

Schwarz und trotzdem kalt

Spezielle Mischphasenmetalloxid-Pigmente lassen sich so einstellen, dass sie IR-Licht effektiv reflektieren. Beschichtungen für den Außenbereich beigegeben können sie die Aufheizung sonnenbestrahlter Oberflächen deutlich senken. Gleichzeitig verlängern sie die Lebensdauer ihrer Matrix.

Multifunktionale anorganische Pigmente reflektieren IR-Licht

Lutz Frischmann, Langelshem*

Eine der größten Herausforderungen dieses Jahrhunderts ist die Reduzierung des Energieverbrauchs. Ein Aspekt ist dabei die unerwünschte Aufheizung sonnenbestrahlter Objekte. So war zum Beispiel die Stromkrise 2007 in Japan das Ergebnis eines exzessiven Gebrauchs von Klimaanlage. Ziel muss es daher sein, den so genannten Hitzeaufbau (Heat Build-Up Effect) zu reduzieren, um den Energieverbrauch zu reduzieren.

Die Absorption von Sonnenstrahlung durch Pigmente zu kontrollieren, ohne deren visuelle coloristische Eigenschaften zu beeinträchtigen, wäre wünschenswert.

Höhere Reflektion senkt Oberflächentemperatur

Es ist allgemein bekannt, dass sich weiße Oberflächen bei Sonneneinstrahlung wesentlich weniger aufheizen als schwarze. Die Ursache liegt in der Wechselwirkung der Beschichtung mit der nahen Infrarotstrahlung (NIR), die von der Sonne emittiert wird (Abb. 1).

Der Anteil der NIR-Strahlung im Sonnenlicht beträgt rund 50%. Bei Absorption dieser NIR-Strahlung wird Licht physikalisch in Wärme umgewandelt. Die Wechselwirkung von Oberflächen mit dem Sonnenlicht beschränkt sich dabei nicht ausschließlich auf die Absorption von Strahlung, es muss auch die Wärmestrahlung der Oberfläche, also deren Emission im fernen infraroten Wellenlängenbereich betrachtet werden. Bei einer bestimmten Temperatur stellt sich dann ein Gleichgewicht ein. Bei Verwendung herkömmlicher Pigmente kann dieser Effekt zu einem nennenswerten Hitzeaufbau in der Beschichtung führen.

Schwarze Oberflächen absorbieren extrem stark im NIR und im sichtbaren Bereich, wohingegen weiße Oberflächen in diesem Wellenlängenbereich effektiv reflektieren. Die Wünsche des Verbrauchers können jedoch durch weiße oder pastellartige Farbtöne nicht immer erfüllt werden, der Einsatz verschiedener farbiger Pigmente ist unumgänglich. Diese Pigmente weisen unterschiedliche, spezifische elektromagnetische Reflektionsprofile auf (Abb. 2). Speziell im NIR Bereich (780-2500 nm) zeigt Rutilgelb die höchste Reflektion, gefolgt von Titandioxid. Ruß repräsentiert das andere Ende der Bandbreite mit der niedrigsten Reflektion. Eine verglichen mit Ruß bedeutend höhere Reflektion im NIR-Wellenlängenbereich kann durch spezielle maßgeschneiderte IR-reflektierende Spinellschwarz-Pigmente erzielt werden.

Die unterschiedlichen charakteristischen Reflektionskurven spiegeln sich auch in unterschiedlichen Hitzeaufbau-

Kurven (Heat Build-Up) wider (Abb. 3). Zur Ermittlung des Hitzeaufbaus wird ein beschichtetes Blech in einer geschlossenen Box unter definierten Bedingungen künstlichem NIR-Licht ausgesetzt und der Temperaturanstieg in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer gemessen.

Am Verlauf der Kurven und den erreichten Maximaltemperaturen erkennt man, dass durch die gezielte Reflektion der NIR-Strahlung eine Auswahl der geeigneten Pigmentierung den Hitzeaufbaudemzufolge stark beeinflussen kann. Setzt man also spezielle NIR-reflektierende Pigmente ein, so verleihen diese Beschichtungen die Fähigkeit, die Temperatur an der Oberfläche deutlich zu reduzieren. Dieser Effekt kann anhand von Aufnahmen mit einer Wärmebildkamera veranschaulicht werden (Abb. 4). Die Wärmebild-Aufnahmen zeigen Bleche, deren Coil-Coating-Beschichtung mit verschiedenen IR-reflektierenden Pigmenten (jeweils links) bzw. mit Ruß (jeweils rechts) pigmentiert. Die Bleche wurden gleichmäßig mit einer IR-Lampe unter definierten Bedingungen bestrahlt. Man erkennt, dass sich unter gleichen Bedingungen die NIR-reflektierend ausgerüsteten Bleche (jeweils links) deutlich weniger aufheizen, als die Vergleichsbleche (jeweils rechts), die mit Ruß pigmentiert worden sind.

Reflektierende Pigmente sorgen für Beständigkeit Außer einem geringeren Hitzeaufbau und dem damit verbundenen geringeren Energieverbrauch verlängern die reflektierenden Pigmente die Lebensdauer der Beschichtung ganz erheblich.

Aufgrund der signifikant niedrigeren Oberflächentemperatur wird der thermische Abbau der polymeren Matrix deutlich reduziert. Darüber hinaus treten wesentlich geringere Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht bzw. direktem Sonnenlicht und schattigen Bereichen auf. Durch thermische Ausdehnung bedingte Effekte kommen so weit weniger zum Tragen. Dieser Aspekt kann IR-reflektierenden Pigmenten zahlreiche Anwendungen auch außerhalb der Bereiche Gebäude, Dächer und Fassaden eröffnen.

Eine Frage der Matrix

Gesucht sind also effiziente IR-reflektierende Pigmente in unterschiedlichen Farbtönen, die hervorragende Echtheiten für den beabsichtigten Einsatz im Außenbereich mitbringen und in großem Maßstab verfügbar sind.

Ein Vergleich von Pigmenten hinsichtlich ihres Einflusses auf den Hitzeaufbau sollte immer in Abhängigkeit von der polymeren Matrix erfolgen. Abb. 5 zeigt als Beispiel die Reflektionskurven von Titandioxid in verschiedenen Matrices. Wie sich zeigt, muss die jeweilige charakteristische Absorption der Sonnenstrahlung durch die Matrix berücksichtigt werden beim Design einer effektiven IR-reflektierende Beschichtung.

Totale Solare Reflektion

Bei der Auswahl eines effektiv IR-reflektierenden Pigments ist der wichtigste Faktor der TSR-Wert, die so genannte Totale Solare Reflektion. Der TSR-Wert einer Oberfläche ist der Quotient aus reflektierter zu eingestrahelter Sonnenenergie, integriert über ein definiertes Spektrum von Wellenlängen. Typischerweise wird der TSR-Wert in Prozent angegeben. Der TSR-Wert umfasst also sowohl die UV-Strahlung als auch die Strahlung im sichtbaren und NIR-Bereich. Für die Voraussage des Wärmeeinbaus an Oberflächen ist der TSR-Wert die entscheidende Größe.

Ein hoher TSR-Wert kennzeichnet eine effiziente Reflektion, ein niedriger TSR-Wert deutet auf eine ausgeprägte Tendenz hin, Strahlung und damit auch NIR-Strahlung zu absorbieren. Schwarze Pigmente weisen systematisch einen niedrigeren TSR-Wert im Vergleich zu weißen Pigmenten auf. Prinzipiell sollten immer TSR-Werte von Pigmenten ähnlicher Farbe miteinander verglichen werden.

Sinnvoll ist es, den TSR-Wert in Relation zur verwendeten Matrix und/oder eines Referenzpigments (z.B. Titandioxid) zu interpretieren (Tab. 1). Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass bereits kleine Mengen an Verunreinigungen den TSR-Wert der Beschichtung negativ beeinflussen können. Sogar Füller, die den Farben üblicherweise zugesetzt werden, können die resultierende Reflektion im nahen Infrarot verändern.

Reflektion abhängig von der Teilchengröße

Einen weiteren Einfluss auf die Streuung elektromagnetischer Strahlung übt die Teilchengrößenverteilung aus.

Die Streuung von elektromagnetischer Strahlung kann mit Hilfe der Theorie von Mie beschrieben werden. Die Streuung von Licht der Wellenlänge ist abhängig vom Durchmesser (D^*) eines sphärischen Partikels und von der Differenz der Brechungsindizes des Pigments (n_P) und der Matrix (n_M). Der Zusammenhang zwischen den Brechungsindizes und der Teilchengröße wird durch die folgende einfache Formel wiedergegeben: $D=1/k, K=2,1*(n_P-n_M)$

Dieser Zusammenhang besagt, dass sich Teilchendurchmesser und die Wellenlänge der reflektierten Strahlung zueinander proportional verhalten. Der Proportionalitätsfaktor $1/k$ hängt hierbei von der Differenz der Brechungsindizes zwischen Pigment und Matrix ab. Nimmt also der Teilchendurchmesser zu, so wird auch Strahlung mit größerer Wellenlänge bevorzugt reflektiert. Kleinere Teilchen reflektieren kurzwellige Strahlung, wohingegen größere Partikel langwellige Strahlung effizienter reflektieren. Über die Partikelgröße lassen sich also die Streueigenschaften von Pigmenten entsprechend einstellen.

Zwei chemisch identische Pigmente, die aber unterschiedliche Teilchengrößenverteilungen aufweisen, zeigen also eine unterschiedliche Wellenabhängigkeit ihrer Reflektion. Das Pigment mit der Teilchengrößenverteilung, die zu größeren Partikeln verschoben ist (Abb. 6, rote Verteilungskurve), zeigt insbesondere im langwelligeren Bereich eine höhere Reflektion als das Pigment, welches aus kleineren Teilchen besteht (blaue Kurve).

Mischphasenmetalloxide Farbe und Temperaturbeständig

Um bei Beschichtungen im Außenbereich eine maximale Reflektion der Sonnenstrahlung zu erzielen, bedarf es einer NIR-reflektierenden Pigmentierung, die sowohl einen hohen TSR-Wert als auch höchste Beständigkeiten bietet. Mischphasenmetalloxide (Complex Inorganic Color Pigments, CICP) erfüllen diese Anforderungen. Sie lassen sich mit speziell angepassten Reflektionseigenschaften ausstatten, während ihre exzellente Wetter- und Lichtechtheit (Abb. 7) und darüber hinaus die außergewöhnliche Temperaturbeständigkeit beibehalten werden.

Mit der Wärmebildkamera aufgenommene Fotos (Abb. 4) veranschaulichen den Effekt unterschiedlicher TSR-Werte. Bereits eine kleine Differenz der TSR-Werte (5% linkes Blech bzw. 17%, rechtes Blech) führt zu deutlichen Unterschieden beim Wärmeeinbau.

Die neuartigen, NIR-reflektierenden Mischphasenmetalloxid-Pigmente lassen sich in einem sehr weiten Spektrum an Farbtönen von Gelb bis Schwarz herstellen. Sie eignen sich für die Formulierung sowohl von Industrielacken, Gebäudeanstrichen und Putzen als auch für Anwendungen im Automobilbereich.

Die NIR-reflektierenden Pigmente sorgen dank des reduzierten Heat Build-Up Effekts ein komfortableres Wohnklima, helfen Energie zu sparen und verlängern dabei die Lebensdauer ihrer polymeren Matrix.

Literatur

[1] Verwendete Pigmente: H152, H550, H5G, H910, H940 und H950 entsprechen HEUCODUR IR 152, 550, 5G, 910, 940 und 950, hergestellt von der Heubach GmbH. [2] In Anlehnung an ASTM D 4803-97.

* Korrespondierender Autor: Dr. Lutz Frischmann Heubach GmbH
HTel: +49 (0) 5326 52-257
lutz.frischmann@heubachcolor.de

Ergebnisse auf einen Blick

- IR-reflektierende Pigmentierungen können die Aufheizung sonnenbestrahlter Beschichtungen senken.
- Die Teilchengrößenverteilung eines Pigments hat einen entscheidenden Einfluss auf dessen Streuverhalten und damit den TSR-Wert der Beschichtung, die entscheidende Größe zur Vorhersage über den Wärmeeinbau an einer Oberfläche.
- Mischphasenmetalloxide lassen sich mit den gewünschten Reflektionseigenschaften ausstatten, sind wetter- und lichtecht sowie temperaturbeständig.
- IR-reflektierende Mischphasenmetalloxid-Pigmente lassen sich in vielen Farbtönen von Gelb bis Schwarz herstellen.
- Sie eignen sich für die Formulierung von Industrielacken, Gebäudeanstrichen, Putzen und für Anwendungen im Automobilbereich.
- Ein geringerer Wärmeeinbau verbessert das Raumklima und hilft Energie zu sparen.
- Gleichzeitig werden der thermische Abbau der polymeren Matrix sowie thermische Ausdehnungseffekte deutlich reduziert und damit die Lebensdauer von Beschichtungen verlängert.
- Dr. Lutz Frischmann, startete seine berufliche Laufbahn 1999 bei AkzoNobel in Stuttgart im Bereich Industrial Coatings. Bei der Kronos International in Leverkusen übernahm er 2004 die Verantwortung als Leiter der Coatings-Gruppe. Seit

Quelle/Publication: Farbe und Lack

Ausgabe/Issue: 08/2008

Seite/Page: 3



September 2006 leitet er die Business Unit Inorganic Colored Pigments bei der Heubach GmbH.

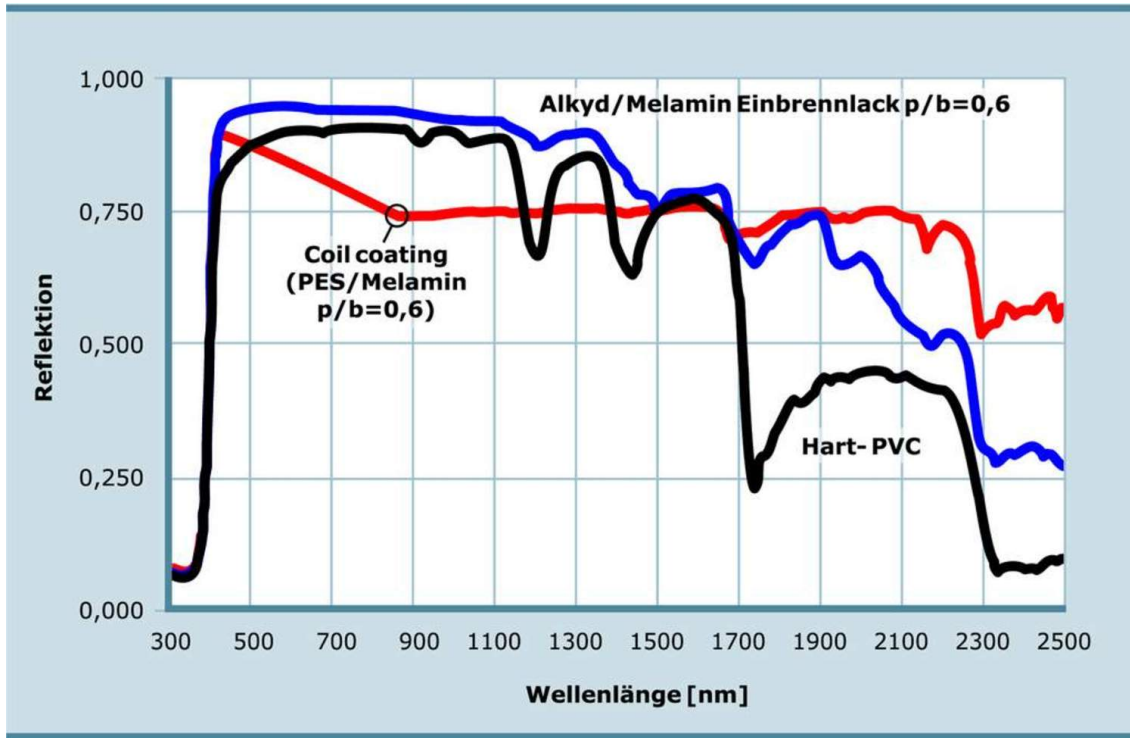


Abb. 5: Solares und visuelles Reflektionsspektrum von TiO₂ in unterschiedlichen polymeren Matrices

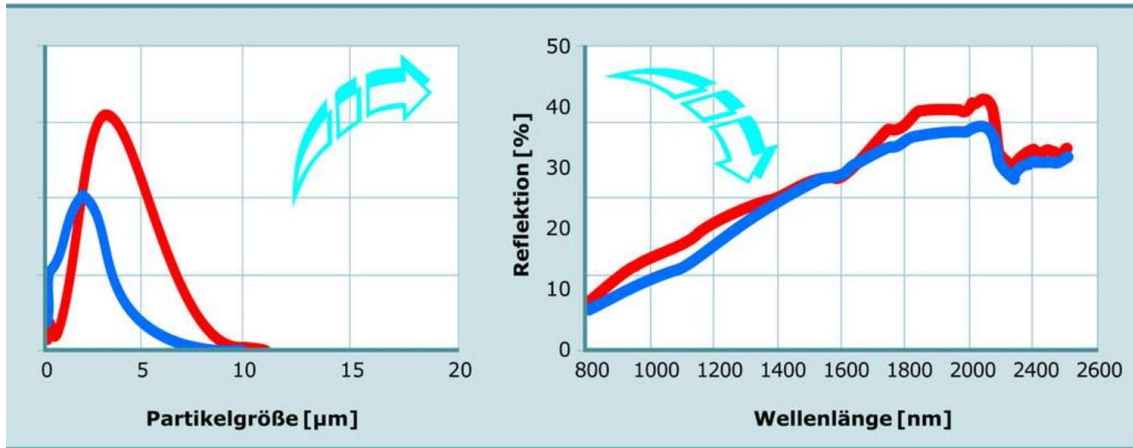


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Teilchengrößenverteilung (links) und solarem Reflektionsvermögen (rechts) von identischen Pigment Black 30 Proben in einem Alkyd/Melamin-Einbrennlack

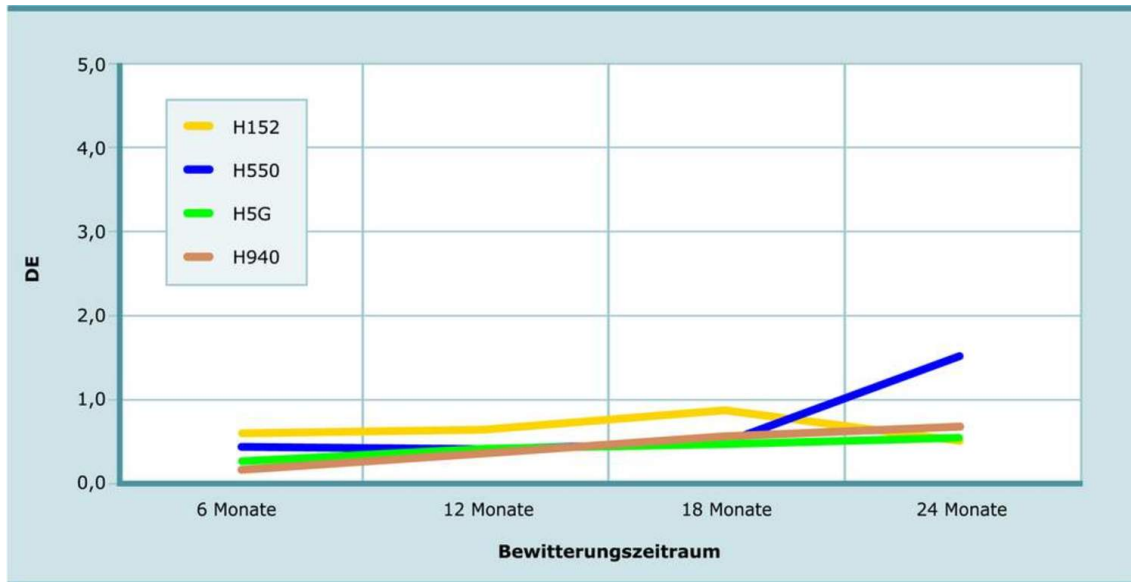


Abb. 7: Ergebnisse der Florida-Bewitterung von verschiedenen NIR-reflektierenden Pigmenten in einem lösemittelbasierten 2K-PU-Lacksystem

Pigment	TSR (absolut)			TSR (relativ)		
	Coil Coating (PES/Melamin)	Alkyd/ Melamin	Hart-PVC	Coil Coating (PES/Melamin)	Alkyd/ Melamin	Hart-PVC
Titandioxid	76 %	85 %	79 %	1	1	1
H940	24 %	24 %	23 %	0,32	0,28	0,29
H910	22 %	21 %	21 %	0,29	0,25	0,27
H950	10 %	9 %	10 %	0,13	0,11	0,13
Ruß	5 %	5 %	5 %	0,07	0,06	0,06

Bild zu Schwarz und trotzdem kalt

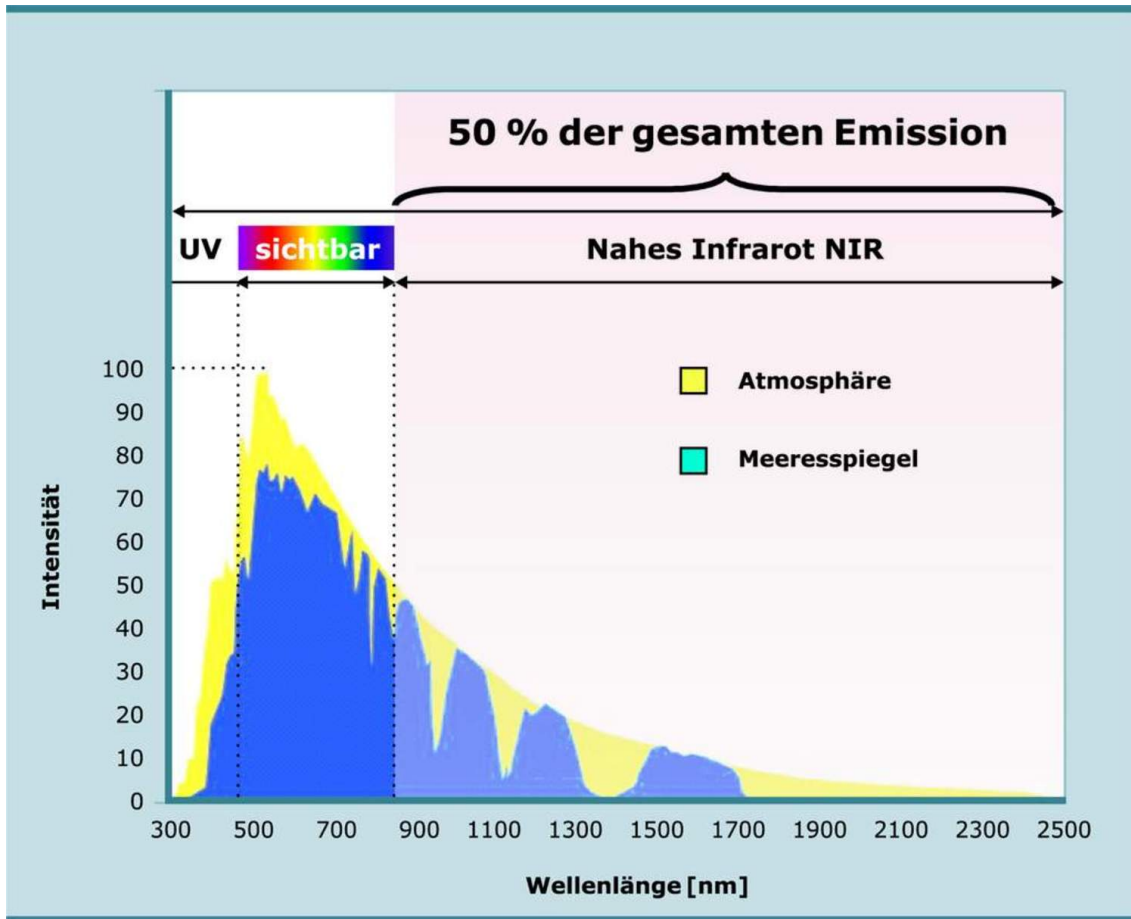


Abb. 1: Elektromagnetisches Spektrum der Sonneneinstrahlung außerhalb der Erdatmosphäre und auf Meereshöhe gemessen

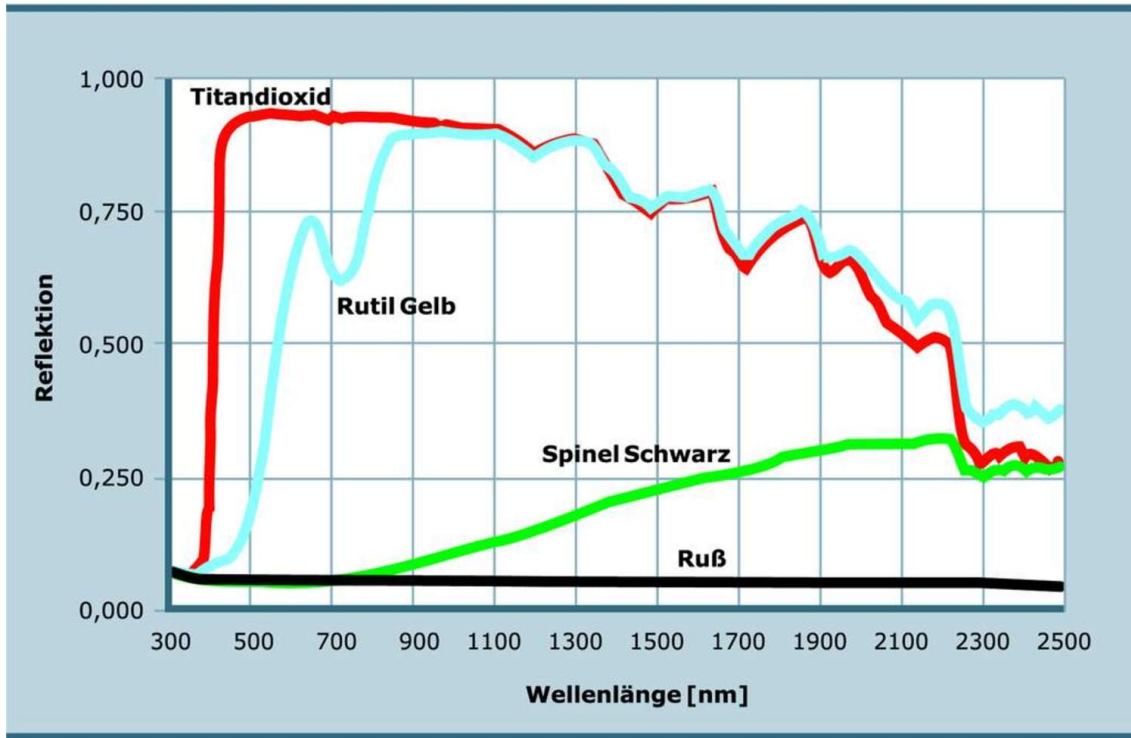


Abb. 2: Solares und sichtbares Reflektionsspektrum verschiedener Pigmente in einem Alkyd/Melamin-Einbrennlack an visuell deckenden Schichten

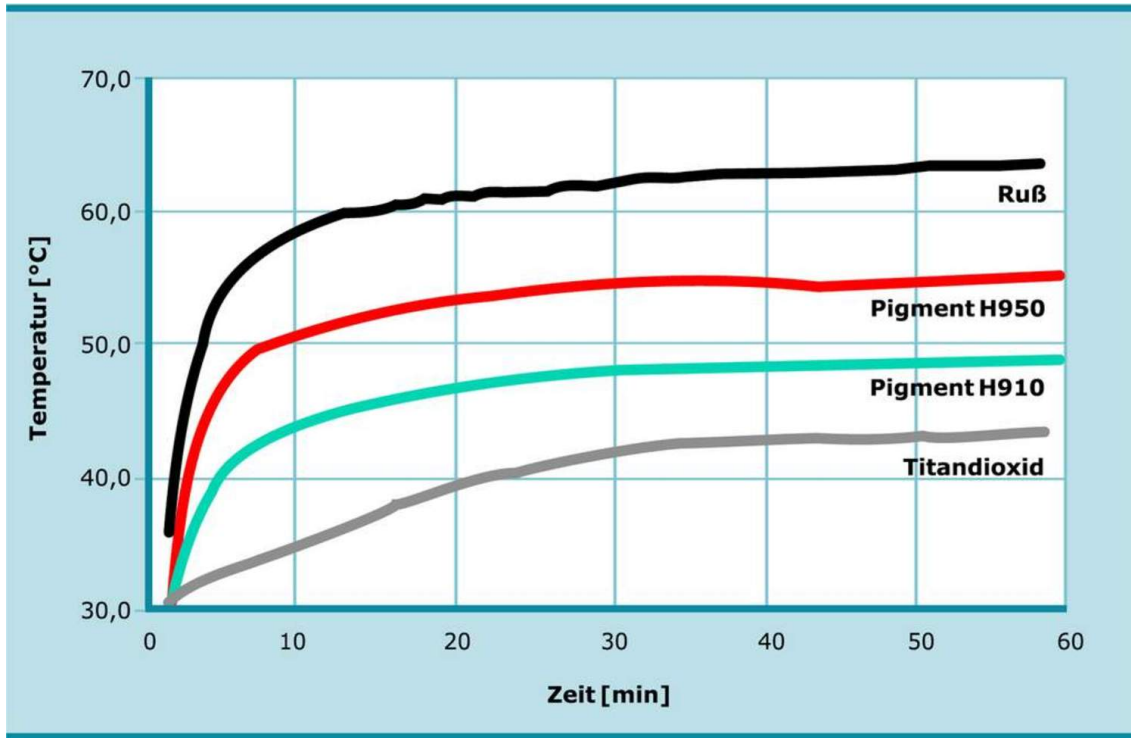


Abb. 3: Messung des Hitzaufbaus, bei künstlicher Infrarotbestrahlung, an verschiedenen pigmentierten Alkyd/Melamin-Einbrennlacken auf Aluminium-Panels in Anlehnung an ASTM D 4803-97

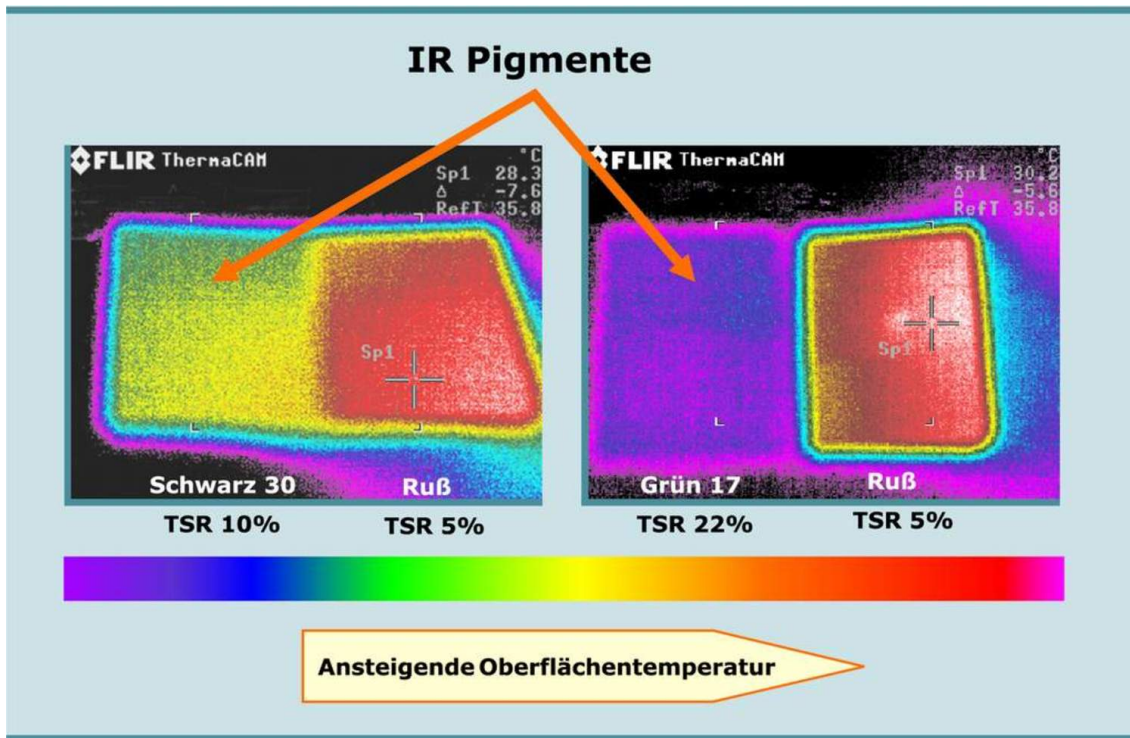


Abb. 4: Thermogramme von verschiedenen pigmentierten, schwarzen Coil-Coating Panels nach Bestrahlung mit künstlicher IR-Lichtquelle