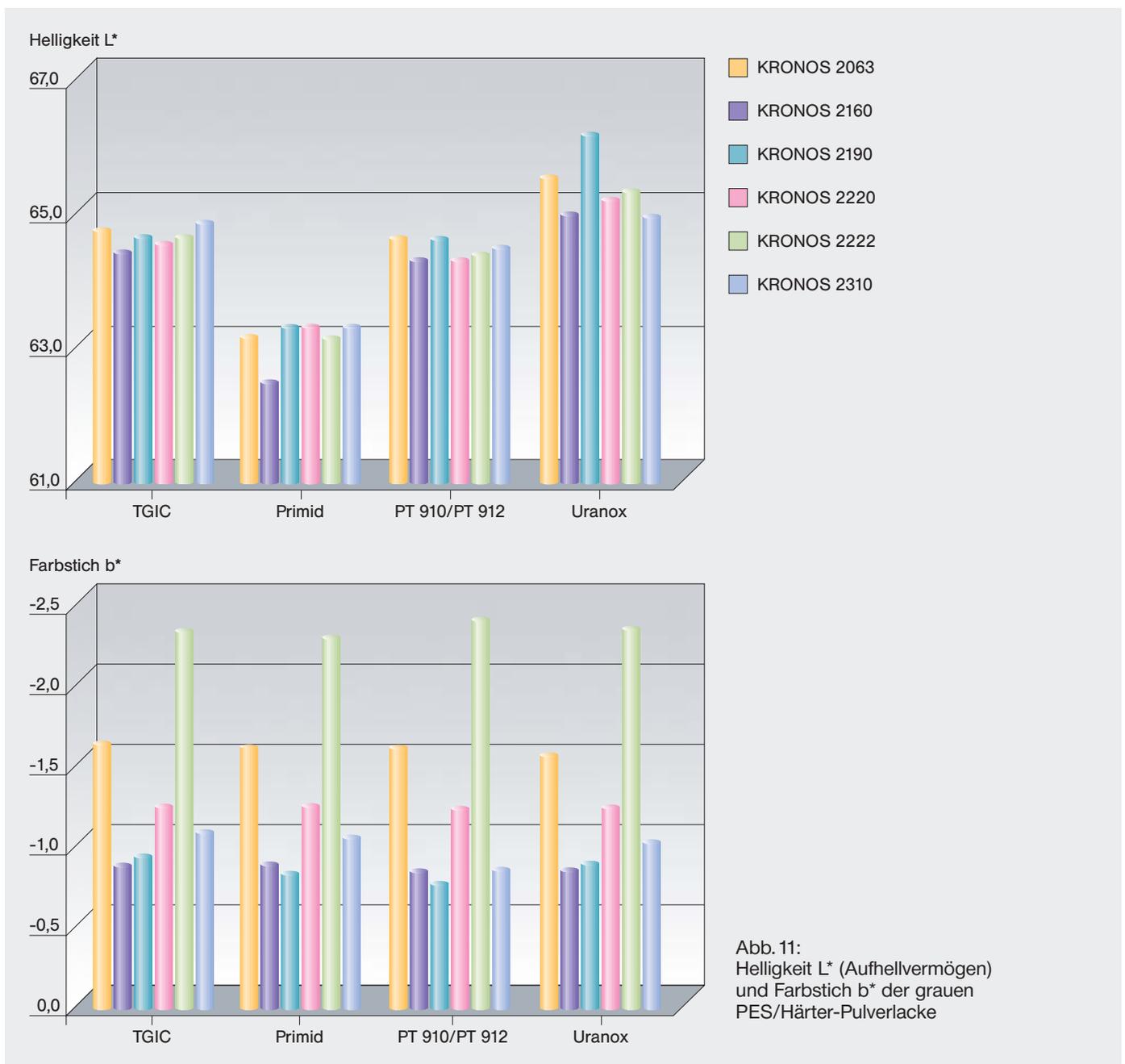


Abb. 11:
Helligkeit L* (Aufhellvermögen)
und Farbstich b* der grauen
PES/Härter-Pulverlacke

das Aufhellvermögen etwas reduziert. Diese Art der Oberflächenbehandlung, die eine relativ dichte Hülle um den TiO₂-Kern bildet, bewirkt andererseits die exzellente Witterungsbeständigkeit von KRONOS 2160 (siehe 4.6 Witterungsbeständigkeit, S. 15).

Alle fünf Härtersysteme besitzen einen vergleichbaren Farbstich b* in Grau. Generell liegt eine ausgeprägte Pigmentabhängigkeit mit Unterschieden bis zu 1,5 Einheiten vor. Auffallend ist der starke Blaustich, den KRONOS 2222 durch seine niedrige mittlere Korngröße in allen Systemen gleichermaßen bewirkt.

4.1.3 Glanz, Glanzschleier und Mattierung

Alle Beschichtungen weisen nahezu unabhängig von Pigment und Härter hohe Glanzwerte von 86–88 Einheiten und niedrige Glanzschleierwerte von 20–35 Einheiten auf. Beim Glanzschleier ist eine gewisse Differenzierung möglich. Hier bilden meist die Lacke mit den Siloxan-behandelten Pigmenten KRONOS 2220 und KRONOS 2222 und mit KRONOS 2160, wegen dessen höherem SiO₂-Gehalt, die Gruppe mit den etwas höheren Werten (bis 46 Einheiten). In den Primid-haltigen Formulierungen wurden im Durchschnitt etwas höhere Glanzschleierwerte als in den anderen Härtersystemen gefunden.

Mit dem Polyester/Primid-Lacksystem wurden in einer weiteren Reihe Versuche zur Mattierung durch hoch mit SiO₂ oberflächenbehandelte Titandioxid-Pigmente durchgeführt. Es zeigt sich, dass hier, in einem geringen Maß mit KRONOS 2047 (78 Einheiten), deutlicher mit KRONOS 2044 (50 Einheiten), eine Mattierung der Pulverlacke erreicht werden kann. Damit einher geht eine

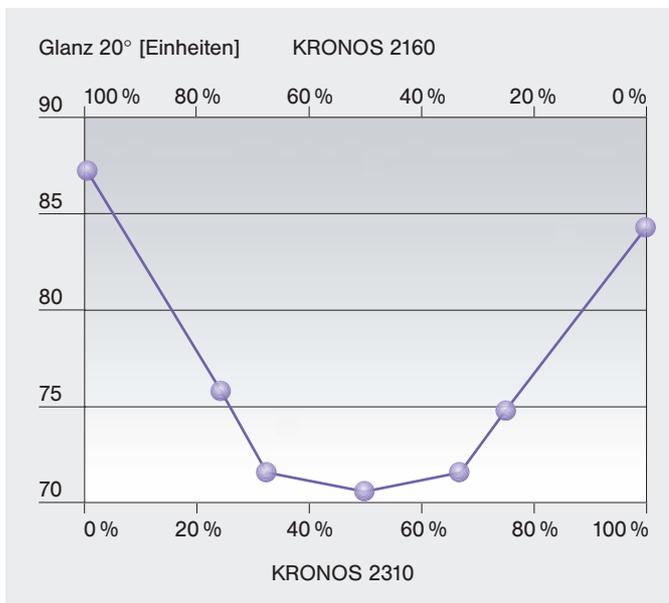


Abb. 12: Glanzwerte in Abhängigkeit vom Pulverlackmischungsverhältnis bei 85 µm Schichtdicke

entsprechende Erhöhung des Glanzschleiers (133 bzw. 360 Einheiten). Die Reduzierung des Glanzes wird durch das SiO₂ auf den Pigmentoberflächen hervorgerufen, das auch in den meisten konventionellen Lacksystemen zu einer Mattierung führt.

Im System Polyester/Araldit PT 910 wurde ein anderer Weg zur Mattierung beschritten. Aufgrund der hohen Gelzeiten mit hoch SiO₂-behandelten Pigmenten erscheint dieses Pulverlacksystem für TiO₂-Pigmente wie KRONOS 2047 oder besonders KRONOS 2044 wegen unzureichender Vernetzung nicht geeignet. Dies zeigt sich abgeschwächt auch in früheren Untersuchungen in einem Hybrid-System, in dem der Einsatz von KRONOS 2044 neben der starken Verlängerung der Gelzeit auch zu einer deutlichen Einbuße der Elastizität (Erichsen-Tiefung) geführt hat [18].

Daher wurde versucht, niedrigere Glanzwerte durch Mischung von zwei unterschiedlichen Pigmenten vor der Extrusion (Pigmentmischung) bzw. durch Mischen von mit jeweils einem Pigment hergestellten Pulverlacken (Pulverlackmischung) einzustellen. Besonders geeignet für diese Versuche sind die Pigmente KRONOS 2310 und KRONOS 2160. Ihre sehr unterschiedlichen Gelzeiten führen zur Glanzreduktion, ähnlich wie mit unterschiedlich schnell reagierenden Bindemitteln [19]. Außerdem sind beide Pigmente aufgrund ihrer Oberflächenbehandlung für den Außeneinsatz geeignet (siehe 4.6).

Während die Pigmentmischung bei einem Massenverhältnis von 1:1 nur einen minimalen Effekt bringt, ergibt sich mit der Pulverlackmischung maximal (1:1) eine Erniedrigung der Glanzwerte von etwa 15 Einheiten bei 85 µm Schichtdicke (Abb. 12). Bei Beschichtungsstärken von 95 µm lässt sich dieser Effekt auf etwa 20 Einheiten steigern.

4.2 Oberflächenstruktur

Die Oberflächenstruktur wurde visuell bewertet und mit dem Wave Scan (siehe Anhang) gemessen. Beim visuell beurteilten Verlauf schneiden die Polyester/TGIC- und die Polyester/Primid-Pulverlacke gleich gut ab. Beide Systeme zeigen keinen Pigmenteinfluss. Die Wave Scan-Ergebnisse zeigen, dass die mit dem Primid-System erstellten Oberflächen leicht unruhiger als die mit dem TGIC-Pulverlack sind.

Mit den Araldit-Systemen PT 910/PT 912 erhält man einen deutlicheren Oberflächeneffekt. Die ausgeprägteste Orangenschalenstruktur ergibt sich mit dem Uranox-System. Es ist keine eindeutige Pigmentabhängigkeit erkennbar.

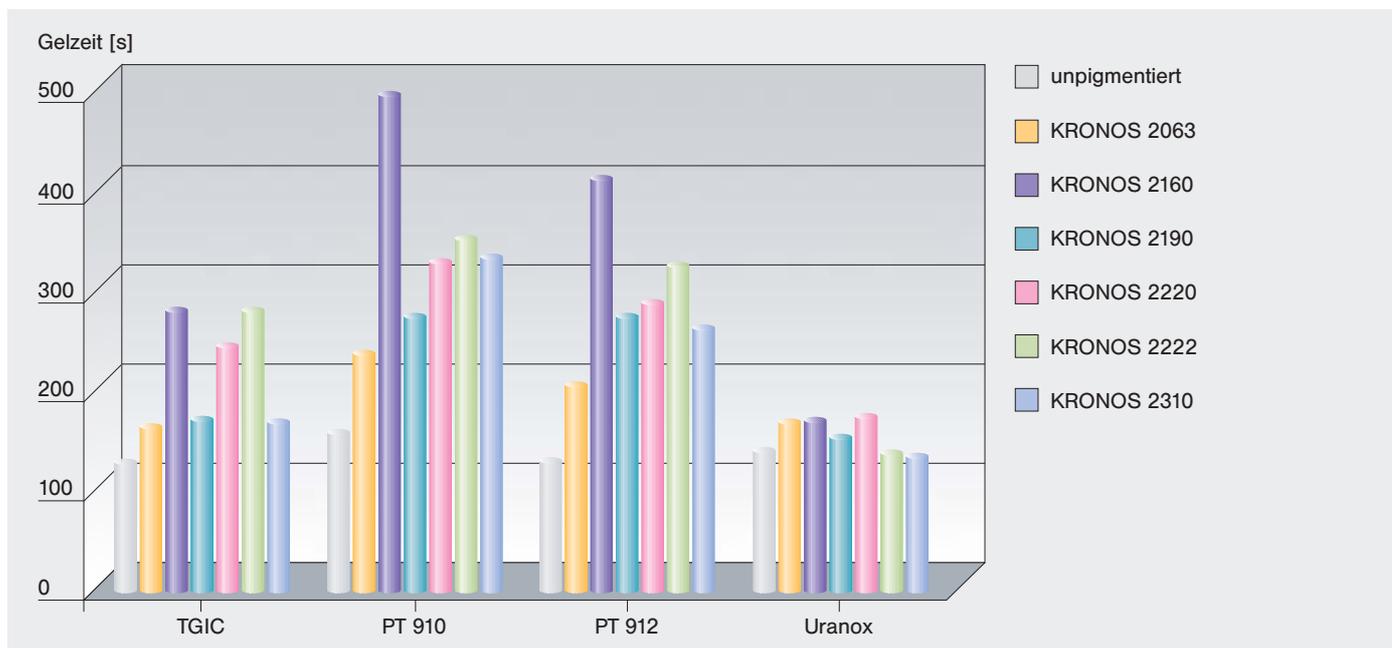


Abb. 13: Gelzeiten der PES/Härter-Pulverlacke in Abhängigkeit vom TiO₂-Pigment

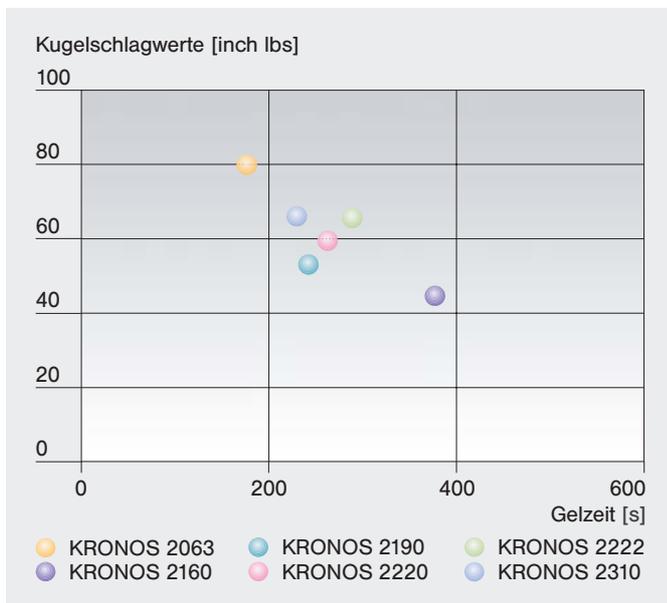


Abb. 14: Zusammenhang zwischen Elastizität und Gelzeit verschieden pigmentierter PES/Araldit PT 912 Pulverlacke

In einer Formulierung des Polyester/Primid-Systems mit 30% TiO_2 wurden Untersuchungen mit 14 verschiedenen Verlaufsadditiven (1%) jeweils mit den Pigmenten KRONOS 2160 und KRONOS 2222 durchgeführt. Es wurden farbmimetrische Werte, Glanz, Glanzschleier, Verlauf und Gelzeit bestimmt. Dabei beeinflusste der Additivwechsel die Helligkeit nur geringfügig, während er beim Farbstich b^* zu deutlicheren Veränderungen führte. Mit allen Verlaufsadditiven zeigen die Lackierungen mit KRONOS 2222 einen etwas stärkeren Gelbstich. Die Vergilbung beim Überbrennen liegt für alle Formulierungen bei einem ΔE^* von 0,73–0,99 Einheiten. Die Gelzeiten schwanken zwischen 185 und 217 Sekunden.

Zwei Kombinationen von einem Polyacrylat (Resiflow PV 5) mit jeweils einem Rhizinusölderivat (Thixcin E bzw. Thixatrol ST) zeigen die besten Ergebnisse im Verlauf.

4.3 Gelzeit

Es zeigt sich, dass die Gelzeiten (Abb. 13) der Araldit-Pulverlacke von der Funktionalität der Härter abhängen. Araldit PT 810 besitzt die höchste Funktionalität und führt zu den niedrigsten Gelzeiten. Mit Araldit PT 910 werden die höchsten Gelzeiten beobachtet bei niedrigster Funktionalität. Auf die Gelzeiten von Polyester/Araldit-Pulverlacken hat der eingesetzte Titandioxidtyp großen Einfluss. In jedem Fall verlängert TiO_2 die Gelzeit im Vergleich zum Klarlack. Die lange Gelzeit bei der Verwendung von KRONOS 2160 ist durch die relativ hohe Menge an Siliziumdioxid auf seiner Oberfläche zu erklären, das bei dieser Art von Polyaddition immer die Reaktionsgeschwindigkeit verringert. Die ebenfalls langen Gelzeiten mit KRONOS 2220 und besonders KRONOS 2222, die nicht so hohe SiO_2 -Gehalte auf der Oberfläche haben, sind vermutlich auf Wechselwirkungen mit der organischen Komponente, dem Polysiloxan, zurückzuführen.

Das Primid-System, das als einziges der hier behandelten Formulierungen in einer Polykondensation reagiert und sich damit grundlegend von den anderen unterscheidet, zeigt in seiner Gelzeit keine Abhängigkeit vom Titandioxidtyp. Es ist auch das einzige Pulverlacksystem, in dem TiO_2 die Gelzeit im Vergleich zur unpigmentierten Formulierung verkürzt (von 245 auf 161–172 Sekunden).

Der Einfluss der Pigmente auf die Gelzeit ist im Uranox-System vergleichsweise gering.

4.4 Mechanische Eigenschaften

Die Elastizität aller hier betrachteten Pulverlacksysteme, bestimmt als Erichsen-Tiefung, liegt oberhalb des Maximums von 10 mm. Unterschiede gibt es in der Kugelschlagprüfung. Diese erreicht für die Systeme PES/TGIC und PES/Primid Werte von über 160 inch lbs. Dagegen zeigen die Beschichtungen mit Araldit PT 910/PT 912 deutlich geringere Werte bei PT 910 mit 46–50 inch lbs. Mit PT 912 sind die Kugelschlagwerte meist etwas höher und weiter gestreut, so dass sich eine Pigmentabhängigkeit feststellen lässt. Diese steht mit der Gelzeit im Zusammenhang (Abb. 14): je kürzer die Gelzeit umso höher der Kugelschlagwert. Vor allem die Beschichtung mit KRONOS 2160 erreicht mit 45 inch lbs nur eine sehr niedrige Elastizität. Sie wurde daher ein zweites Mal unter gleichen Bedingungen eingebrannt und konnte dadurch den Wert für die Kugelschlagprüfung fast verdoppeln.

Für diese beiden Systeme ist allerdings zu beachten, dass die Formulierung nach Empfehlung des Bindemittelherstellers gewählt wurde. Der Härterproduzent hingegen rät zu einer Erhöhung des Anteils von Araldit PT 910 von 4,6% auf 7,5% [20].

Die Kugelschlagwerte mit dem Uranox-System liegen zwischen 47 und 51 inch lbs.



Elektrostatische Pulverlackapplikation

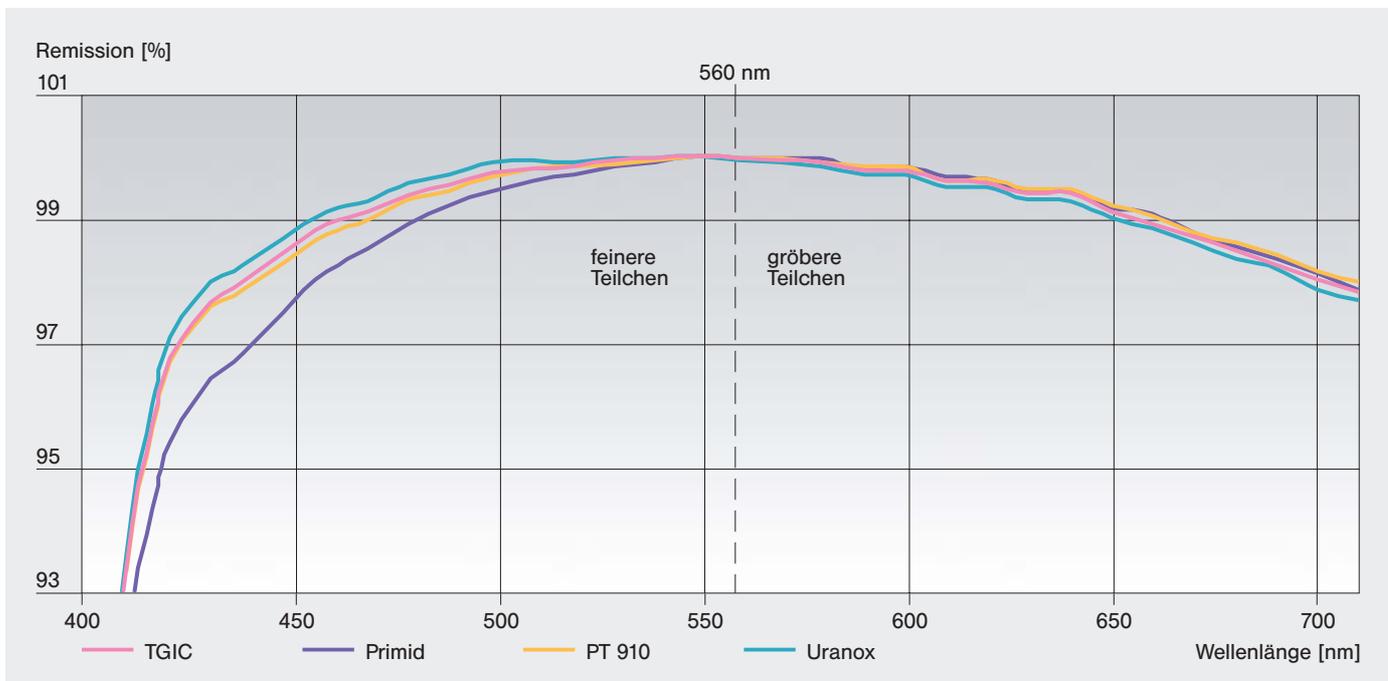


Abb. 15: Normierte Remissionskurven der PES/Härter-Pulverlacke mit KRONOS 2160

4.5 Qualität der Dispergierung

Die Qualität der Dispergierung von TiO_2 , d.h. wie fein das Pigment im Lackfilm verteilt ist, lässt sich mit einer Methode abschätzen, die in letzter Zeit bei KRONOS entwickelt wurde und mit der die Verteilungswerte bestimmt werden [21]. Hierfür wird die mit einem spektral messenden Photometer aufgenommene Remissionskurve im Bereich von 380–720 nm des sichtbaren Lichts (ähnlich wie in Abbildung 6, S. 7) verwendet. Unter der Annahme, dass bei weißer, mit TiO_2 pigmentierter Beschichtung die einzelnen Remissionswerte dieser Kurve von der Anzahl der Pigmentteilchen einer bestimmten Größenklasse abhängig sind, ist die Remissionskurve eine (verzerrte) Abbildung der Korngrößenverteilung der Pigmentteilchen in der betrachteten Matrix. Teilt man

die Remissionskurve senkrecht zur Wellenlängennachse, z.B. bei 560 nm, in zwei Teile und normiert sie an dieser Stelle, so entspricht die Fläche im kurzwelligen (linken) Bereich unter der Remissionskurve der Anzahl an vergleichsweise feinkörnigen Teilchen und die Fläche im langwelligen (rechten) Bereich der Anzahl an vergleichsweise grobkörnigen Teilchen (Abb. 15). Das Verhältnis der Flächen feinteilig/grobteilig $\times 100$ ist der Verteilungswert, der den Verteilungszustand des Pigments in der Matrix kennzeichnet [21].

Diese Methode wurde auf die verschiedenen Polyester/Härter-Pulverlacke angewandt und das Ergebnis ist in Abbildung 16 dargestellt. Das System mit Araldit PT 912 wurde nicht mit aufgeführt, da es nahezu die gleichen Werte ergibt wie das mit PT 910. Auf den



Abb. 16: Verteilungswerte der einzelnen Pigmente in den verschiedenen PES/Härter-Pulverlacken

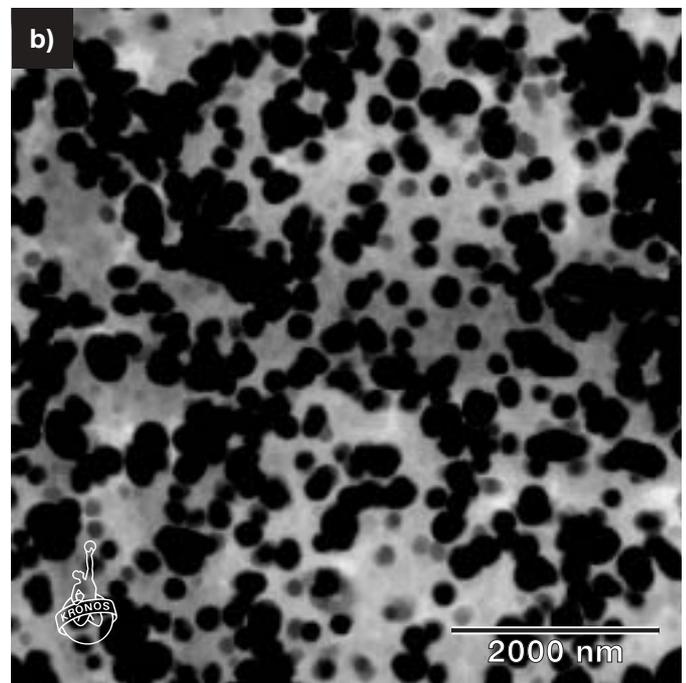
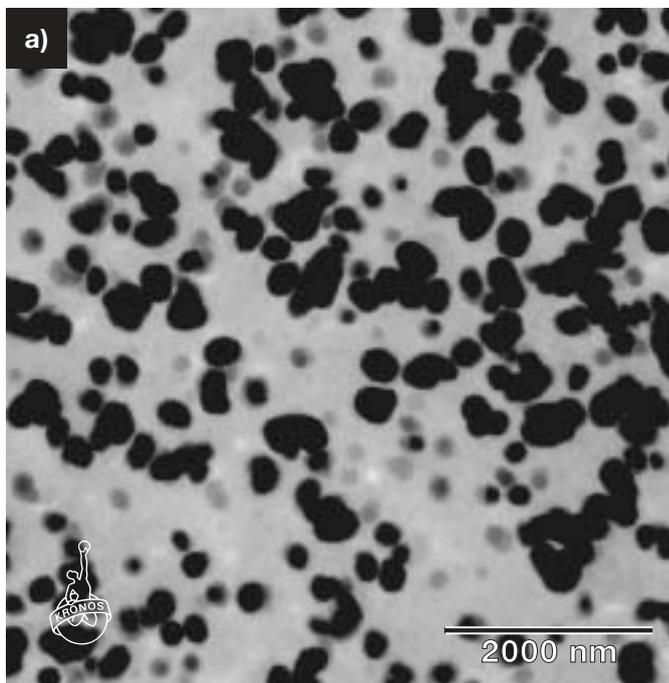


Abb. 17: TEM-Aufnahmen von PES/Araldit PT 910-Beschichtungen mit a) KRONOS 2190 und b) KRONOS 2222

ersten Blick ist ersichtlich, dass die Beschichtungen mit KRONOS 2190 niedrigere Verteilungswerte zeigen und die mit KRONOS 2222 höhere als der Durchschnitt. Von der Teilchengrößenverteilung her, wie sie dem Pigment bei der Produktion mitgegeben wird (Tab. 2, S. 4), sollte sich KRONOS 2190 nicht sehr von KRONOS 2063 unterscheiden. Der Unterschied in den Verteilungswerten zeigt daher, dass KRONOS 2190 in allen fünf Pulverlacksystemen nicht optimal dispergiert ist. Die Ursache hierfür ist noch nicht bekannt. KRONOS 2222 dagegen bietet aufgrund seiner niedrigen mittleren Teilchengröße und auch seiner geringen Verteilungsbreite die Voraussetzung, auch in den Pulverlacken hohe Verteilungswerte zu erreichen. Mit Ausnahme des Primid-Systems ist das der Fall. Die Pigmente KRONOS 2160, KRONOS 2220 und KRONOS 2310 haben vergleichbare mittlere Teilchengrößen und in den meisten Systemen auch ähnliche Verteilungswerte. Besonders KRONOS 2310 hebt sich durch eine gleichmäßig gute Dispergierbarkeit in allen Systemen positiv hervor. Generell ist aber die Dispergierbarkeit der Pigmente in den Systemen unterschiedlich gut, so im Primid-System etwas niedriger, dagegen im Uranox-System etwas besser. Im Primid-System zeigt sich die gute Dispergierbarkeit von KRONOS 2063 deutlich.

Aufnahmen mit einem Transmissionselektronenmikroskop von 200 nm dicken Schnitten senkrecht zur Oberfläche der Beschichtung zeigen die mit den Verteilungswerten gefundenen Unterschiede bezüglich der Pigmentdispergierung nicht so differenziert. Hier lassen sich nur Unterschiede bezüglich Verteilung und Feinteiligkeit der Pigmente zwischen den beiden Extremen der Lacke mit KRONOS 2222 und mit KRONOS 2190 erfassen (Abb. 17). Die Verteilungswerte bieten also eine viel empfindlichere und vor allem eine quantitative Methode, um die Güte der Pigmentdispergierung zu beurteilen.

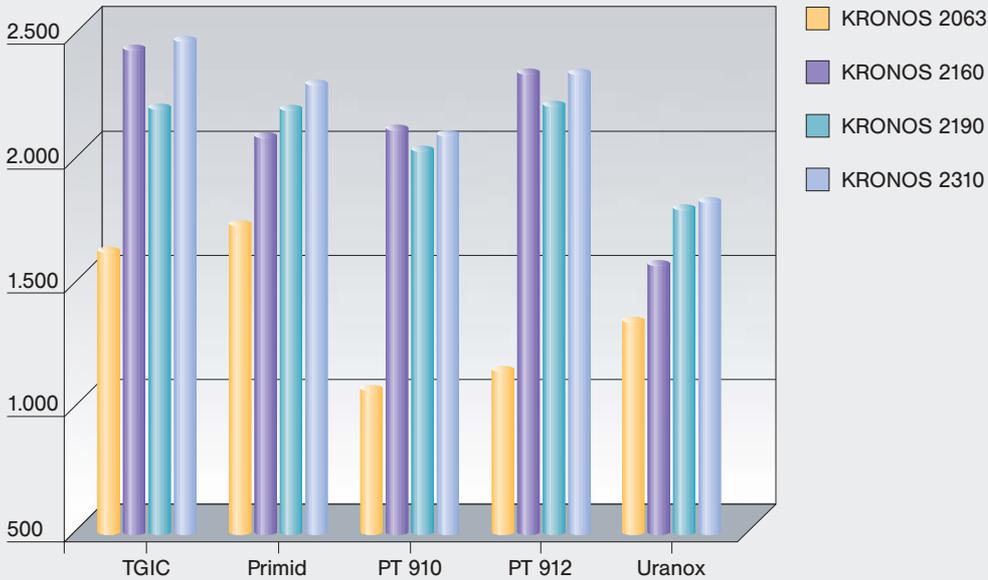
4.6 Witterungsbeständigkeit

Die Ergebnisse der Kurzbewitterung im Weather-Ometer mit Xenonstrahler sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Glanzhalbwertszeiten differenzieren für die meisten Pulverlacke in Abhängigkeit vom Pigment mit Ausnahme von KRONOS 2063 nur wenig. Das hängt damit zusammen, dass Glanz bzw. Glanzverlust primär eine Funktion des Bindemittels ist. Es lässt sich aus den Werten lediglich ersehen, dass die Formulierung mit KRONOS 2063, das nur für den Inneneinsatz empfohlen wird, eine deutlich kürzere Halbwertszeit aufweist. Dagegen kann man anhand der Glanzhalbwertszeit recht gut die Stabilität der einzelnen Bindemittel-/Härterssysteme ablesen. So zeigt sich deutlich, dass das Uranox-System eine geringere Witterungsstabilität im Vergleich zu den anderen vier Systemen hat.

Der Kreidungsbeginn zeigt eindeutigere Unterschiede zwischen den verschiedenen pigmentierten Pulverlacken, da die Kreidung primär eine Eigenschaft des Pigments ist. Hier beweist sich in allen Systemen die hervorragende Witterungsstabilität von KRONOS 2160, die die von KRONOS 2310 noch etwas übertrifft. KRONOS 2190 kann dort für den Außeneinsatz empfohlen werden, wo nicht allerhöchste Beständigkeit gefordert wird. Für den Außenbereich nicht geeignet ist KRONOS 2063, das hier als Tiefstandard für die Bewitterung dient.

Im Vergleich zum TGIC-System ergeben alle anderen Systeme kürzere Zeiten bis zum Kreidungsbeginn. Bezüglich der Formulierungen mit Araldit PT 910 sollte das nach Erfahrungen des Härterherstellers [20] nicht der Fall sein. Mögliche Ursachen hierfür können die unterschiedliche Vernetzungsdichte und verschiedenen gute Titandioxid-Verteilungen sein [22].

20°-Glanzhaltzeit [h]



Kreidungsbeginn [h]

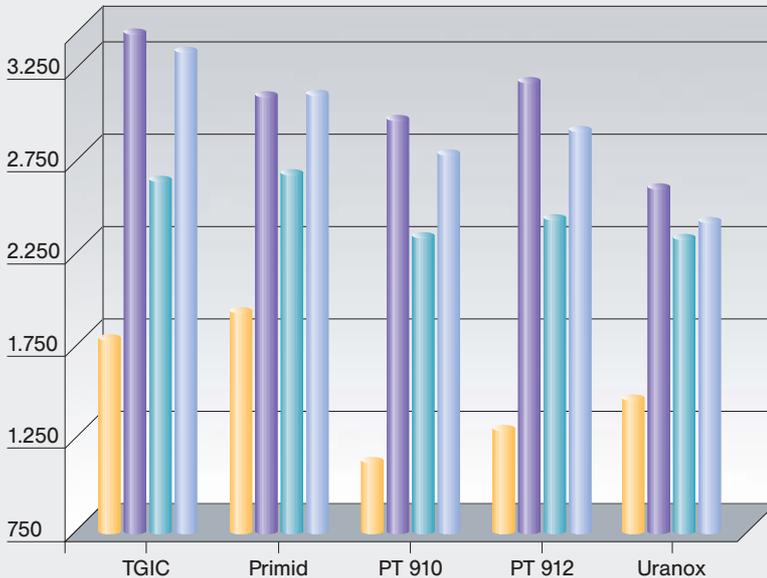


Abb. 18: Glanzhaltzeit und Kreidungsbeginn der weißen PES/Härter-Pulverlacke in Abhängigkeit vom Pigment (Xenon-Weather-Ometer)

Im Uranox-System zeigt auch der Kreidungsbeginn wie die Glanzhaltung nur wenig Pigmentabhängigkeit, allerdings entsprechen die Tendenzen den Erfahrungswerten.

Zum Vergleich zwischen Kurz- und Freilandbewitterung wird hier eine frühere Bewitterungsreihe mit einem TGIC-haltigen Pulverlack aufgeführt, bei dem ein hochbeständiger Polyester eingearbeitet wurde. Es ist ersichtlich, dass die Freilandbewitterung die gleiche Rangfolge bezüglich Glanzhaltung und Kreidungsbeginn liefert wie sie aus der Gerätebewitterung hervorgeht.

Die Beschichtung mit KRONOS 2160, gefolgt von der mit KRONOS 2310, zeigt die höchste Wetterbeständigkeit. KRONOS 2190 genügt nicht mehr höchsten Ansprüchen, verfügt aber auch über eine gute Wetterresistenz. KRONOS 2063 ist eindeutig nur für die Innenanwendung einsetzbar und fungiert hier als Tiefstandard (Abb. 19).

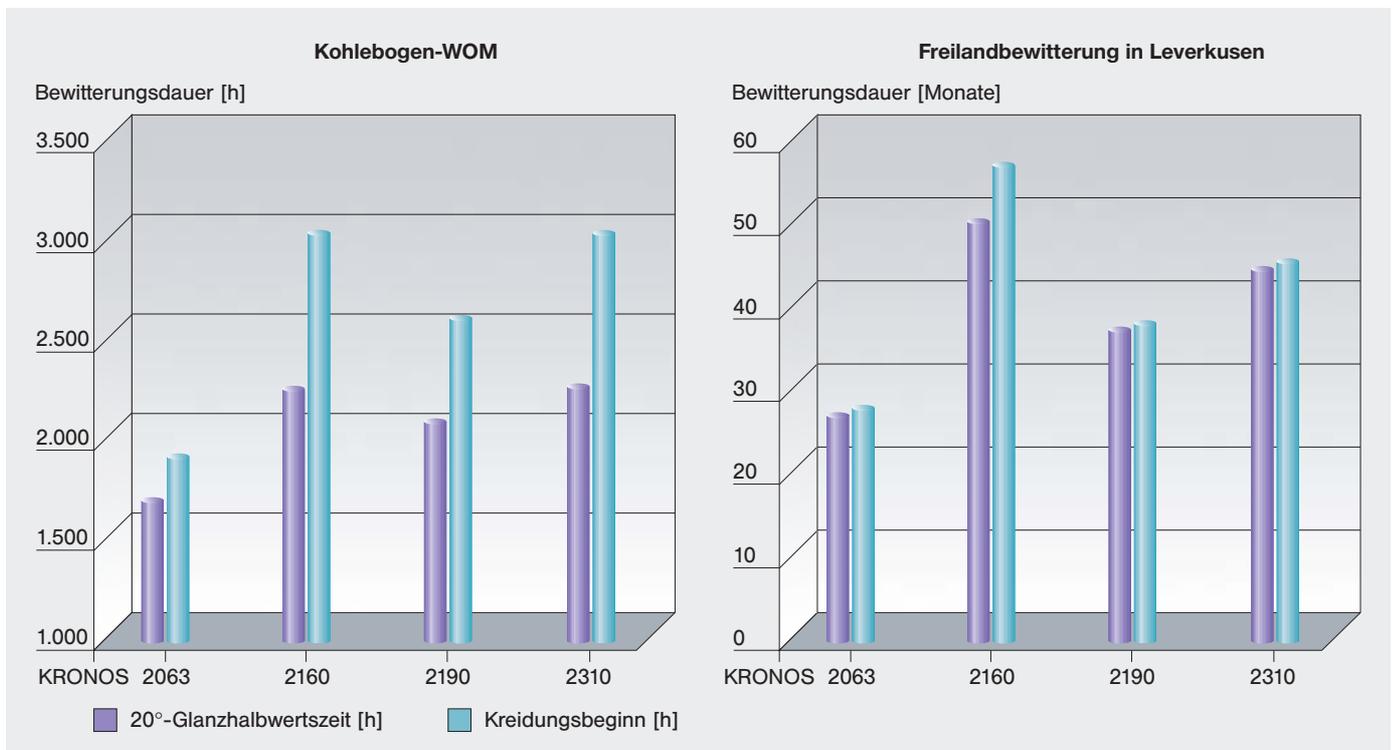


Abb. 19: Bewitterungsergebnisse eines TGIC-haltigen Pulverlacks mit hochwitterungsstabilem Polyester

5. Zusammenfassung und Pigmentempfehlungen

Anwendung	Außen		Innen		
	allgemein	matt	allgemein	blautichig	UV
KRONOS 2063			●		●
KRONOS 2160	●	◐			
KRONOS 2190	○		○		
KRONOS 2310	●	◐			
KRONOS 2430*				●	

● besonders empfohlen, ○ empfohlen, ◐ in Kombination miteinander empfohlen (siehe Abb. 12, S. 12)
 * Nachfolgepigment: KRONOS 2450

Tab. 7: Pigmentempfehlungen für Pulverlacke

Unter Berücksichtigung aller hier behandelten Ergebnisse lassen sich folgende Punkte zusammenfassen:

Im Hybridsystem zeichnet sich KRONOS 2063 durch hohe Helligkeit, neutralen Farbton sowie hohes Aufhellvermögen aus. Das besonders feinteilige KRONOS 2430 ist für blautichige, helle Pulverlacke für den Innenbereich geeignet, wie z.B. für Lampengehäuse. Für die Pigmentierung von UV-härtenden Pulverlacken für Innenanwendungen ist KRONOS 2063 geeignet. Höchsten Witterungsansprüchen werden KRONOS 2160 und KRONOS 2310 in Polyester-Pulverlacken gerecht.

Durch Mischung von unterschiedlich pigmentierten Pulverlacken, die sich in ihrer Gelzeit deutlich unterscheiden, wie hier am Beispiel von KRONOS 2160 und KRONOS 2310 mit PES/Araldit PT 910 gezeigt, können unterschiedliche Glanzgrade über das Mischungsverhältnis eingestellt werden.

Pigmentempfehlungen für die verschiedenen Pulverlacksysteme sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

6. Anhang

Formulierungen

Rohstoffe	Weiß [Massen %]	Grau [Massen %]
Uralac P 5127 ¹⁾	32,85	28,30
Epikote 1055	32,85	33,00
Rußmasterbatch ²⁾	–	4,35
Benzoin	0,50	0,55
Resiflow PV 5	1,00	1,00
KRONOS Titandioxid	32,80	32,80

¹⁾ ältere Rezeptur mit 32,85% Uralac P 2127®
²⁾ Rußmasterbatch mit 5% Farbruß

Tab. 8: Formulierung der weißen und der grauen Hybrid-Pulverlacke

Rohstoffe	Rezeptur 1 [Massen %]	Rezeptur 2 [Massen %]
Uracross P 3125	56,18	48,84
Uracross P 3898	11,74	10,21
Uracross P 3307	8,68	7,55
Resiflow PV 5	1,00	1,00
Irgacure 819	2,00	2,00
Irgacure 2959	0,40	0,40
KRONOS Titandioxid	20,00	30,00

Tab. 9: Formulierungen der UV-härtenden Pulverlacke

Rohstoffe	Rezeptur 1 [Massen %]	Rezeptur 2 [Massen %]	Rezeptur 3 [Massen %]	Rezeptur 4 [Massen %]	Rezeptur 5 [Massen %]
Uralac P 5010	61,00	–	–	–	–
Araldit PT 810	4,60	–	–	–	–
Uralac P 865	–	62,50	–	–	–
Primid XL-552	–	3,20	–	–	–
Uralac P 3495	–	–	61,00	–	–
Araldit PT 910	–	–	4,60	–	–
Uralac P 3495	–	–	–	61,00	–
Araldit PT 912	–	–	–	4,60	–
Uranox P 7200	–	–	–	–	62,50
Uranox P 7120	–	–	–	–	3,20
KRONOS Titandioxid	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90
Resiflow PV 5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Benzoin	0,50	0,40	0,50	0,50	0,40

Anmerkung: Graueinfärbung: 4% Bindemittel getauscht gegen 4% eines 5%igen Rußmasterbatches

Tab. 10: Rezepturen der weißen PES/Härter-Pulverlacke

Methoden

Tätigkeit	Gerät	Parameter	Werte*
Mischen	Labormischer	Umdrehungen Laufzeit	2000 min. ⁻¹ 120 s
Extrudieren	Labor-Doppel- schneckenextruder	Schneckendurchmesser Schneckenlänge Dosiereinstellung Extruderdrehzahl Drehmoment Zylindertemperatur Schmelztemperatur Kühlwalzeneinstellung	19 mm 295 mm 1,4 (1,7) 300 min. ⁻¹ 70–80 (55–60)% Zone 1: 95 (90)°C, Zone 2: 110°C 110°C 4,0
Zerkleinern	Labormixer	Laufzeit	15 s
Mahlen	Ultrazentrifugalmühle	Siebeinsatz	1 mm
Sieben	Vibrationssieb	Maschenweite Amplitude Laufzeit	125 µm 1,7 mm 4 min
Beschichten	Corona Handpistole Substrat	Spannung Aluminiumbleche Schichtdicke	60 kV Weiß: 30–150 µm (~ 80 µm) Grau: 60– 90 µm (~ 80 µm)
Einbrennen	Umluftofen	Zeit Objekttemperatur	10 (20) min 200 (180)°C
UV-Pulverlacke Aushärte- Bedingungen	IR-Ofen Lampen Band	Aufschmelztemperatur Typ Leistung Geschwindigkeit	140°C Hg-Dampflampen Gallium dotiert 2x80 W cm ⁻¹ 3 m min. ⁻¹

* Werte für PES/Härter-Pulverlacke (für Hybrid-Pulverlacke in Klammern)

Tab. 11: Herstell- und Applikationsparameter

Eigenschaft	Gerät	Vorgehen*
Helligkeit L*	Spektralphotometer	in Anlehnung an DIN 5033-1
Farbstich b*	Spektralphotometer	in Anlehnung an DIN 5033-1
Deckvermögen		$\Delta E^* = E^* (85 \mu\text{m}) / E^* (> 200 \mu\text{m})$
Kontrastverhältnis		$KV = Y_{\text{schwarz}} / Y_{\text{weiß}} \times 100$ bei 70 µm
Glanz	Glanzmessgerät	20° bei 80–90 µm
Glanzscheier	Glanzmessgerät	20° bei 80–90 µm
Vergilben ΔE^* bei Überbrennen	Umluftofen	200°C, 10 min (30 min)

* Werte für PES/Härter-Pulverlacke (für Hybrid-Pulverlacke in Klammern)

Tab. 12: Testmethoden für optische Eigenschaften

Oberflächeneigenschaften		
Visuelle Bewertung	Noten	1: spiegelglatt – 6: wie Hammerschlaglack
Wave Scan®, 60°	KW: 0,1–1,2 mm, LW: 1,2–12 mm	
Acetontest 50 Hübe mit Aceton-getränktem Vlies	Noten	1: Oberfläche unverändert – 5: Oberfläche völlig zerstört
Mechanische Eigenschaften		
Erichsen-Tiefung	nach EN ISO 1520	
Kugelschlagprüfung	nach ASTM D 2794	
Pendeldämpfung nach König	in Anlehnung an DIN EN ISO 1522	
Gelzeit	in Anlehnung an ISO 8130-6	

Tab. 13: Testmethoden für weitere Eigenschaften

Gerät	Betriebsweise
Weather-Ometer mit Xenonstrahler	24 h im Wechsel: 102 Min. Bestrahlung ohne Beregnung 18 Min. Bestrahlung mit Beregnung Schwarztafeltemperatur: 50°C Relative Feuchte: 60–80 %
Weather-Ometer mit Kohlenbogen	19 h im Wechsel: 17 Min. Bestrahlung ohne Beregnung 3 Min. Beregnung ohne Bestrahlung Schwarztafeltemperatur: 50°C 5 h Dunkellagerung Relative Feuchte: 60–80 %
Freilandbewitterung	45° Süd in Leverkusen-Engstenberg in Anlehnung an DIN 53 166

Tab. 14: Betriebsweisen der Bewitterung

Methode	Beschreibung
Glanzhaltwertzeit	Bewitterungsdauer bis 50 % Glanzverlust, bezogen auf Ausgangswert, erreicht
Kreidung nach Kempf in Anlehnung an DIN 53 159	10: keine Kreidung – 1: starke Kreidung Kreidungsbeginn bei Stufe 6–7

Tab. 15: Auswertung der Bewitterung

Wortmarken

Araldit: Vantico, Schweiz
 Epikote: Shell, Holland
 Irgacure: Ciba Speciality Chemicals, Schweiz
 Primid: Ems-Primid, Schweiz
 Resiflow: Worlee-Chemie, Deutschland
 Thixcin, Thixatrol: Elementis, Inc., USA
 Uralac, Uracross, Uranox: DSM, Holland
 Wave Scan: Byk Gardner, USA

Literatur

- [1] CEPE 2000
- [2] M. Mauß, Die Zukunft der Pulverbeschichtung, Farbe & Lack, 2002, Nr. 3, S. 66
- [3] F. Busato, The Coatings Agenda Europe 2002, S. 50
- [4] R. Strouhal, Powder Coating in Europe, Powder Coating Europe 2002, S. 3 ff
- [5] F. Henglein, K. Ahne, Coloured Aluminium Pigments for Powder Coatings, Powder Coating Europe 2002, S. 195 ff
- [6] A. Hofland, M. Antonisse, R. Baijards, Verfkroniek, Februar 2001, S. 22 ff
- [7] L. Karlsson, Powder Coating, Finishing, Mai 2000, S. 11 ff
- [8] H. Binder, R. Blum, R. Königer, W. Paulus, W. Schrof, R. Schwalm, Strahlungshärtung als Alternative zur thermischen Härtung, Farbe & Lack, 1999, Nr. 11, S. 38 ff
- [9] K. Bär, M. Sedlmeyr, Innovation by NIR, Powder Coating Europe 2000, S. 321 ff
- [10] W. Woltering, W. Kreis, H.J. Streitberger, Powder Clearcoat for Conventional Application Equipment, Proceedings XVIII. Surcar, Cannes 1997
- [11] DSM Coating Resins Powder Coating Market Survey 2001
- [12] Irfab, Welt-Pulverlackmarkt, Farbe & Lack, 2002, Nr. 8, S. 13
- [13] DSM Resins Powder Coating Resins Application Guide, Jan. 2002, S. 7
- [14] T. Brock, Rund um TGIC-freie Pulverlacke, Farbe & Lack, 2000, Nr. 2, S. 38
- [15] Rosarote Zukunft für Pulverlacke?, Farbe & Lack, 2001, Nr. 5, S. 66
- [16] J. Bender, H. Laver, K. Lehmann, R. Margraf, O. Schmid, The Formulation of UV-Curable Powder Coatings, RadTech Europe 1999, S. 615 ff
- [17] R. Bayards, M. Antonisse, E. Meij, Effect of Coating Composition on UV Curable Powder Coatings, RadTech Europe 2001, S. 111 ff
- [18] J. Bender, Titandioxid-Pigmente in Pulverlacken, KRONOS INTERNATIONAL, INC. 1995
- [19] P. Thometzek, U. Freudenberg, H.-U. Meier-Westhues, Wetterbeständige Pulverlacke mit niedrigem Glanzgrad, Farbe & Lack, 1999, Nr. 9, S. 46 ff
- [20] Ph. Gottis, Technische Dokumentation Vantico
- [21] J. Schmelzer, Mit Remissionskurven Pigmentverteilungen bestimmen, Farbe & Lack, 2001, Nr. 2, S. 37 ff
- [22] J. Schmelzer, Witterungsbeständigkeit von Beschichtungen, Farbe & Lack, 1997, Nr. 1, S. 40 ff

Foto Rückseite:
Noblesse GmbH & Co. KG, D-76768 Berg/Pfalz

Diese Ausführungen sollen dem Verbraucher Hinweise und Anregungen geben; sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind unverbindlich. Gesetzliche Bestimmungen, auch hinsichtlich etwaiger Schutzrechte Dritter, müssen in jedem Fall beachtet werden. Um unseren Kunden bei der Anwendung unserer Produkte jede technische Hilfe zu bieten, untersuchen wir spezielle Probleme gern in unseren Laboratorien.

