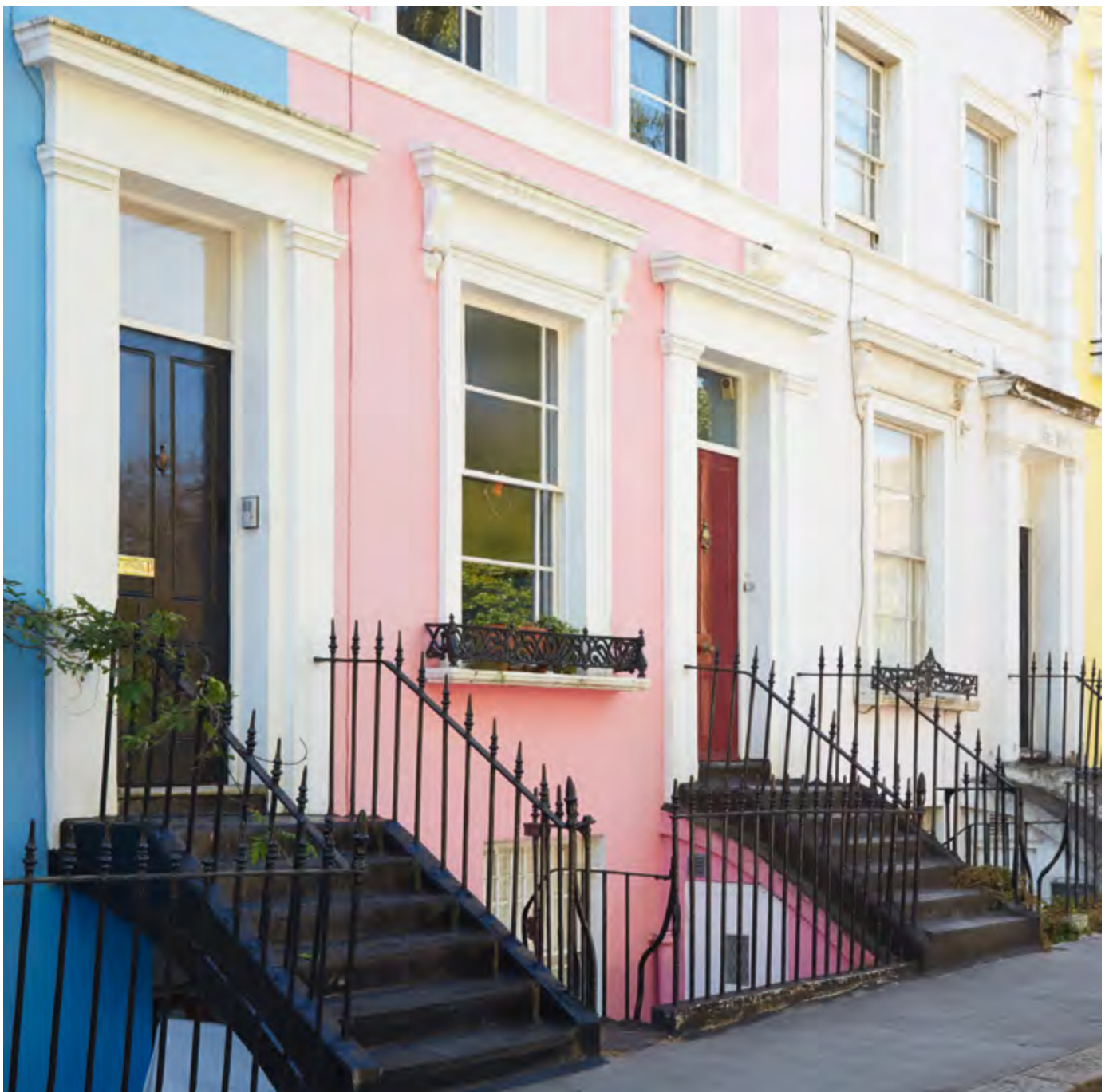


Farbveränderung von Fassadenfarben

KRONOS INFORMATION **6.40**

Dipl.-Ing. Wolfgang Könner

KRONOS INTERNATIONAL, Inc., 51373 Leverkusen



Vorwort

In dieser KRONOS Information werden Ursachen der Farbveränderung von Fassadenfarben beschrieben; einer Fassadenfarbe im Sinne der DIN EN 1062-1 [1].

Stand der Technik in Deutschland zu diesem Thema ist das Merkblatt 26 des Bundesausschusses Farbe und Sachwertschutz e.V. aus dem Jahr 2007 [2].

Zu den Ursachen der Farbveränderung im Aussenbereich heißt es dort:

„In Abhängigkeit von der Zeit und anderen Einflüssen ist mit mehr oder weniger ausgeprägten Farbveränderungen der Beschichtung zu rechnen. Unterschiedliche Parameter bestimmen mögliche Farbveränderungen:

- Bindemittelart
- Art und Anteil der Pigmente und Füllstoffe
- Additive wie Netzmittel, Hilfsstoffe u.a.“

Die Farbveränderung von Fassadenfarben ist also ein sehr vielschichtiges Thema, welches sich nicht auf eine Ursache alleine zurückführen lässt. Dieses mag ein Grund sein, warum zu diesem Thema auch kaum Literatur existiert.

In dieser KRONOS Information wird gezeigt, dass einige Ursachen der Farbveränderung zu einer Aufhellung und andere zu einer Reduzierung des Farbtones von Fassadenfarben führen. Erst diese genaue Differenzierung macht es möglich, den zentralen Einfluss des Titandioxidpigmentes zu erkennen.

Dieser positive Einfluss des Titandioxidpigmentes wird jedoch nur in Kombination mit anderen ebenfalls beständigen Rohstoffen und anderen Formulierungsparametern, wie der Pigment-Volumen-Konzentration, greifen.

Die Umsetzung dieser Informationen kann zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit und zu einem schonenderem Umgang mit den Rohstoffen der Erde führen.



Inhaltsverzeichnis

1 Nachhaltigkeit durch längere Renovierungszyklen

2 Kernursache der Aufhellung des Farbtones

3 Einfluss von Titandioxidpigmenten auf Farbbeständigkeit

- 3.1 Bedeutung von Titandioxid
- 3.2 Photokatalytischer Effekt
- 3.3 Reduzierung der photokatalytischen Aktivität
- 3.4 Einfluss von Titandioxid auf die Aufhellung des Farbtones von Fassadenfarben

4 Einfluss weiterer Rohstoffe auf die Farbveränderung von Fassadenfarben

- 4.1 Polymerdispersionen
 - 4.1.1 Einfluss auf die Verschmutzungsneigung
 - 4.1.2 Einfluss von Polymerdispersionen auf die Aufhellung von Fassadenfarben
- 4.2 Füllstoffe
 - 4.2.1 Einfluss von Calciumcarbonat-Modifikationen
 - 4.2.2 Einfluss silikatischer Füllstoffe
 - 4.2.3 Einfluss der Füllstoffe auf die kritische Pigment-Volumenkonzentration (KPVK)
- 4.3 Buntpigmente
 - 4.3.1 Chemikalienbeständigkeit

5 Einfluss der Pigment-Volumen-Konzentration (PVK)

- 5.1 Definition
- 5.2 Bedeutung der PVK
- 5.3 Auswaschungen aus offenporigen Fassadenbeschichtungen
- 5.4 Offenporige Fassadenbeschichtungssysteme

6 Mikrobielle Einflüsse

7 Sonstige Einflüsse

- 7.1 Oberflächentemperatur
- 7.2 Ausblühungen
- 7.3 Weißanlaufen
- 7.4 Alterungseffekte
- 7.5 Applikationseffekte
- 7.6 Untergrundvorbehandlung

8 Zusammenfassung

Danksagung

Besonderer Dank gilt der KRONOS Bewitterungsgruppe unter der Leitung von Iris Hillmann. Ohne die sorgfältig durchgeführten Abmusterungen wäre diese KRONOS Information nicht entstanden. Hier gilt der Dank insbesondere Udo Mein.



Abb. 1: Die Erde aus Sicht des Saturns
Quelle: NASA

1 Nachhaltigkeit durch längere Renovierungszyklen

Nachhaltigkeit ist einer der Megatrends in diesem Jahrhundert. Hinter Nachhaltigkeit verbirgt sich die Erkenntnis, dass auf dem winzigen Planeten im Hintergrund der Abbildung 1 im Jahr 2050 anstatt sieben Milliarden Menschen, neun Milliarden leben werden. Das heißt, dass zwei Milliarden Menschen mehr mit den knappen Ressourcen der Erde versorgt werden müssen.

Im Bautenfarbenbereich kann ein Beitrag zur Nachhaltigkeit geleistet werden, wenn durch eine verbesserte Farbbeständigkeit längere Renovierungszyklen generiert werden. Hierdurch entsteht auf lange Sicht eine Kostenersparnis. Diese Zusammenhänge sind schon lange erkannt worden und haben Eingang gefunden in das bereits erwähnte Merkblatt Nr. 26 „Farbveränderung von Beschichtungen im Außenbereich“ des Bundesausschusses Farbe und Sachwertschutz.

Außerdem wurde versucht, dieses in einer Norm umzusetzen. Da die Farbveränderung jedoch immer von verschiedenen Parametern, u.a. von der Lage und einem eventuell vorhandenen Dachüberstand, abhängt, welche nicht genormt werden können, wurde dieses Normungsvorhaben abgelehnt.

Diese KRONOS Information zeigt, dass es trotzdem Merkmale gibt, bei deren Beachtung eine Verbesserung der Farbbeständigkeit von Fassadenfarben möglich ist, so dass eventuell ein neuer Normungsversuch unternommen werden kann.

2 Kernursache der Aufhellung des Farbtones

Schaut man sich in der Farbe veränderte Fassadenfarbe an, so ist im Normalfall ein hellerer Farbton feststellbar. Was ist die Ursache für diesen eindeutigen Trend, der sich nicht nur auf getönte Fassadenfarben beschränkt, sondern sich auf alle getönten Systeme übertragen lässt?



Abb. 2: KRONOS Teststation® Engstenberg, Fassadenfarbe PVK 47%, Polymerdispersionen mit jeweils zwei Titandioxidpigmenten

Um dies zu klären, wurden Polymerdispersionen variiert, jeweils mit einem schwach nachbehandelten und einem stark nachbehandelten Titandioxidpigment, sodass hierdurch eine Doppelbestimmung der Polymerdispersion erfolgte. Abbildung 2 zeigt diese Fassadenfarbenreihe mit einer Pigmentvolumenkonzentration (PVK) von 47% nach 62 Monaten Bewitterung. Die Versuchsreihe ist zusätzlich mit einer 5%igen Blaupaste eingefärbt. Nach vier Jahren treten die Unterschiede in Weiß nur marginal in Erscheinung. Deutlich ist zu sehen, dass die Blauaufhellung wesentlich stärker differenziert, selbst aus einer großen Entfernung. Während der Bewitterung war der obere Teil abgedeckt, so dass deutlich zu sehen ist, wie sich der Farbton verändert hat. Mit Ausnahme einer sehr weichen, fast klebrigen Polymerdispersion weisen alle Farbtöne einen helleren Farbton auf. Dieses kann in Abbildung 3 mehr im Detail gesehen werden. Die reinweiße Fassadenfarbe wird zwar im Laufe der Bewitterung etwas dunkler, aber richtig ins Auge fällt erst die Aufhellung der blau eingefärbten Fassadenfarbe.

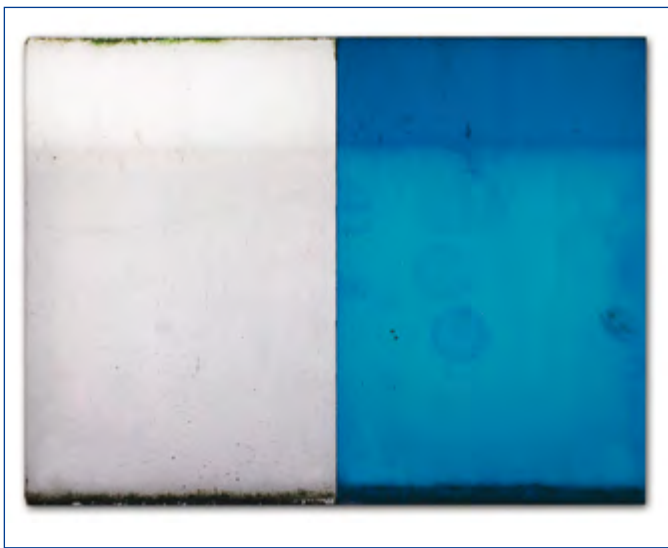


Abb. 3: Detailaufnahme von Abbildung 2 zeigt die deutlich höhere Aufhellung der blau getönten Fassadenfarbe

Dies wird noch deutlicher, wenn der gesamte Bewitterungszeitraum betrachtet wird (Abb. 4). In Weiß kommt es zwar irgendwann zur Kreidung, aber de facto können wir nach Ende der Bewitterung nur um etwa 6 bis 7 Einheiten in der Helligkeit L^* differenzieren.

Ganz anders sieht das Bild aber aus, wenn die Farbenhersteller aus der weißen Basisfarbe auf einmal fast unendlich viele Farbtöne anbieten. In Blau kann hier nun um die 30 Helligkeitspunkte differenziert werden.

Was ist die Ursache für diesen deutlich stärkeren Einfluss? Abbildung 5 zeigt im oberen Teil die Brechzahl-Verhältnisse in einer bindemittelreichen Fassadenfarbe. Die Brechzahl gibt das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit C_0 im Vakuum zur Lichtgeschwindigkeit C eines Stoffes an ($n = C_0/C$). Je höher die Brechzahlunterschiede an der Grenzfläche zwischen zwei Medien, desto stärker wird das Licht gestreut und desto höher ist das Deckvermögen, bzw. das Aufhellvermögen. [3] Die Brechzahlen von

	Brechzahl
Bindemittel	1,5
Titandioxidpigment	2,7
	$\Delta 1,2$
Luft	1,0
Bindemittel	1,5
Titandioxidpigment	2,7
	$\Delta 1,7$

Abb. 5: Veränderung der Brechzahlunterschiede während der Bewitterung an der Beschichtungs Oberfläche

Bindemitteln und Füllstoffen liegen bei 1,5, während die von Titandioxidpigmenten bei 2,7 liegt. Der Unterschied in den Brechzahlen beträgt also 1,2.

Wird aber im Laufe der Bewitterung Titandioxidpigment aus der Bindemittelmatrix der Beschichtungs Oberfläche freigelegt, so sind auch die Unterschiede der Rohstoffe zur Brechzahl 1,0 der Luft zu berücksichtigen. Je mehr Titandioxidoberfläche im Laufe der Bewitterung freigelegt wird, umso stärker wirkt sich dieser größere Brechzahlunterschied aus. Aus diesem Grund ist die Aufhellung der Farbe nicht statisch sondern dynamisch. Das heißt, dass die Aufhellung der Farbe mit steigender Menge an freigelegter Titandioxidoberfläche zeitabhängig zunimmt. Diese Aufhellung des Farbtones verlangsamt sich zwar, ist aber innerhalb der Gewährleistungspflicht von fünf Jahren deutlich zu sehen (Abb. 4).

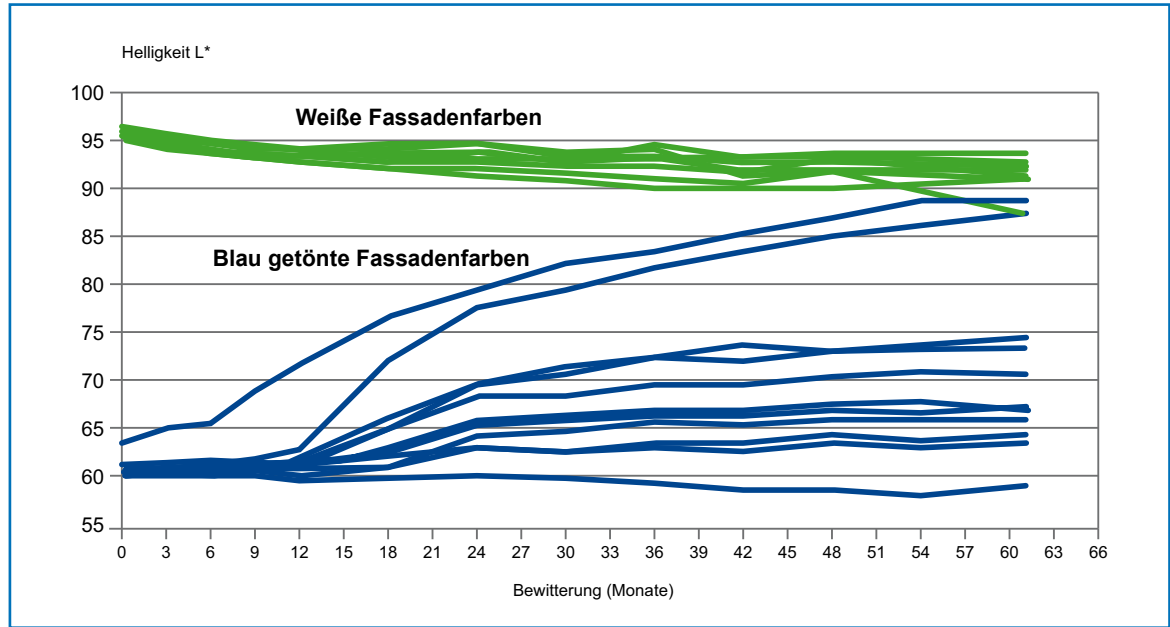


Abb. 4: Veränderung der Helligkeit von weißen und blau getönten Fassadenfarben während des Bewitterungszeitraumes von ca. 60 Monaten

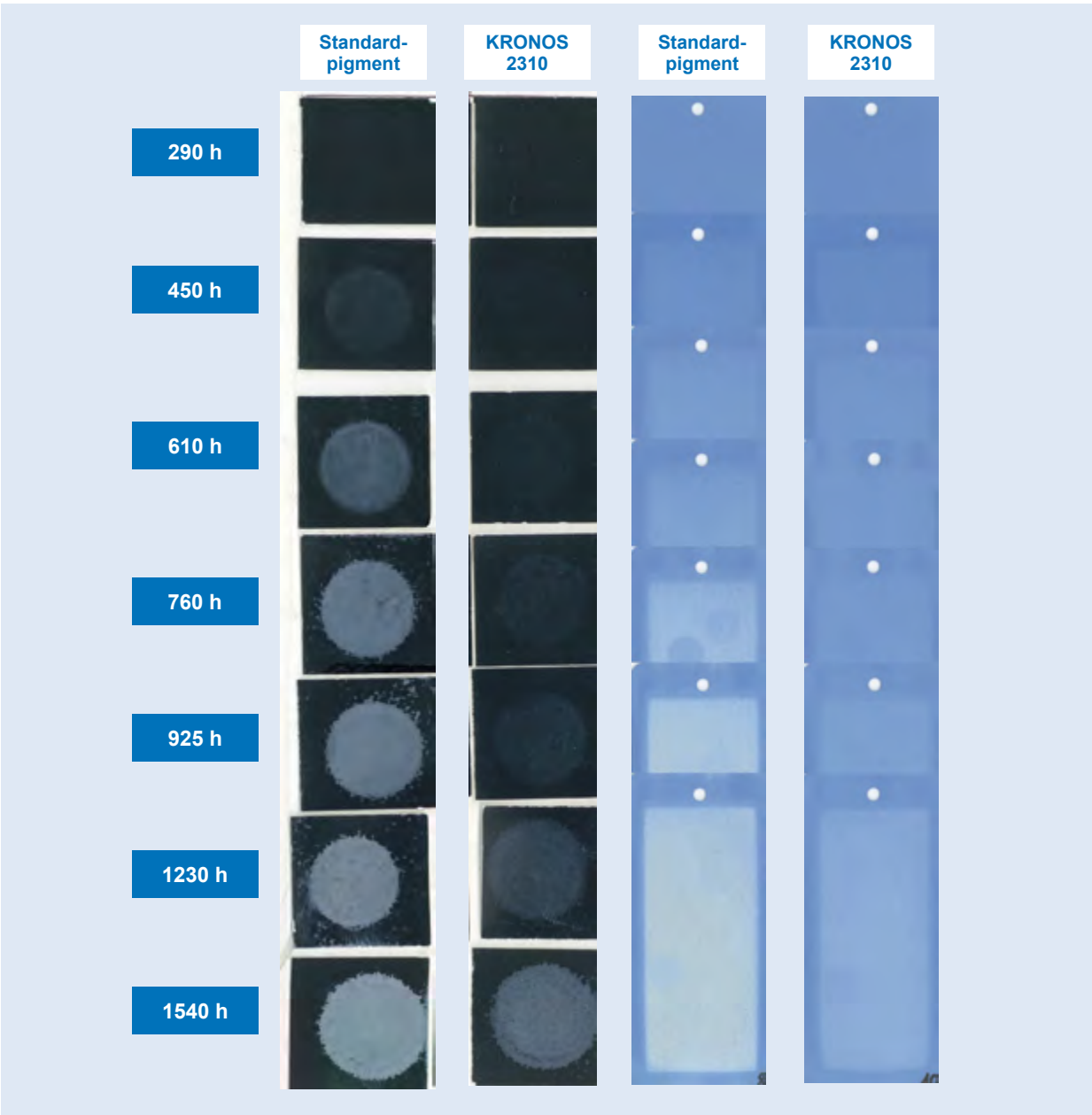


Abb. 6: Korrelation Kreidung und Farbtonveränderung von Fassadenfarben im Weather-O-meter (WOM).

Diese Korrelation zwischen freigelegter Titandioxidoberfläche und Aufhellung des Farbtones wird in Abbildung 6 demonstriert.

Die Kreidung als Maß für die Witterungsbeständigkeit wird mit der Kempf-Methode gemessen. Hierzu wird schwarzes (belichtetes) Photopapier in Wasser eingeweicht und mit einem Kempfstempel auf die Beschichtungs Oberfläche gedrückt. Freigelegte Pigment- und Füllstoffpartikel bleiben hieran hängen und sind als weißer Abdruck erkennbar. Die Ausprägung der Abdrücke wird mit Hilfe einer visuellen Vergleichsskala bewertet.

Farbe 1 enthält ein schwach stabilisiertes Titandioxidpigment. Schon nach 450 Stunden im WOM ist der Hauch eines Abdruckes erkennbar, welcher nach 610 Stunden deutlich erkennbar ist. Farbe 2 enthält ein mit Zr-Verbindungen stabilisiertes Titandioxidpigment (KRONOS 2310). Hier ist ein Abdruck erst nach 1230 Stunden zu erkennen.

Die Blaufärbung von Farbe 1 zeigt eine Aufhellung genau zu dem Zeitpunkt, bei dem ein stärkerer Abdruck erkennbar ist, also nach 610 Stunden. Die Farbe mit dem Zr-Verbindungen stabilisierten Titandioxidpigment zeigt erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt eine Aufhellung, welche wieder mit dem Kreidungsbeginn korreliert.

Sehr schön ist auch hier die dynamische Aufhellung der Farbe zu sehen. Die Aufhellung der Farbe bleibt mit dem Kreidungsbeginn nicht stehen, sondern nimmt mit zunehmender Pigmentfreilegung zu.

Werden während der Bewitterung mehr Grenzflächen generiert, an denen die Lichtstrahlen stärker gestreut werden so hat dieses natürlich Einfluss auf Deckvermögen und Aufhellvermögen. Da aber der Untergrund im Normalfall bereits zu 100% abgedeckt ist, nehmen wir den Einfluss auf das Deckvermögen mit dem Auge nicht wahr. Ähnlich verhält es sich mit der Helligkeit in Weiß. Es wird zwar mar-

	Veränderung
Deckvermögen	nicht wahrnehmbar
Helligkeit in Weiß	marginal
Aufhellvermögen	stark

Tab. 1: Einfluss der Brechzahlerhöhung während der Bewitterung

ginal wahrgenommen, aber das menschliche Auge kann Weißnuancen nicht gut unterscheiden (Tab. 1).

In einer getönten Fassadenfarbe spielt das Aufhellvermögen des Titandioxidpigmentes die entscheidende Rolle. Unter Aufhellvermögen versteht man die Fähigkeit eines Pigmentes, die Helligkeit eines schwarzen oder bunten Mediums zu erhöhen [4]. Dieses Aufhellvermögen erhöht sich automatisch, wenn die Brechzahldifferenzen an der Beschichtungsoberfläche sich vergrößern. Die hieraus folgende Aufhellung der Farbe ist die Kernursache der Farbveränderung.

Den größten Einfluss auf die Vergrößerung von Brechzahldifferenzen an der Beschichtungsoberfläche hat die während der Bewitterung freigelegte Titandioxidoberfläche. Dies führt zu der Erkenntnis, dass die während der Bewitterung freigelegte Titandioxidoberfläche zu einer Zunahme an optisch aktiven Grenzflächen mit Brechzahlunterschieden führt, welche die Hauptursache für die Aufhellung der Farbe ist. Da diese Ursache eine physikalische ist, kann die Erscheinung nicht nur auf Fassadenfarben beschränkt bleiben, sondern findet sich in allen Bereichen einer farbigen Welt wie z.B. einigen Automobillacken der 1980er Jahre, Coil Coating-Fassaden oder eingefärbten Kunststoffen, wie aus Abbildung 7 ersichtlich. Dieses führt zu einem sehr einfachen, universellen Formulierungsprinzip:

Die Rohstoffauswahl für eine farbstabile Fassadenfarbe ist so zu treffen, dass der Zeitpunkt, an dem die Titandioxidoberfläche mit Luft in Berührung kommt, möglichst lange herausgeschoben wird.



Abb. 7: Farbtonerhöhung eingefärbter Kunststoffe nach WOM-Bewitterung

3 Einfluss von Titandioxidpigmenten auf die Farbbeständigkeit

3.1 Bedeutung von Titandioxid

Titandioxidpigmente nehmen vor allem wegen ihres hohen Lichtstreuvermögens eine Sonderstellung innerhalb der Weißpigmente ein. Unter Streuvermögen versteht man die Fähigkeit eines pigmentierten Mediums, einen Teil des auffallenden Lichts diffus zurückzuwerfen [5].

Das Streuvermögen von Titandioxidpigmenten basiert auf der hohen Brechzahl des Titandioxids und der Teilchengrößenverteilung des Pigmentpulvers.

Üblicherweise werden diejenigen weißen anorganischen Substanzen, deren Brechzahl den Wert von etwa 1,7 übersteigen, als Weißpigmente bezeichnet. Der bestimmende Faktor für hohes Deck- und Aufhellvermögen sind hohe Brechzahldifferenzen zu der Bindemittelmatrix (Tab. 2). In Tabelle 2 sind die Brechzahlen wichtiger Rohstoffe aufgeführt. Titandioxid mit Rutil-Modifikation zeigt deutlich die höchste Differenz zur Brechzahl von Polymerdispersionen. [6]

Füllstoffe beeinflussen üblicherweise über den Verteilungszustand von Titandioxid das Deckvermögen, zeigen aber kaum Brechzahlunterschiede zur Bindemittelmatrix.

Substanz	Brechzahl
Titandioxid, Rutil	2,70
Titandioxid, Anatas	2,55
Zinksulfid	2,34
Zinkoxid	2,00
Bariumsulfat	1,64
Dolomit	1,60
Calciumcarbonat	1,57
Kaolin	1,55
Quarz	1,55
Talkum	1,55
Diatomeen-Erde	1,45
Polyacrylate	1,53
Polyvinylacetat	1,47
Wasser	1,33
Luft	1,0003
Vakuum	1,0000

Tab. 2: Brechungsindex typischer Farbbestandteile

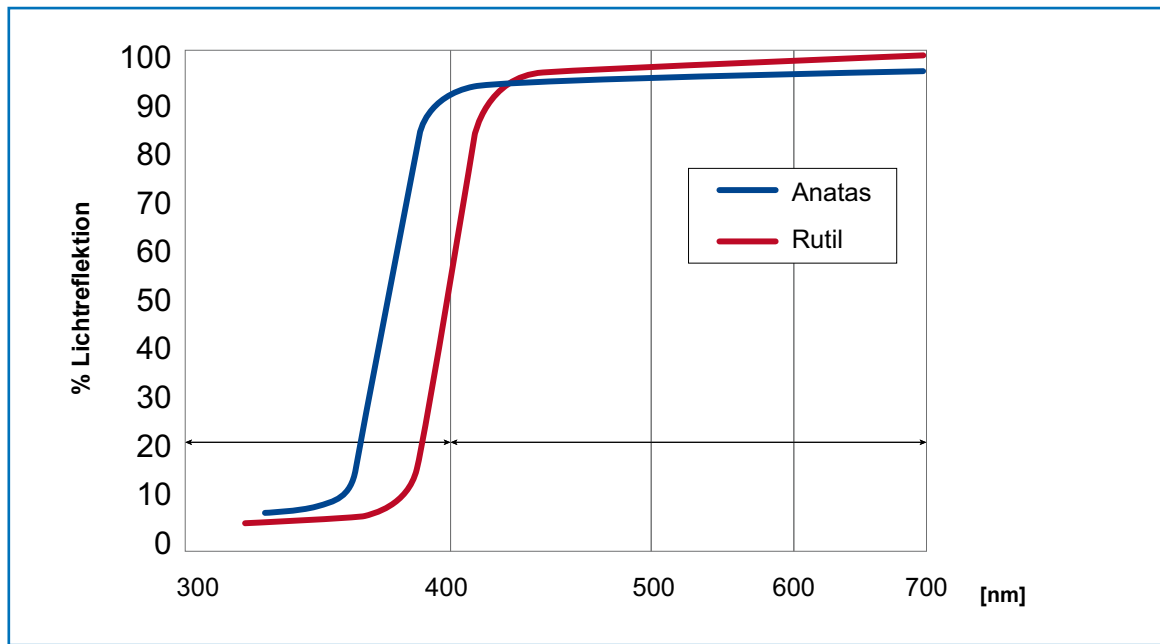


Abb. 8: Lichtreflektion von Titandioxidpigment

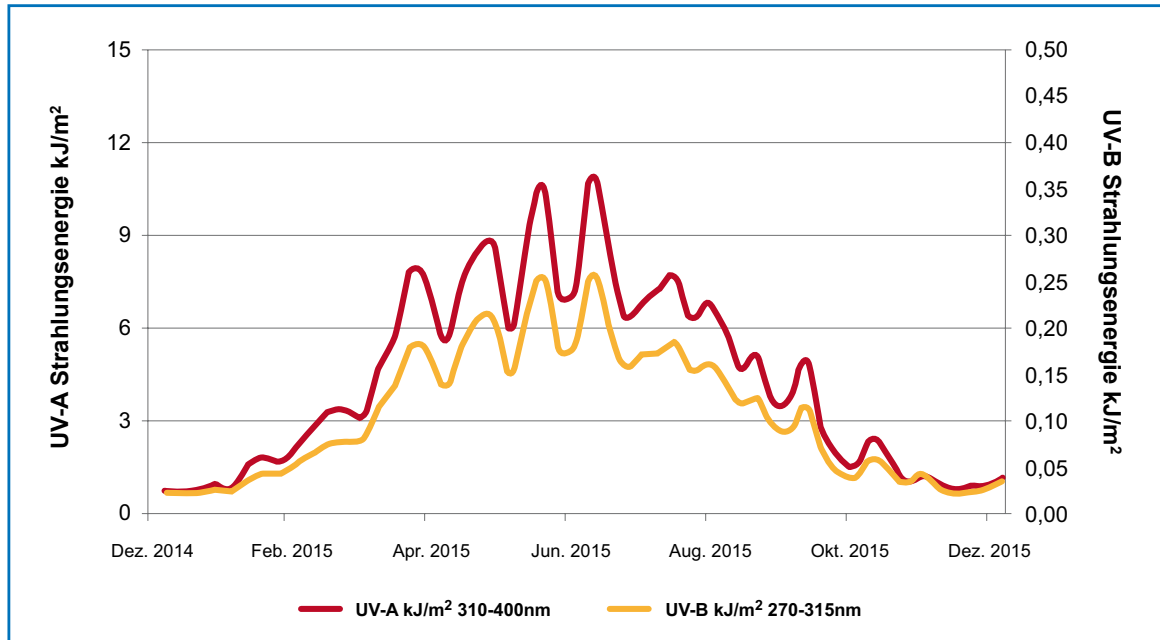


Abb. 9: UV-A und UV-B Strahlungsenergie KRONOS Teststation® Engstenberg 2015

3.2 Photokatalytischer Effekt

Wo Licht ist, ist auch Schatten. Der Schatten von Titandioxid ist die photokatalytische Aktivität. Unterhalb von 420 nm wird das sichtbare Licht nicht mehr reflektiert sondern absorbiert (Abb. 8). Man spricht von einer Absorptionskante. Unterhalb dieser Absorptionskante befindet sich im Lichtspektrum sehr energetische UV-A und UV-B Strahlung.

Strahlungsdaten der KRONOS Teststation in Engstenberg, Leverkusen (Abb. 9), zeigen, dass von Oktober bis März kaum UV-A und UV-B Strahlung in unseren Breitengraden auf die Erde trifft. Wegen der dann tiefstehenden Sonne haben die kurzwelligen Strahlen einen längeren Weg durch die zu durchdringenden Luftmassen und werden hierbei mit einhergehendem Intensitätsverlust ausgefiltert. Das ist der Grund, warum im Winterhalbjahr kein Bindemittelabbau bei Fassadenfarben festzustellen ist.

Wenn aber die Sonne in Mitteleuropa ab April in einem Winkel $> 45^\circ$ über dem Horizont liegt, wenn also ein Gegenstand größer als sein Schatten ist, steigt die UV-Strahlung an.

Diese UV-Strahlung löst aus dem Titandioxid-Kristallgitter ein Elektron. Hierdurch verbleibt eine positive Ladung im vorher elektroneutralen Gitter. Sowohl das Elektron als auch die positive Ladung wandern zur Oberfläche.



Die positive Ladung kann jetzt ein Elektron von einem Hydroxylion aus vorhandenem H_2O aufnehmen und sich damit neutralisieren. Während auf der einen Seite die positive Ladung neutralisiert ist, ist auf der anderen Seite ein Hydroxylradikal ($\cdot\text{OH}$) entstanden.

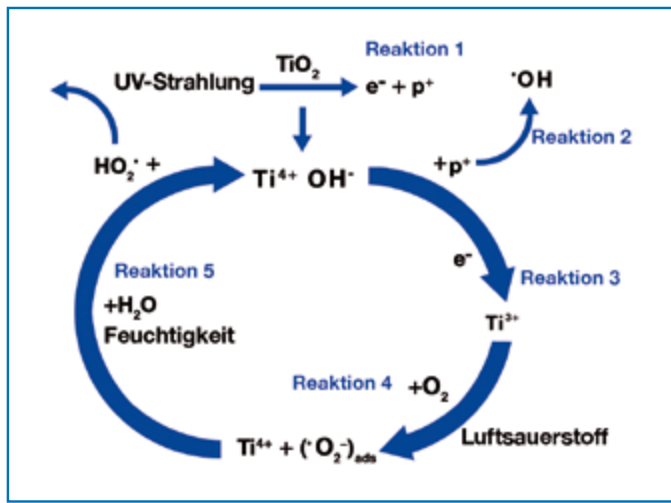
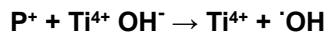
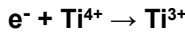


Abb. 10: Photokatalytischer Zyklus von Titandioxidpigmenten

Das ebenfalls an die Oberfläche gelangte Elektron e^- kann eine der vier positiven Ladungen des vierwertigen Titanions reduzieren. Damit entsteht:

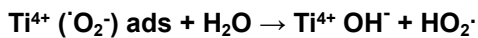


Das entstandene Ti^{3+} kann das vorher aufgenommene Elektron jetzt an ein Sauerstoffmolekül abgegeben, welches nun negativ geladen ist und sich an die Titandioxidoberfläche anhaftet.



Ein chemisorbiertes Sauerstoff-Radikalanion ist entstanden: O_2^- .

Das elektrisch negativ geladene Sauerstoffmolekül (Radikalanion) ist fest an die Oberfläche des Pigmentes gebunden (chemisorbiert) aber sehr reaktiv. Es reagiert mit Wasser, d.h. es nimmt ein Proton (H^+) auf und neutralisiert sich dadurch.



Bei diesem Vorgang entsteht ein neutrales Perhydroxylradikal ($\text{HO}_2\cdot$), das sich von der Oberfläche ablöst, und ein Hydroxylanion (OH^-) bildet.

Damit ist der Ausgangszustand wieder hergestellt und der photokatalytische Zyklus kann von Neuem beginnen [7].

Die während des photokatalytischen Zyklus entstehenden Radikale sind sehr reaktive chemische Verbindungen, die unspezifisch jedes organische Material zerstören können. Dieser photokatalytische Effekt geht einher mit einem photolytischen Abbau. Hierbei werden die chemischen Bindungen des Bindemittels durch die direkte Einwirkung der energiereichen UV-Strahlung gespalten.

Typ	Aufhellvermögen	Witterungsbeständigkeit
KRONOS 2160	96	sehr gut
KRONOS 2310	103	sehr gut
KRONOS 2360	100	sehr gut

Tab. 3: Empfehlenswerte KRONOS Titandioxidpigmente

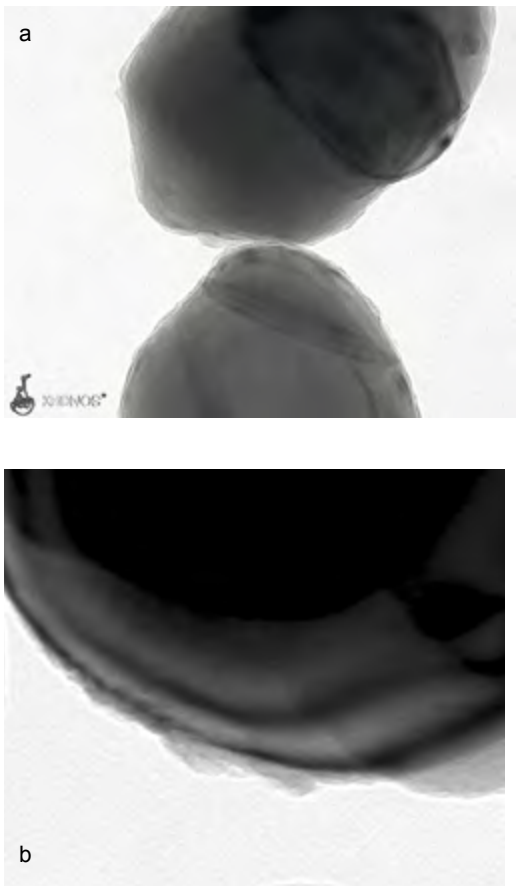


Abb. 11: TEM-Aufnahmen von Titandioxidpigmenten mit a) inselartiger Oberflächenbehandlung mit Zr-, SiO_2 - und Al-Verbindungen und b) Dense-Skin-Oberflächenbehandlung

Bei Verwendung eines witterungsbeständigen Titandioxidpigmentes wird durch seine UV-Absorptionsfähigkeit ein großer Teil der schädlichen UV-Strahlung absorbiert, so dass der Bindemittelabbau durch Photolyse verzögert wird. Besonders hochwitterungsbeständige Titandioxidpigmente haben eine starke Schutzfunktion für die Bindemittelmatrix.

3.3 Reduzierung der photokatalytischen Aktivität

Um die photokatalytische Aktivität zu reduzieren, haben sich zwei Methoden bewährt. Die eine ist die Verwendung von Zr-, SiO_2 - und Al-Verbindungen, die zweite ist die Auffällung von anorganischen Substanzen, die wie eine Haut um den Titandioxidkern liegt. Treffenderweise wird dieses als Dense-Skin-Oberflächenbehandlung bezeichnet, welche dazu führt, dass die entstehenden Radikale nicht in Verbindung mit der Polymermatrix kommen.

KRONOS empfiehlt KRONOS 2160, welches nach der Dense-Skin-Methode hergestellt ist. Es besitzt allerdings eine höhere Menge an anorganischen Substanzen, welche zum Einhüllen benötigt werden. Dieses führt zu einem geringeren Titandioxid-Gehalt, wodurch es in den optischen Eigenschaften schwächer ist.

KRONOS 2310 ist mit Zr-Verbindungen oberflächenbehandelt und hat ein sehr hohes Aufhellvermögen. Die letzte Entwicklung der KRONOS Familie ist KRONOS 2360, welches soweit optimiert ist, dass es als Dense-Skin-Pigment über ein sehr hohes Aufhellvermögen verfügt.



schwach stabilisiertes Titandioxidpigment



hoch stabilisiertes Titandioxidpigment

Abb. 12: Zwei Bewitterungsexponate, die den Einfluss von Titandioxidpigmenten auf die Farbtonbeständigkeit von Fassadenfarben nach Ablauf von zwei Jahren zeigen

3.4 Einfluss von Titandioxid auf die Aufhellung des Farbtones von Fassadenfarben

In Abbildung 12 ist der starke Einfluss von Titandioxid auf die Aufhellung des Farbtones von Fassadenfarben zu sehen. Ein schwach stabilisiertes Titandioxidpigment führt zu einer deutlichen Aufhellung des Farbtones, weil zu einem früheren Zeitpunkt die Titandioxidoberfläche mit Luft in Berührung kommt. Ein hoch witterungsbeständiges Titandioxidpigment kann dagegen mithelfen, den Originalzustand der getönten Fassadenfarbe wesentlich länger beizubehalten.

4 Einfluss weiterer Rohstoffe auf die Farbveränderung von Fassadenfarben

4.1 Polymerdispersionen

Bindemittel für Fassadenfarben sind in der Regel hochmolekulare Polymerdispersionen die mit Emulgatoren oder Schutzkolloiden stabilisiert sind. Durch Wegschlagen in den Untergrund und Verdunsten des Wassers kommt es zu kleineren Zwischenräumen und zunehmenden Kapillarkräften bis zu mehreren hundert Bar. [6] Dieses führt zu einer physikalischen Filmbildung.

Polymerdispersionen haben die Aufgabe, Pigmente und Füllstoffe in den Farbfilm einzubinden und eine Verankerung mit dem Untergrund herzustellen. Wichtige Parameter, die auch einen Einfluss auf die Farbveränderung von Fassadenfarben haben, sind die Glasübergangstemperatur und die Mindestfilmbildetemperatur (MFT).

4.1.1 Einfluss auf die Verschmutzungsneigung

Der Einfluss von Glasübergangstemperatur und MFT zeigt sich in der Verschmutzungsneigung. Hierzu wurde die Korrelation zwischen Kreidung und Helligkeit bzw. Verschmutzung von unterschiedlichen Polymerdispersionen untersucht.

Abbildung 13 zeigt, dass bei Vinylacetat/Acrylaten die Helligkeit L^* nach Ablauf der Prüfzeit von 70 Monaten auf 90 abfällt. Die Fassadenfarbe auf Basis Reinacrylat und Styrol/Acrylat liegen dagegen bei L^* 94. Diese höhere Verschmutzungsneigung des Vinylacetat/Acrylates kann auf eine ge-

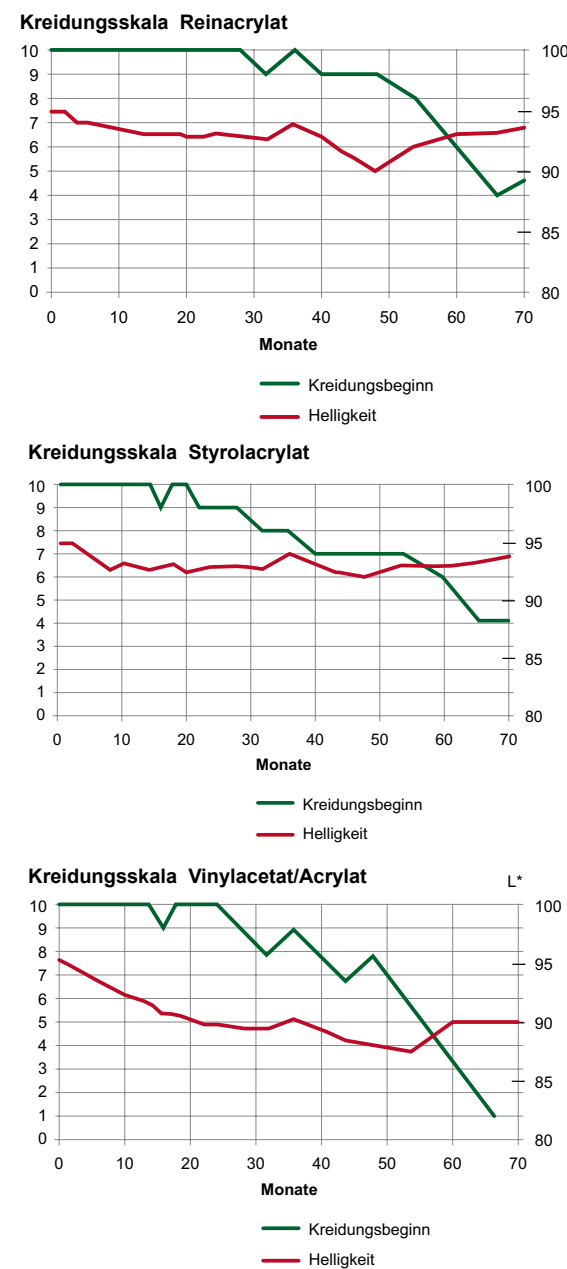


Abb. 13: Kreidungsbeginn und Verschmutzung Fassadenfarbe PVK 50%, Reinacrylat, Styrolacrylat, Vinylacetat/Acrylat (Reihenfolge von oben nach unten)

ringere Glasübergangstemperatur zurückgeführt werden, welche der Polymerdispersion eine höhere Klebrigkeit für Sporen und Feinstaub verleiht. Neuentwicklungen dieser Bindemittelgruppe zeigen allerdings eine erhebliche Verbesserung in der Verschmutzungsneigung.

Generell ergibt sich jedoch, dass Polymerdispersionen mit einer höheren MFT Vorteile in der Verschmutzungsneigung ergeben.

4.1.2 Einfluss von Polymerdispersionen auf die Aufhellung von Fassadenfarben

In Abbildung 14 sind Fassadenfarben mit unterschiedlichen Polymerdispersionen und verschiedenen Titandioxidpigmenten getestet worden. Mit der Kempf-Methode (siehe Abb. 6) wurde die kreidungsfreie Zeit ermittelt. Die längste kreidungsfreie Zeit erreichen Vinylacetat-Ethylen-Vinylchloride, welches aber in der Verschmutzungsneigung deutliche Schwächen aufzeigte. Auch hier wird dieses Ergebnis auf eine geringe Glasübergangstemperatur zurückgeführt. Danach folgten die Reinacrylate, während die Styrol-Acrylate zu deutlich geringeren kreidungsfreien Zeiten führten. Dies liegt offensichtlich daran, dass aromatische Styrol-Monomere eine geringere Beständigkeit gegen UV-Strahlung haben.

Aber auch der Begriff „Reinacrylat“ ist keine Gewährleistung für hohe Witterungsbeständigkeit. Der Grund ist, dass auch ein Reinacrylat ein Copolymer ist, also aus zwei unterschiedlichen Monomeren besteht. Wenn eines dieser Monomere eine schwache Beständigkeit aufweist, so wirkt sich das auf das Reinacrylat aus [8]. Zu diesen schwachen Monomeren gehört bekannterweise Ethylhexylacrylat. Werden diese schwachen Glieder durch stabile Monomere ersetzt, so lässt sich Aufhellung von Fassadenfarben deutlich reduzieren, wie aus Abbildung 15 ersichtlich. Die erste Fassadenfarbe enthält ein Styrol/Acrylat als Bindemittel und die zweite ein Reinacrylat der neuen Generation. Beide wurden mit einer 5%igen Blaupaste eingefärbt.

Nach einem Zeitraum von zwei Jahren zeigt die optimierte Reinacrylat-Generation noch keine Aufhellung, während diese bei der Fassadenfarbe mit dem Styrol/Acrylat deutlich sichtbar ist. Dieses ist über den Abbau des Styrol/Acrylates zu erklären, so dass die freigelegte Titandioxid-

oberfläche mit Luft in Verbindung kommt und dieses zu einer Vergrößerung von Brechzahlunterschieden an der Beschichtungsoberfläche führt.

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass eine farbstabile Fassadenfarbe neben einem hochwitterungsbeständigen Titandioxidpigment eine harte, hochwitterungsstabile Polymerdispersion enthalten sollte. Die Bedeutung dieser Ergebnisse ist schwerlich zu überschätzen, wenn man sich bewusst macht, dass jahrzehntelang Styrol-Acrylate die Standard-Bindemittel für Fassadenfarben waren. Hochwitterungsbeständige Titandioxidpigmente führen zwar mit Styrol- und Ethylhexylacrylathaltigen Bindemitteln zu einer Verbesserung der Farbbeständigkeit, jedoch können diese die Bindemittelschwäche nur bedingt auffangen.

Ebenso ist Wasserquellbarkeit der Polymerdispersionen von Bedeutung. Eine hohe Wasserquellbarkeit führt während des Verdunstens im Mikroklima oberhalb des Beschichtungsfilms zu einer höheren Luftfeuchtigkeit. Hierauf hat die Art der Stabilisierung von Polymerdispersionen einen großen Einfluss.

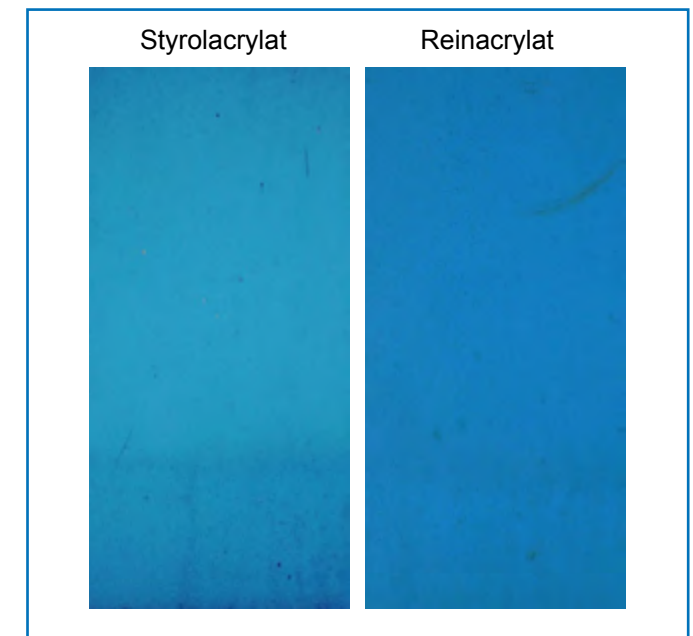


Abb. 15: Zwei Bewitterungsexponate, die die Verbesserung der Farbtonbeständigkeit mit optimierten Reinacrylaten zeigen

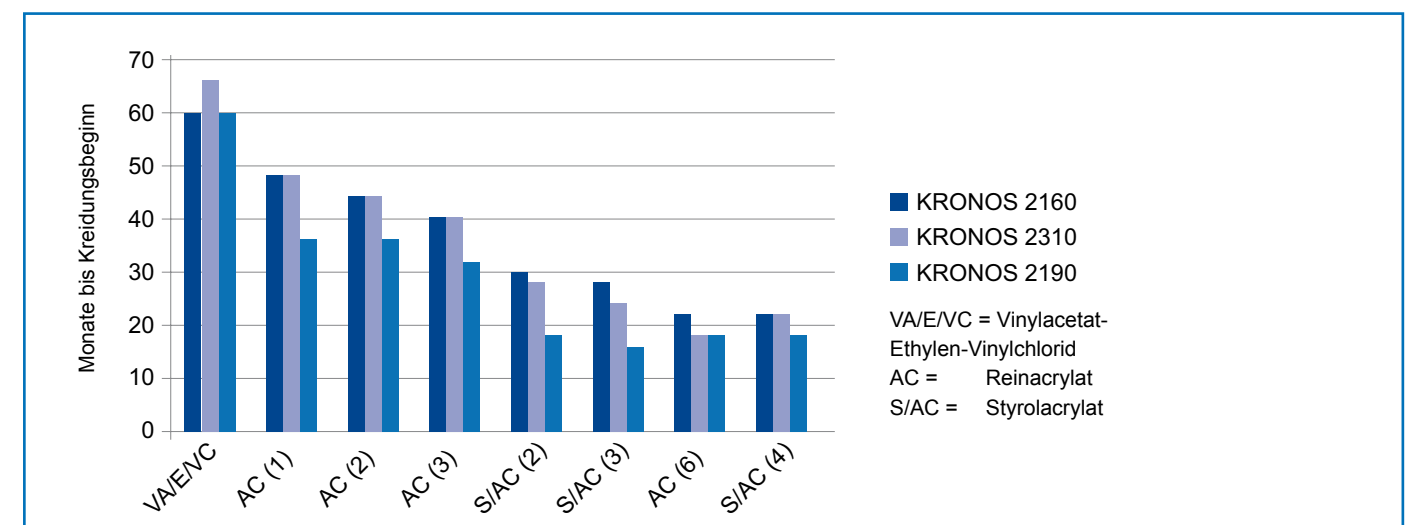


Abb. 14: Einfluss von Polymerdispersionen auf das Kreidungsverhalten von Fassadenfarben

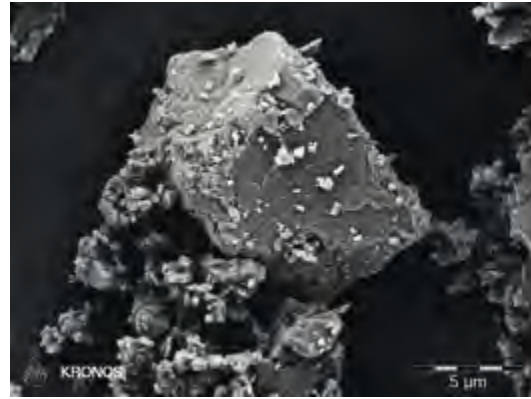
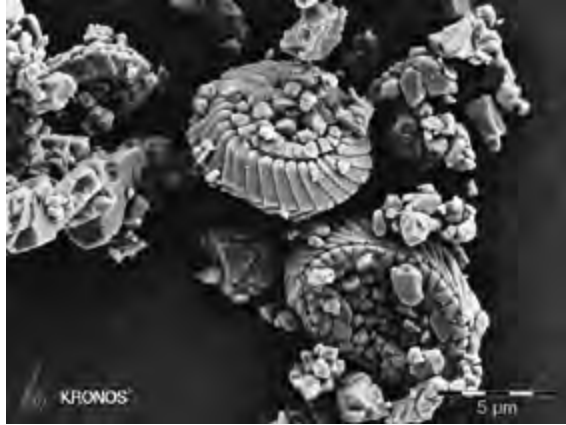


Abb. 16: REM-Aufnahmen von Kreide (links) und Marmormehl (rechts)

4.2 Füllstoffe

Neben Titandioxidpigmenten zeigen Füllstoffe einen großen Einfluss auf die Eigenschaften von Dispersionsfarben. Mengen- und volumenmäßig sind sie in Dispersionsfarben am stärksten vertreten. Füllstoffe beeinflussen über die Verteilung des Titandioxidpigmentes die optischen Eigenschaften wie Deckvermögen und Helligkeit, ebenso die anwendungstechnischen Eigenschaften wie Mudcracking, Verarbeitbarkeit, Rheologie und so wichtige Eigenschaften wie Lagerbeständigkeit und Farbveränderung von Fassadenfarben.

4.2.1 Einfluss von Calciumcarbonat-Modifikationen

Oft wird der Einfluss der unterschiedlichen Calciumcarbonat-Modifikationen bei der Formulierung von Fassadenfarben nicht berücksichtigt. Ein Grund liegt in dem Preisdruck, der oft so hoch ist, dass man meint, sich nur noch mit preisgünstiger Kreide helfen zu können.

Kreide entstand aus Kokolithen, wie sie vor 60 Millionen Jahren lebten (Abb. 16). Erst als sich die Erdplatten, z.B. zu den Alpen, verschoben, wandelte sich unter dem hohen Druck Kreide in Kalkstein um. Werden diese Kalksteinvor-

kommen z.B. aufgrund eines Lavastromes geschmolzen, so bildet sich über Metamorphose Marmor. Diese ist die dritte und inerteste Modifikation. Vor diesem Entstehungshintergrund wird deutlich, dass Kalkstein- und Marmormehle Fassadenfarben eine wesentlich höhere Qualität verleihen.

Jeder kennt die Schulkreide (Abb. 17), die leicht abwaschbar ist, und diese Wassersensibilität bleibt auch in der Fassadenfarbe erhalten. Ganz anders sieht es bei der Marmorbüste (Abb. 17) aus. Die Beständigkeit der Marmorstatuen griechischer Bildhauer ist so hervorragend, dass sie selbst nach Tausenden von Jahren noch bewundert werden können. Wird Kreide durch Kalkstein oder Marmor ersetzt, wird der Füllstoff inerte gegen Umwelteinflüsse. So kann ein weiteres schwaches Glied in der Rohstoffkette ersetzt werden

4.2.2 Einfluss silikatischer Füllstoffe

Die gleiche Logik lässt sich auch auf andere Füllstoffe übertragen, je inerte sie sind, desto weniger reagieren sie auf Umwelteinflüsse und umso günstiger wirkt sich dieser Füllstoff auf die Farbveränderung von Fassadenfarben aus.



Abb. 17: Schulkreide auf nasser Tafel und Marmorbüste

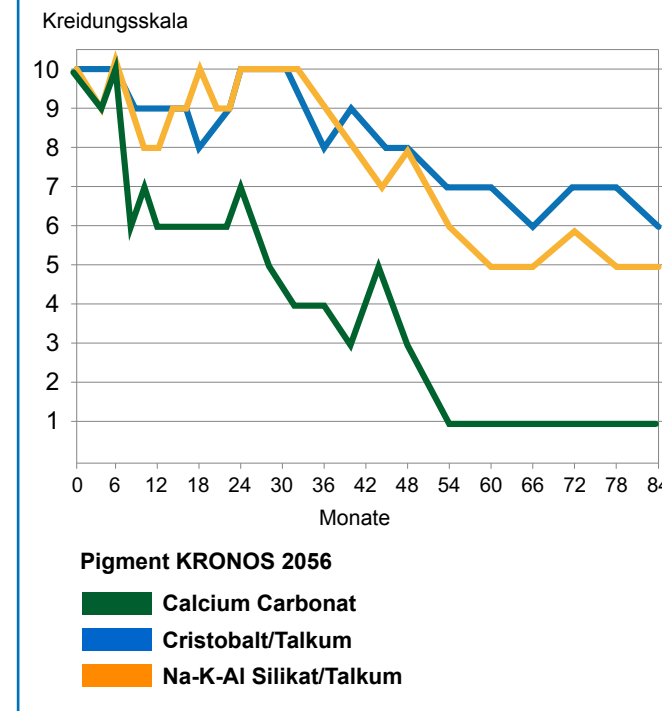


Abb. 18: Witterungsstabilität von Füllstoffen in Silikatfarben

Dieses ist z.B. ersichtlich aus der Witterungsstabilität von Füllstoffen in Silikatfarben. Abbildung 18 zeigt, dass die Kombinationen Cristobalit/Talkum und Na-K-Al Silikat/Talkum deutlich längere kreedungsfreie Zeiten aufweisen als Calcium Carbonat. Diese Ergebnisse können damit erklärt werden, dass silikatische Füllstoffe aufgrund der chemischen Affinität zum Wasserglas intensiver in das netzartige Gerüst miteingebunden werden als andere Füllstoffe. [9]

In einer anderen technischen Arbeit von KRONOS wurde der Einfluss von Rohstoffen auf den Pilz- und Algenbefall von Fassadenfarben untersucht. Diese Arbeiten wurden in einer offenporigen Fassadenfarbe durchgeführt, so dass das Regenwasser in Kontakt mit den Füllstoffen kommen konnte. Abbildung 19 zeigt, dass silikatische Füllstoffe im Laufe der Bewitterungszeit einen günstigeren Einfluss auf den Pilzbefall zeigen als calcitische (siehe auch

Kapitel 6). Die Pilzbefallsskala ist nach dem amerikanischen Schulnoten System aufgebaut. 10 bedeutet keinen Pilzbefall und 1 eine 100 %ige Besiedelung. Das Auswertungsverfahren entspricht näherungsweise der DIN EN 16492, die allerdings erst Jahre nach Abschluss der Arbeiten in Kraft getreten ist.

So lässt sich festhalten, dass insbesondere in offenporigen Fassadenbeschichtungen inerte silikatische Füllstoffe einen positiven Einfluss auf die Farbveränderung von Fassadenfarben haben.

4.2.3 Einfluss der Füllstoffe auf die kritische Pigment-Volumenkonzentration (KPVK)

Ein weiterer Einfluss ergibt sich aus dem unterschiedlichen Bindemittelbedarf von Füllstoffen. Häufig werden Füllstoffe der Einfachheit halber 1:1 ausgetauscht. Ein solches Vorgehen lässt jedoch außer Acht, dass Füllstoffe mit einem höherem Bindemittelbedarf die KPVK reduzieren. Eine KPVK-Reduzierung stellt jedoch eine Verringerung an freiem Bindemittel dar. Hierunter wird Bindemittel verstanden, welches sich frei an der Beschichtungsoberfläche und zwischen den Pigmenten und Füllstoffen verteilen kann. Eine Reduzierung der KPVK bewirkt in Farben, deren PVK unterhalb der KPVK liegt, eine Reduzierung der Bindemittelreserve. Dadurch kann die Titandioxidoberfläche während der Bewitterung früher freigelegt werden, so dass es mit der angrenzenden Luft zu einer Vergrößerung von Brechzahlendifferenzen an der Beschichtungsoberfläche kommt. Wie beschrieben werden hierdurch die Lichtstrahlen stärker gestreut und es kommt zu einer Aufhellung des Farbtönen.

Füllstoffe mit einem höheren Bindemittelbedarf können viele positive Funktionen in einer Fassadenfarbe übernehmen, so z.B. über eine bessere Verteilung des Titandioxidpigmentes das Deckvermögen verbessern oder, indem sie sich in der Farbe dachziegelartig übereinander legen, die Filmrissbildung optimieren. Wird allerdings der höhere Bindemittelbedarf in der Formulierung nicht berücksichtigt, besteht die Gefahr, dass diese Füllstoffe in der Testung der Farbbeständigkeit durchfallen.

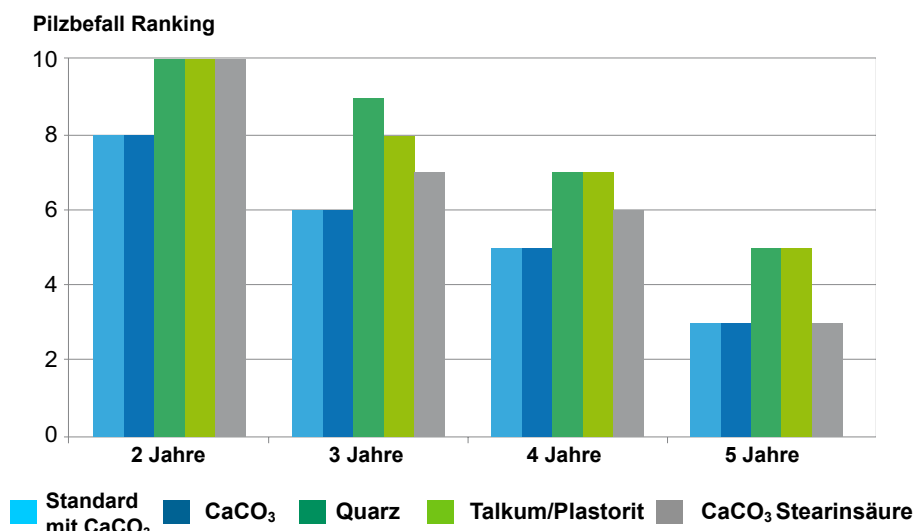


Abb. 19: Einfluss von Füllstoffen auf den Pilzbefall von Fassadenfarben

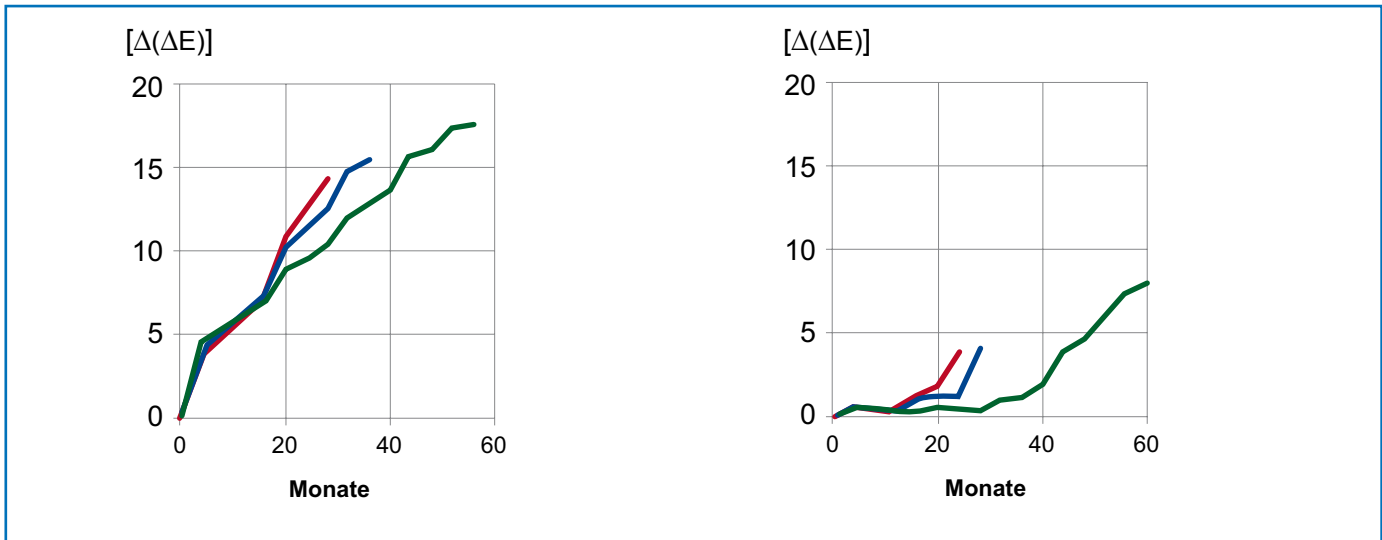


Abb. 20: Wenig lichtbeständige (links) und lichtbeständige organische Buntpigmente (rechts) mit schwach, mittel und hoch stabilisierten Titandioxidpigmenten

4.3 Buntpigmente

Die ganze Vielfalt unser farbigen Welt ist ohne Buntpigmente nicht vorstellbar. Anorganische Buntpigmente können allerdings nicht die gesamte Farbpalette abdecken, so dass diese Farblücken durch organische Buntpigmente gefüllt werden. Natürlich ist die Stabilität der Buntpigmente insbesondere der organischen Pigmente ein entscheidender Punkt. Wenn wenig lichtbeständige Buntpigmente eingesetzt werden, bringen auch die witterungsbeständigsten Titandioxidpigmente keine Verbesserung der Farbbeständigkeit. Erst wenn lichtbeständige Buntpigmente eingesetzt werden, kommt die Leistungsfähigkeit hochwitterungsbeständiger Titandioxidpigmente zum Tragen (Abb. 20). Diese Zusammenhänge sind zwar bekannt, stellen jedoch bis heute ein Problem dar, da z.B. die RAL Farbtöne in der Regel nur mit Mischungen von Buntpigmenten nachzustellen sind. Wenn in dieser Mischung ein Buntpigment im Laufe der Bewitterung abbaut, so verändert sich der Farbort des angebotenen Farbtones. Gerade im Bereich der Buntpigmente bestehen große Preisunterschiede und der Druck, die Buntpigmentmischung kostengünstig zu gestalten, ist gegeben, welches dann zu den beschriebenen Konsequenzen führt.

4.3.1 Chemikalienbeständigkeit

Wie vielfältig das Thema Farbveränderung von Fassadenfarben ist, zeigt die Chemikalienbeständigkeit von Buntpigmenten. Das anorganische „Berliner Blau“ hat genauso eine eingeschränkte Alkalibeständigkeit wie organische Pigmente im allgemeinen. Dieses ist von Bedeutung bei den Wasserglas-basierten Farben, mineralischen Putzen, zementhaltigen Spachteln und Armierungsmörtel für Vollwärmeschutzsysteme und nicht abgeordneten zementhaltigen Untergründen im allgemeinen.

Aber auch die mangelnde Säurebeständigkeit von Ultramarinblau und die eingeschränkte Beständigkeit von Manganblau gegen Schwefeldioxid sei erwähnt.

5 Einfluss der Pigment-Volumen-Konzentration (PVK)

Die Farbtonstabilität von Fassadenfarben wird jedoch nicht nur durch die Stabilität des Buntpigmentes beeinflusst, sondern auch durch den Formulierungsparameter der Pigment-Volumen-Konzentration (PVK).

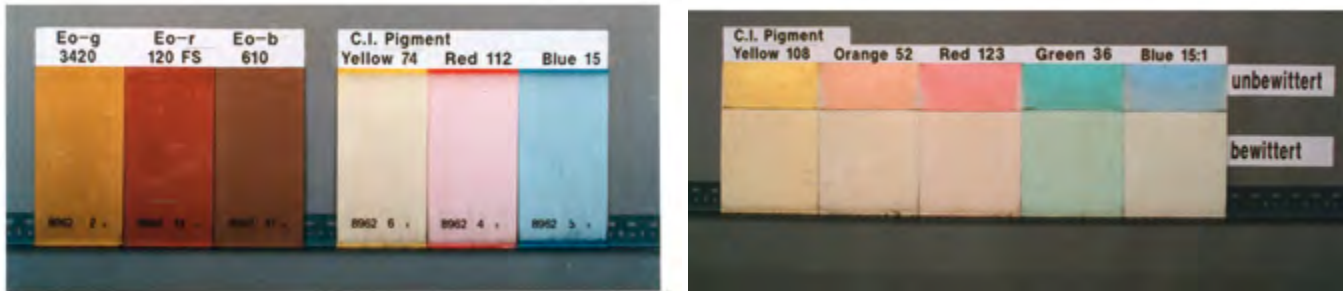
5.1 Definition

Die PVK gibt die Volumenverhältnisse zwischen Pigment und Füllstoff auf der einen Seite, und dem Bindemittelvolumen auf der anderen Seite an. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die kritische Pigment-Volumen-Konzentration (KPVK). Die KPVK ist dabei diejenige Pigment-Volumen-Konzentration, bei der das Bindemittel gerade noch ausreicht, sämtliche Pigment- und Füllstoffoberflächen zu umhüllen und zu benetzen sowie alle Zwischenräume auszufüllen [6].

Stellt die PVK eine einfache Rechengröße dar, so ergibt sich die KPVK aus der dichtesten Packung aller eingesetzten Rohstoffe. Diese ergibt sich dadurch, dass eine dichtere Packung weniger Zwischenräume erschafft, die dann mit Bindemittel auszufüllen sind. Die dichteste Packung wäre rechnerisch zu ermitteln, wenn alle Rohstoffe die gleiche Teilchenform hätten. Schaut man sich z.B. aber die Teilchenform und Teilchengrößenverteilung eines einzigen natürlichen Calcites an, so folgt daraus, dass sich die KPVK einer rechnerischen Betrachtung entzieht und nur praktisch zu ermitteln ist.

5.2 Bedeutung der PVK

Die Bedeutung der PVK liegt in einer sprunghaften Änderung der anwendungstechnischen Eigenschaften, wenn der Punkt der KPVK überschritten wird. Kernpunkt ist hierbei, dass die Zwischenräume der Pigmente und Füllstoffe nach Überschreiten der KPVK nicht mehr mit Bindemittel ausgefüllt sind, sondern mit Luft. Tabelle 2 (S. 7) zeigt die Brechzahl von Luft mit etwa 1. Hierüber kommt es zu einer Vergrößerung der Brechzahlunterschiede zum Titandioxidpigment und zu einer Zunahme des sogenann-



Wetterbeständigkeit von Siliconharzfarben
Einfluss von anorganischen und organischen Pigmenten
Bewitterungsdauer: 4 Jahre Industrieklima (Köln-Flittard)

Wetterbeständigkeit von Siliconharzfarben
Einfluss von organischen Pigmenten
Bewitterungsdauer: 4 Jahre Industrieklima

Abb. 21: Auswaschung organischer Buntpigmente aus Siliconharzfarben

ten Dry-hiding Effektes. So steigen Deck- und Aufhellvermögen nach Überschreiten der KPVK sprunghaft an. Es ist bekannt, dass die innere Spannung am Punkt der KPVK am höchsten ist und in der Nähe der KPVK die Filmrisbildung negativ beeinträchtigt wird. Dieses ist gerade bei hochgefüllten Fassadenfarben ein häufiges Problem.

Ebenso werden die bauphysikalischen Daten einer Fassadenfarbe beeinflusst. Wird die KPVK überschritten, sind die Zwischenräume der Pigmente und Füllstoffe nicht mehr mit Bindemittel sondern mit Luft ausgefüllt. Diese Luft stellt eine Pore dar. Je höher dieses Porenvolumen ist, desto mehr Wasser kann dann in Form von Wasserdampf die Beschichtung durchdringen und umso besser wird hiermit die Wasserdampfdurchlässigkeit. Auf der anderen Seite kann aufgrund eines hohen Porenvolumens mehr Wasser durch die Beschichtung in den Untergrund gelangen. So verringert sich der Schutz vor Wasser bzw. die kapillare Wasseraufnahme nimmt zu.

Die DIN EN 1062-1 [1] teilt den Schutz vor Wasser in drei Klassen ein. Es wird angegeben, wie viel Wasser durch die Kapillaren der Beschichtung in den Untergrund dringt [w]:

Klasse 1 w	> 0,5	kg/(m ² √h)
Klasse 2 w	0,1-0,5	kg/(m ² √h)
Klasse 3 w	< 0,1	kg/(m ² √h)

Die Klasse 3 bietet den höchsten Schutz vor Wasser.

Nach EN ISO 7783-2 wird die Wasserdampfdurchlässigkeit mit der Wasserdampf-Diffusionsstromdichte V [g/(m² *d)] bzw [g/(m²*h)] oder der diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke sd [m] angegeben. Der sd-Wert lässt sich dem V-Wert [g/(m²*d)] errechnen: sd = 21/V.

Die Wasserdampfdurchlässigkeit wird ebenfalls in drei Klassen eingeteilt. [11] Die Klasse I gibt die höchste Wasserdampfdurchlässigkeit an.

	V [g/(m ² *d)]	V [g/(m ² *h)]	sd [m]
Klasse 1	> 150	> 6	< 0.14 m
Klasse 2	15 - 150	0.6 - 6	0.14 - 1.4 m
Klasse 3	< 15	< 0.6	≥ 1.4 m

5.3 Auswaschung aus offenporigen Fassadenbeschichtungen

Liegt die PVK oberhalb der KPVK, so handelt es sich um eine offenporige Fassadenbeschichtung. Dies hat einen vielfältigen Einfluss auf die Farbveränderung von Fassadenfarben.

Abbildung 21 zeigt das Verhalten von Buntpigmenten auf die Farbveränderung von Fassadenfarben [12]. Beide Aufnahmen zeigen deutlich, dass selbst auch die stabilsten organischen Buntpigmente zu einer erheblichen Aufhellung des Farbtones von offenporigen Siliconharzfarben führen.

Der Grund ist in der Feinteiligkeit der geprüften organischen Buntpigmente zu sehen. Sie ist offensichtlich so feinteilig, dass diese organischen Buntpigmente aus der offenporigen Siliconharzfarbe durch den Regen ausgewaschen werden.

Die größeren anorganischen Buntpigmente zeigen eine deutlich geringere Farbveränderung.

5.4 Offenporige Fassadenbeschichtungssysteme

Die Problematik der Auswaschung feinteiliger Buntpigmente liegt darin, dass auch diese zu einer Aufhellung des Farbtones führt und auf den ersten Blick nur schwer von der in Kapitel 2 beschriebenen physikalischen Ursache zu unterscheiden ist. Die Bedeutung der Auswaschung von feinteiligen Pigmenten aus offenporigen Fassaden wird erst deutlich, wenn man sich bewusst macht, wie viel offenporigen Fassadenbeschichtungssysteme es gibt.

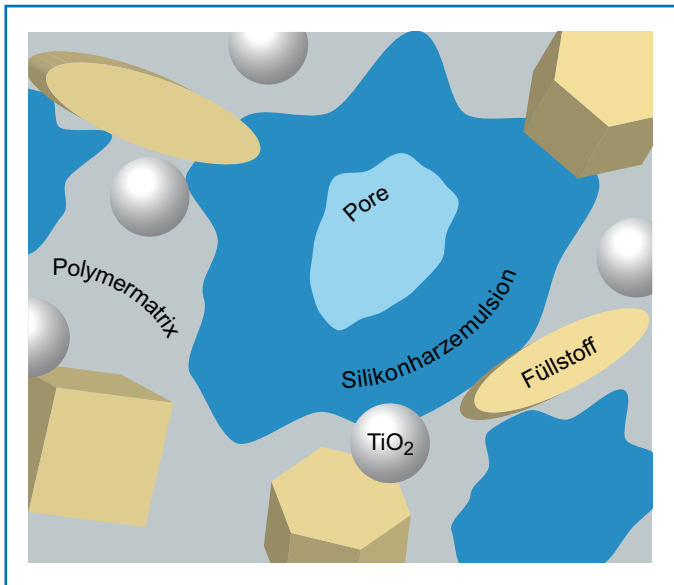


Abb. 22: Formulierungsprinzip einer Siliconharzfarbe

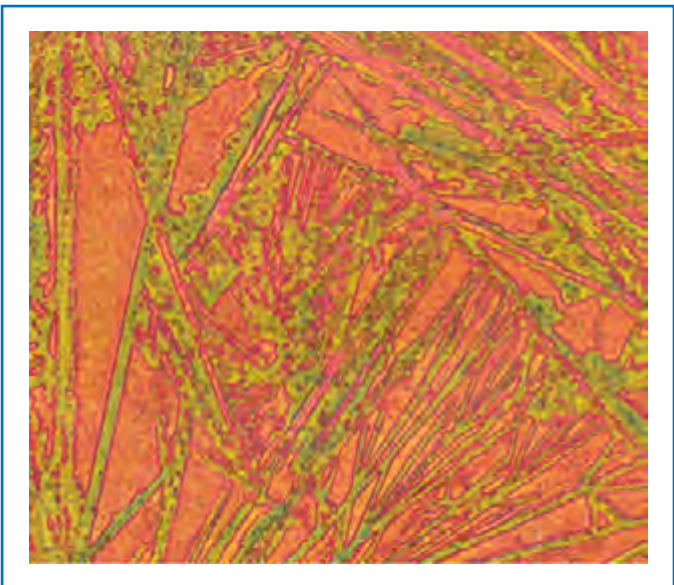


Abb. 23: Netzartige Verkieselung von Wasserglas

Das sind zum einen die in Abbildung 21 erwähnten Siliconharzfarben, die oberhalb der KPVK formuliert sind und die vorhandenen Poren mit Siliconharzemulsion ausgekleidet aber nicht ausgefüllt werden. Die Auskleidung der Poren mit Siliconharzemulsion garantiert den Schutz vor Wasser, während die immer noch vorhandenen Poren für eine gute Wasserdampfdurchlässigkeit sorgen [11]. Dieses Formulierungsprinzip ist in Abbildung 22 gut erkennbar. Die gelb dargestellten Füllstoffteilchen und weißen Titandioxidpigmente sind hier von einer gräulich dargestellten Polymermatrix umgeben, während die bläulich dargestellte Siliconharzemulsion die vorhandenen Poren auskleidet aber nicht ausfüllt. So bleibt noch eine hellbläulich dargestellte Porosität, die für eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit benötigt wird.

Silikatfarben besitzen über die netzartige Verkieselung des anorganischen Hauptbindemittels Wasserglas immer eine offene porige Struktur, wie die Aufnahme in Abbildung 23 darstellt. Diese bleibt auch erhalten, wenn der nach DIN 18363 5%ige organische Anteil überschritten wird [9].

Siliconharzfarben und Silikatfarben sind aber nicht die einzigen offenen Fassadenbeschichtungen. Im Jahr 2004 trat die weltweit erste Norm für Fassadenbeschichtungen in Kraft. Als Kundenservice und um die Einführung der DIN EN 1062-1 [1] zu unterstützen, führte KRONOS eine Untersuchung europäischer Fassadenfarben durch. Diese Untersuchung schloss Silicon- und Silikatfarben aus. Dennoch wies diese Untersuchung nach, dass mehr als die Hälfte aller europäischen Fassadenfarben oberhalb der KPVK lagen und damit anfällig für das Auswaschen feinteiliger Buntpigmente waren.

Zur Prüfung, ob eine Fassadenfarbe unterhalb oder oberhalb der KPVK liegt, verwendet KRONOS den sogenannten Gilsonite-Test. Der Test ist eine firmeneigene Entwicklung und wird folgendermaßen durchgeführt:

Es wird eine 25%ige Teer-Asphalt Lösung, die sogenannte Gilsonite-Lösung, mit dem Pinsel aufgetragen und die überstehende Lösung mit Testbenzin abgespült. Handelt es sich aber um eine offene porige Beschichtung, wird diese Gilsonite-Lösung von der inneren Oberfläche absorbiert

und bleibt als Verfärbung sichtbar. Die Fassadenfarbe ist somit oberhalb der KPVK. Bei Fassadenfarben unterhalb der KPVK sind keine Poren vorhanden und so wird die Gilsonite-Lösung ohne Verfärbung abgewaschen.

Da in der Regel auch Putze offene porige Beschichtungssysteme darstellen, kann man ermessen, wie bedeutsam das Auswaschen feinteiliger Buntpigmente ist. Um einer Farbveränderung in offenen Beschichtungssystemen entgegen zu wirken, empfiehlt es sich, Buntpigmente einzusetzen, die nicht ausgewaschen werden können. Denn auch das stabilste Titandioxidpigment kann diese Art der Farbveränderung nicht verhindern.

6 Mikrobielle Einflüsse

Jede Oberfläche wird im Laufe der Zeit von Mikroorganismen besiedelt. Auch auf Fassadenfarben trifft dieses zu. Die erwähnte Untersuchung europäischer Fassadenfarben konnte dieses an zahlreichen Beispielen belegen (Abb. 25). Der mikrobielle Befall führt zur Farbveränderung.



Abb. 24: Mikrobieller Befall von Fassadenfarben

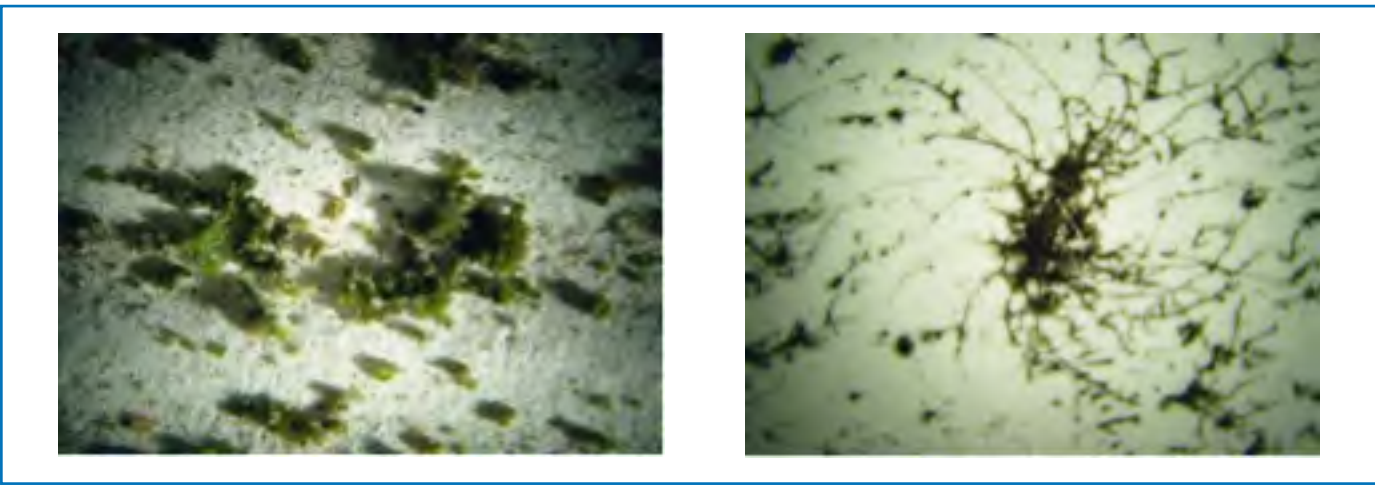


Abb. 25: Algenbefall (links) und Pilzbefall (rechts)

Bei den mikrobiellen Einflüssen unterscheidet man zwischen Algen und Pilzen und der Symbiose beider, den Flechten. Algen ernähren sich über Photosynthese und haben deswegen in der Regel einen grünlichen Farbton. Pilze versuchen sich vor der UV-Strahlung zu schützen und sind in der Regel schwarz. Sie bestehen aus runden Pilzsporen und Hüfen.

Algen und Pilze benötigen für ein gutes Wachstum ein feuchtes Klima. Je länger eine Fassade feucht bleibt, desto höher ist das Wachstum der Mikroorganismen. Dieses wird besonders bei Vollwärmeschutz-Fassaden sichtbar, bei denen der Taupunkt unterschritten wird.

Wie bereits in Kapitel 5.2 „Bedeutung der PVK“ beschrieben, sind offene porige Fassadenfarben oberhalb der KPVK formuliert und bieten kaum Schutz vor Wasser. Die kapillare Wasseraufnahme liegt meistens in den Klassen 1 und 2. Erschwerend kommt hinzu, dass das in den Untergrund eingedrungene Wasser langsamer verdunstet als es eingedrungen ist. Ähnlich dem Verhalten von Polymerdispersionen mit einer hohen Wasserquellbarkeit führt dieses zu

einer höheren Luftfeuchtigkeit in dem Mikroklima oberhalb des Beschichtungsfilms und begünstigt so das Wachstum von Mikroorganismen.

Hieraus folgt, dass bei offenen porigen Fassadenbeschichtungssystemen auf eine Ausrüstung mit Bioziden und eine ausreichende Hydrophobierung zu achten ist, um eine Farbveränderung von Fassadenfarben durch Mikroorganismen zu erschweren.

7 Sonstige Einflüsse

In den vorherigen Kapiteln wurden die Haupteinflüsse auf die Farbänderung von Fassadenfarben erörtert. Im Folgenden werden noch einige sekundäre Einflussfaktoren behandelt, die auf langjährigen Erfahrungen beruhen.

7.1 Oberflächentemperatur

Die Oberflächentemperatur wird über den Farbton der Beschichtung beeinflusst. Je höher die Oberflächentemperatur desto eher kann das Tauwasser abtrocknen. Die Fassade bleibt länger trocken und ist widerstandsfähiger gegen Pilz- und Algenbefall.

Auf der anderen Seite nimmt die Klebrigkeit weicher Polymerdispersionen mit zunehmender Oberflächentemperatur zu. Die Folge ist eine Zunahme der Anschmutzneigung und hierüber eine Farbveränderung der Fassadenfarbe. (Tab. 4)

7.2 Ausblühungen

Salzartige Feuchtigkeit kann im Mauerwerk aufsteigen und durch die Fassadenbeschichtung diffundieren. Nach dem Verdunsten bleibt eine weiße Salzkruste auf der Oberfläche zurück, die zu einer Farbveränderung führt. Bei den löslichen Salzen kann es sich z.B. um Natriumchlorid vom Winterstreudienst handeln, um Kalium- und Natriumsulfat aus mineralischen Baustoffen oder um Kaliumnitrat bzw. Mauersalpeter, welches durch Reaktion von z.B. Tierexkrementen mit dem Mörtel auftreten kann. Vielfach hilft eine Trockenlegung des Mauerwerks, bzw. ein Abbürsten oder Abkratzen der Salzausblühungen.

7.3 Weißanlaufen

Wird die Mindestfilmbildetemperatur (MFT) während der Applikation unterschritten, so führt dieses zu einer leichten Rissbildung auf der gesamten Beschichtungsfläche.

Farbton	max. Oberflächentemperatur
Weiß (RAL 9001)	40°C
Hellelfenbein (RAL 1015)	49°C
Gelb (RAL 1004)	50°C
Blutorange (RAL 2002)	55-61°C
Feuerrot (RAL 3000)	55-63°C
Resedagrün (RAL 6011)	61-70°C
Sienabraun (RAL 5010)	63-74°C
Enzianblau (RAL 5010)	67-72°C
Eisengrau (RAL 7011)	68-71°C
Schwarz (RAL 9005)	77-80°C

Tab. 4: Maximale Oberflächentemperatur in Abhängigkeit des Farbtones

[6]. Dieses Problem kann durch die Erhöhung der Filmbildungsmittelmenge gelöst werden. Die Rissbildung führt aber auch zu einer Farbveränderung von Fassadenfarben. Dieses kann als Weißanlaufen bezeichnet werden. Die Ursache für das Weißanlaufen liegt darin, dass unterhalb der MFT das Polymer sich im Glaszustand befindet und es zu keiner Filmbildung kommt. So bilden sich die Luft-einschlüsse, die dann eine weißliche Färbung bewirken.

Erschwerend kommt hinzu, dass die MFT-Angabe sich nur auf das reine Polymer bezieht und Pigmente und Füllstoffe die MFT einer Beschichtung erhöhen. In den Übergangszeiten, z.B. bei Nachtfrost, kann es so zu Farbunterschieden kommen. Es sind Fälle bekannt, wo das kalte Gerüst der Umgebung Wärme entzieht und über das Weißanlaufen die Gerüststruktur sich auf der frisch beschichteten Fassade widerspiegelte.

Aus diesem Grund empfiehlt es sich, mit einer Sicherheitsreserve an Filmbildungsmittel in der Fassadenfarbenformulierung zu arbeiten.

7.4 Alterungseffekte

Farbveränderungen einer Fassadenfarbe können auch bei notwendigen Nachbesserungsarbeiten auftreten, so z.B. nach Abbau eines Gerüsts. Diese Farbveränderungen können ihre Ursache in Alterungseffekten der Fassadenfarbe haben.

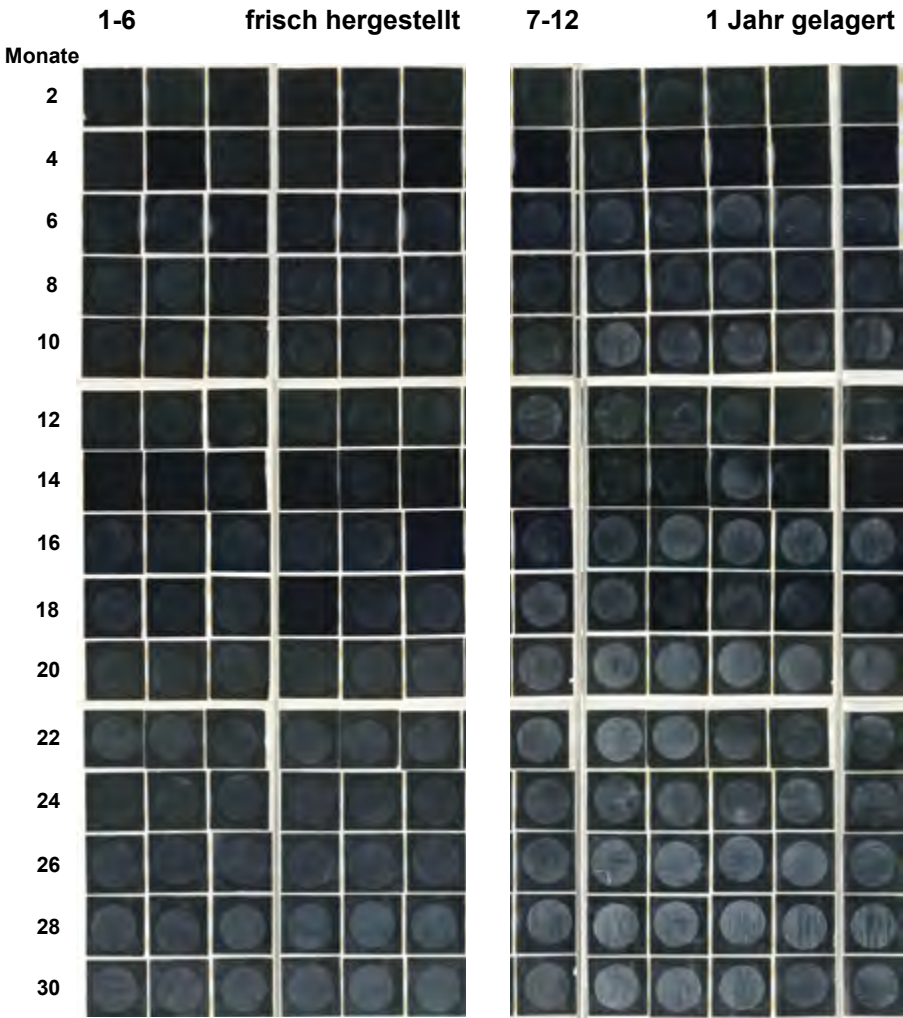


Abb. 26: Kreidungsbeginn der frisch hergestellten Dispersionsfarbe nach etwa 28 Monaten, Kreidungsbeginn der 1 Jahr gelagerten Farben nach etwa 16 Monaten

Dieses soll an drei Beispielen erläutert werden:

Es gibt teilweise auch heute noch Siliconharzemulsionen, die aromatische Lösemittel enthalten. Lagerstabilitätsuntersuchungen ergaben, dass nach einem Jahr Lagerung die Porosität von anfänglich ΔL 5 auf ΔL 17 angestiegen war. Eine so deutliche Zunahme der Porosität führt zwangsläufig zu einer Aufhellung des Farbtones. Als Ursache für die Porositätszunahme wurde vermutet, dass das aromatische Lösemittel die Polymerdispersion angegriffen hat.

Aromatische Lösemittel sind offensichtlich nicht die einzigen Substanzen, die diese Fähigkeit haben, sondern auch Frostschutzmittel. Bei eigenen Untersuchungen konnten wir feststellen, dass Frostschutzmittel in der Lage sind, organische Hohlkugeln anzulösen. Wenn während des Trocknungsprozesses Wasser irreversibel aus den organischen Kugeln entweicht, führt die nun in dem Hohlraum enthaltene Luft zu einer Erhöhung des Deckvermögens. Über das Anlösen der organischen Hohlkugel nahm im Laufe der Lagerung der Farbe nicht nur das Deckvermögen ab, sondern auch das Aufhellvermögen, so dass es zu einer Reduzierung des Farbtones der getönten Fassadenfarbe kam.

Auch bei Dispersionssilikatfarben kommt der Stabilität der Polymerdispersion eine große Bedeutung zu. Die große Herausforderung liegt in dem hohen pH-Wert des Wasserglases, welcher zu einer Verseifung der Polymerdispersion führen kann [9].

Abbildung 26 zeigt links sechs frisch hergestellte und rechts sechs ein Jahr gelagerte Dispersionssilikatfarben, die auf Eternitplatten appliziert und dann in der Freibewitterungsstation Engstenberg bewittert wurden. Bei den ein Jahr gelagerten Dispersionssilikatfarben ist zu sehen, dass zu einem deutlich früheren Zeitpunkt die Kreidung einsetzt. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass über die Verseifung der filmbildungsfähige Polymeranteil abnimmt, so dass die Pigmente und Füllstoffe weniger gebunden werden und während der Bewitterung früher freigelegt werden. In den offenporigen Silikatfarben werden so aber auch Deck- und Aufhellvermögen durch die Lagerung beeinflusst.

7.5 Applikationseffekte

Abbildung 27 zeigt zwei Testpaneele mit gleicher Beschichtung. Einmal gerollt und das andere Mal gestrichen, wobei der letzte Strich senkrecht ist. Die gestrichene Fassadenfarbe zeigt einen geringeren Pilzbefall als die gerollte. Wir führen die Ergebnisse darauf zurück, dass das senkrecht gestrichene Testpanel das Wasser schneller ablaufen lässt als das gerollte Paneel.

Die Wahl der Applikation und die damit erzeugte Struktur beeinflusst somit die Farbveränderung von Fassadenfarben.



Abb. 27: Die gestrichene Fassadenfarbe (rechts) zeigt einen geringeren Pilzbefall als die gerollte (links)

7.6 Untergrundvorbehandlung

Abschließend sei auf den Einfluss einer mangelnden Untergrundvorbehandlung eingegangen, was z.B. durch eine ungleichmäßige Auftragung des Tiefengrundes auftreten kann. Dieses führt dazu, dass an Stellen, wo ein höheres Saugvermögen des Untergrundes vorhanden ist, die Fassadenfarbe „aufbrennt“. Hierunter versteht man, dass Wasser, aber auch Polymerdispersion, von den aufbrennenden Stellen stärker aufgesogen wird als von den Restflächen. Dieses führt zu einer PVK Erhöhung an den Stellen, wo es zu diesem Aufbrennen gekommen ist.

In Fassadenfarben, die oberhalb der KPVK formuliert sind, kommt es so zu einer Vergrößerung des Abstandes zwischen KPVK und PVK, so dass nun mehr Grenzflächen zwischen Titandioxid und Luft vorhanden sind. Die Folge ist eine Aufhellung des Farbtones an den Stellen, wo ein stärkeres Aufbrennen aufgetreten ist.

Eine gleichmäßige Untergrundvorbehandlung ist somit Voraussetzung für eine gleichmäßige farbige Beschichtung.

8 Zusammenfassung

Die Farbveränderung von Fassadenfarben hat vielfältige Einflüsse. Einige Einflüsse führen zu einer Aufhellung, andere zu einer Reduzierung des Farbtones (Tab. 5). Lediglich der erste Punkt wird über Titandioxidpigment signifikant beeinflusst, alle anderen Punkte allenfalls marginal. Erst wenn dieses erkannt und in der Formulierung berücksichtigt wird, kommt die zentrale Bedeutung von Titandioxidpigment zum Vorschein.

Diese liegt darin begründet, dass die Hauptursache für eine Aufhellung des Farbtones in einem Abbau der Beschichtungsoberfläche während der Bewitterung liegt. Hierdurch kommt es zu einer Zunahme an optisch aktiven Grenzflächen mit Brechzahlunterschieden, wobei die Grenzfläche zwischen Titandioxidpigment und Luft den größten Einfluss auf die Aufhellung hat. Je größer die optisch aktiven Grenzflächenunterschiede werden, umso größer ist die Aufhellung des Farbtones. Die Aufhellung des Farbtones ist deswegen nicht statisch sondern dynamisch.

Farbveränderung

Aufhellung des Farbtones	Reduzierung des Farbtones
Zunahme an optisch aktiven Grenzflächen während der Bewitterung	Schmutzanfällige Beschichtungs Oberfläche
Nicht stabile Buntpigmente	Alterungseffekte
Auswaschung feinteiliger Buntpigmente	Mikrobieller Befall
Ausblühungen	
Weißanlaufen	
Alterungseffekte	
Mangelnde Untergrundvorbereitung	

Tab. 5: Einflüsse auf die Farbveränderung von Fassadenfarben

Hieraus ergibt sich ein einfaches Formulierungsprinzip: Den Zeitraum, bei dem es zu einer Zunahme an optisch aktiven Grenzflächen kommt, heraus zu zögern.

Dem verwendeten Titandioxidpigment kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. Ohne ein hochwitterungsbeständiges Titandioxidpigment kann keine farbstabile Fassadenfarbe formuliert werden. Es ist eine Grundvoraussetzung. KRONOS empfiehlt KRONOS 2160, KRONOS 2310 und KRONOS 2360.

Das hochwitterungsbeständige Titandioxidpigment kann seine volle Leistungsfähigkeit jedoch nur in Kombination mit anderen hochwertigen Rohstoffen zur Geltung bringen.

An erster Stelle sind hier harte, wenig klebrige, hochwitterungsbeständige Polymerdispersionen zu nennen, welche eine geringe Wasseraufnahme besitzen sollten. Hierzu sind von Bindemittelherstellern neue Produkte entwickelt worden.

Ebenso wichtig ist der Einsatz von Füllstoffen, die möglichst inert sein sollten. Bei den Calciumcarbonaten ist ein Marmormehl einer Kreide vorzuziehen. Insbesondere der unterschiedliche Bindemittelbedarf der Füllstoffe sollte bei der Formulierung berücksichtigt werden.

Neben hochwertigen Rohstoffen spielt die Formulierung eine zentrale Rolle. Ist die PVK oberhalb der KPVK, handelt es sich um eine offenporige Fassadenbeschichtung, bei der die Gefahr der Auswaschung feinteiliger Buntpigmente besteht. Die sich hieraus ergebende Farbveränderung ist unabhängig vom eingesetzten Titandioxidpigment. Dieses betrifft Siliconharzfarben, Silikatfarben, hochgefüllte Fassadenfarben und Putze. In diesen Systemen verhalten sich größere Buntpigmente vorteilhafter.

Durch geeignete biozide und wasserabweisende Ausrüstung ist einem mikrobiellen Befall vorzubeugen, welcher die Farbveränderung massiv beeinflusst.

Auf diese Weise formulierte Fassadenfarben werden eine verbesserte Farbtonbeständigkeit zeigen und hiermit über längere Renovierungszyklen einen Beitrag zu einer besseren Nachhaltigkeit leisten.

Literaturverzeichnis

[1] DIN EN 1062-1

[2] Merkblatt 26, Bundesausschuss Farbe und Sachwert-schutz e.V., Farbveränderung von Beschichtungen im Außenbereich, Merkblatt 26, (2007)

[3] KRONOS LEITFADEN (1967)

[4] DIN 55982: Bestimmung des Aufhellvermögens von Weißpigmenten

[5] DIN 53164: Bestimmung des relativen Streuvermögens von Weißpigmenten

[6] H. Dörr, Dr. F. Holzinger, KRONOS Titandioxid in Dispersionsfarben (1989)

[7] Dr. Josef Schmelzer und Iris Hillmann, Bewitterungsprüfung aus der Sicht des Titandioxidherstellers (2014)

[8] Dr. Josef Schmelzer, KRONOS Information 6.27 „Witterungsbeständigkeit von Fassadenfarben auf der Basis handelsüblicher Polymerdispersionen“ (1990)

[9] W. Könner, KRONOS Information 6.31 „KRONOS Titandioxid in Silikatfarben“ (1997)

[10] Dr. Schmelzer, Dr. Schwindt, KRONOS information 6.28 „Farbbeständigkeit, Glanzhaltung und kreidungsfreie Zeit von titandioxidhaltigen bunten Beschichtungen“ (1994)

[11] W. Könner, KRONOS Information 6.33 „KRONOS Titandioxid in Siliconharzfarben und -putzen“ (1999)

[12] G. Wieghaus, „Farbige Pigmentierung von wässrigen Siliconharz-Beschichtungssystemen für Fassaden“ (1996), Expert Verlag, „Wässrige Silikonharzbeschichtungen für Fassadenfarben“, S.228 und 230 (1997).



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.