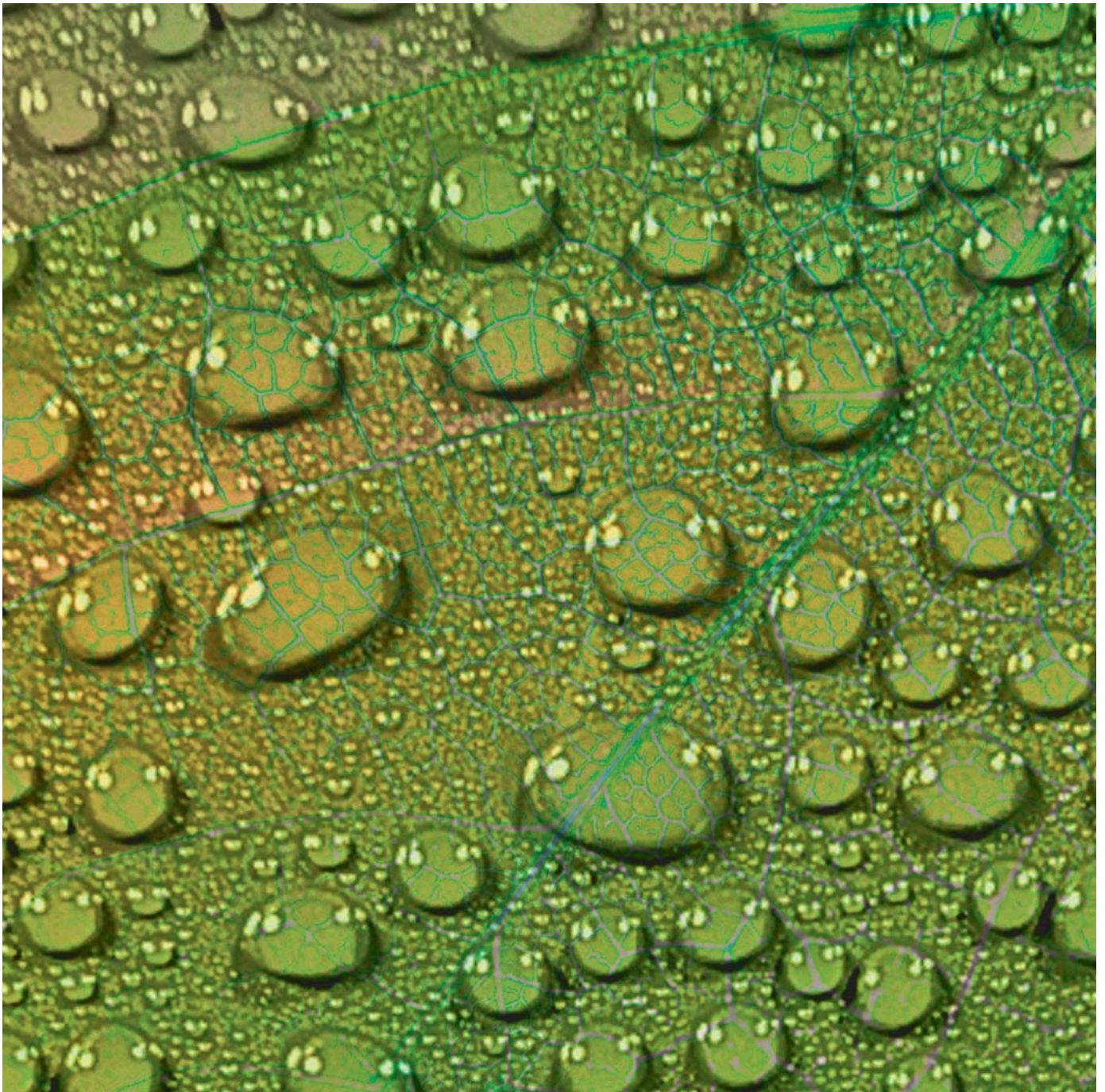


## KRONOS Titandioxid in wässrigen Siliconharzfarben und -putzen

KRONOS INFORMATION **6.33**

Dipl.-Ing. Wolfgang Könner  
Dr. Roswitha Margraf

KRONOS INTERNATIONAL, INC., D-51373 Leverkusen



## 1. Einleitung

Seit etwa 30 Jahren sind Siliconharzfarben bekannt. Speziell in den letzten 10 Jahren hat sich diese Fassadenbeschichtungsgruppe zunehmend etabliert. Nach DIN 18363 bestehen Siliconharzfarben im wesentlichen aus einer Siliconharzemulsion/Polymerdispersion-Kombination als Bindemittel, sowie Pigmenten, Füllstoffen und Hilfsmitteln.

Die vorliegende KRONOS Information befaßt sich mit der Formulierung von Siliconharzfarben und -putzen, wobei als Schwerpunkt Titandioxid für die Pigmentierung behandelt wird.

## 2. Fassadenfarben im Vergleich

Zu den Fassadenfarben gehören polymer gebundene Fassadenfarben, Silikatfarben und Siliconharzfarben. Welche Anforderungen müssen diese Anstrichsysteme erfüllen?

### 2.1 Anforderungen an Fassadenfarben

Hauptforderung an Fassadenfarben ist der Schutz vor Wasser. Wasser ist und bleibt am Bau der Feind Nr. 1. Wasser, welches durch den Anstrichfilm in den Baustoff dringt, führt zu einem Verlust an Wärmedämmung. Dies bedingt ein ungesundes Wohnklima und einen erheblich höheren Verbrauch an Energie. Das in den Baustoff gedrungene Wasser löst Salze, die sich bei Verdunsten des Wassers in den oberflächennahen Poren ablagern. Die Salzkonzentration nimmt dadurch allmählich zu. Volumenvergrößerung durch Kristallisationsvorgänge führt zu erheblichen Sprengdrücken, die das Porengefüge der Baustoffe zerstören [1]. Das gleiche Schadensbild tritt durch Gefrieren des Wassers in den Porenräumen auf.

Nach dem Verdunsten des Regenwassers bleiben die aus der Luft aufgenommenen Stoffe als Verunreinigung auf der Fassade zurück. Über das Regenwasser lagern sich Mikroorganismen wie Pilze, Algen und Moose an der Fassade an. Dieses führt nicht nur zu einer ästhetischen Beeinträchtigung, sondern auch zu einer irreversiblen Schädigung des Anstrichfilms.

Die beschriebenen Schäden verdeutlichen, daß Fassadenschutz vor allem Feuchtigkeitsschutz bedeutet. Einen entsprechenden Feuchtigkeitsschutz gewährleisten polymer gebundene Fassadenfarben. Seit Mitte der fünfziger Jahre die ersten Polymerdispersionen auf dem deutschen Markt angeboten wurden, haben dispersionsgebundene Fassadenfarben eine rasante Entwicklung genommen.

Die Filmbildung bei Dispersionsfarben erfolgt über das Wegschlagen des Wassers in den Untergrund bzw. durch Verdunstung, wodurch zwischen den Polymerpartikeln Kapillarkräfte mit Drücken von mehreren 100 bar auftreten, so daß es zu einem Zusammenpressen bzw. Verschweißen der Polymerpartikeln kommt [2]. Durch diese physikalische Filmbildung erhält man geschlossene Filme, die das Eindringen von Wasser verhindern. Auf der anderen Seite kann aber bei Gebäuden mit aufsteigender Bodenfeuchte oder Wanddurchfeuchtung kein Wasser in Form von

Wasserdampf durch den Anstrichfilm hindurchdiffundieren. Dies birgt die Gefahr der Blasenbildung und kann zu Abplatzerscheinungen führen.

Die traditionsreichsten Anstrichsysteme sind die Silikatfarben. Seit mehr als 100 Jahren werden sie als hochwertige Fassadenanstriche eingesetzt. Hierbei wird zwischen 2K-Silikatfarben und Dispersionssilikatfarben unterschieden. Beide Farben sind auf dem anorganischen Bindemittel Wasserglas aufgebaut. Die Filmbildung bei Silikatfarben ist nicht physikalisch sondern chemisch. Wasserglas führt mit dem CO<sub>2</sub> der Luft zu einer netzartigen Verkieselung mit dem mineralischen Untergrund sowie den Pigmenten und Füllstoffen. Hieraus resultiert eine hervorragende Haftung zum Untergrund. Weiterhin bildet sich über die netzartige Verkieselung eine offenporige Anstrichschicht aus, durch die Wasserdampf ohne Schwierigkeiten hindurchdiffundieren kann. Dadurch können die oben erwähnten Abplatzschäden vermieden werden [3]. Sofern die Silikatfarbe nicht hydrophobiert ist, ist allerdings der Schutz vor Wasser nicht gewährleistet.

Siliconharzfarben stellen hier eine nahezu ideale Lösung dar. Zum einen sind sie offenporig formuliert, so daß eine sehr gute Wasserdampfdurchlässigkeit erreicht wird und somit keine Abplatzschäden zu befürchten sind. Zum anderen gewährleistet die Siliconharzemulsion einen entsprechenden Schutz vor Wasser, so daß die Bausubstanz von den oben aufgeführten Feuchtigkeitsschäden geschützt ist. Möglich wird dies durch den hochmolekularen, dreidimensionalen Aufbau der Siliconharzemulsion, wobei im Unterschied zur Quarzstruktur jedes vierte Sauerstoffatom durch eine Alkyl-Gruppe ersetzt ist. Die organische Gruppe bewirkt die Wasserabweisung, während das Si-O-Si-Grundgerüst für die Ausbildung des Siliconharz-Netzwerkes verantwortlich ist.

### 2.2 Bauphysikalische Daten

Sowohl der Feuchtigkeitsschutz als auch die Wasserdampfdurchlässigkeit werden über die bauphysikalischen Daten charakterisiert. Der Schutz der Bausubstanz vor Wasser wird nach EN 1062-3 mit der Wasserdurchlässigkeitsrate  $w$  [kg/(m<sup>2</sup>√h)] angegeben. Je kleiner dieser ist, um so besser ist die Schutzwirkung. Die zweite bauphysikalische Größe ist die Wasserdampfdurchlässigkeit. Nach EN ISO 7783-2 wird die Wasserdampfdurchlässigkeit mit der Wasserdampf-Diffusionsstromdichte  $V$  [g/(m<sup>2</sup>·d)] bzw. [g/(m<sup>2</sup>·h)] oder der diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke  $sd$  [m] angegeben. Der  $sd$ -Wert läßt sich aus dem  $V$ -Wert [g/(m<sup>2</sup>·d)] errechnen:  $sd = 21/V$ . Je kleiner der  $sd$ -Wert ist, desto höher ist die

#### Wasserdurchlässigkeit nach EN 1062-3:

Klasse I	> 0,5	$w$ [kg/(m <sup>2</sup> √h)]
Klasse II	0,1 – 0,5	$w$ [kg/(m <sup>2</sup> √h)]
Klasse III	< 0,1	$w$ [kg/(m <sup>2</sup> √h)]

#### Wasserdampfdurchlässigkeit nach EN ISO 7783-2:

	$V$ [g/(m <sup>2</sup> ·d)]	$V$ [g/(m <sup>2</sup> ·h)]	$sd$ [m]
Klasse I	> 150	> 6	< 0,14
Klasse II	15 – 150	0,6 – 6	0,14 – 1,4
Klasse III	< 15	< 0,6	> 1,4

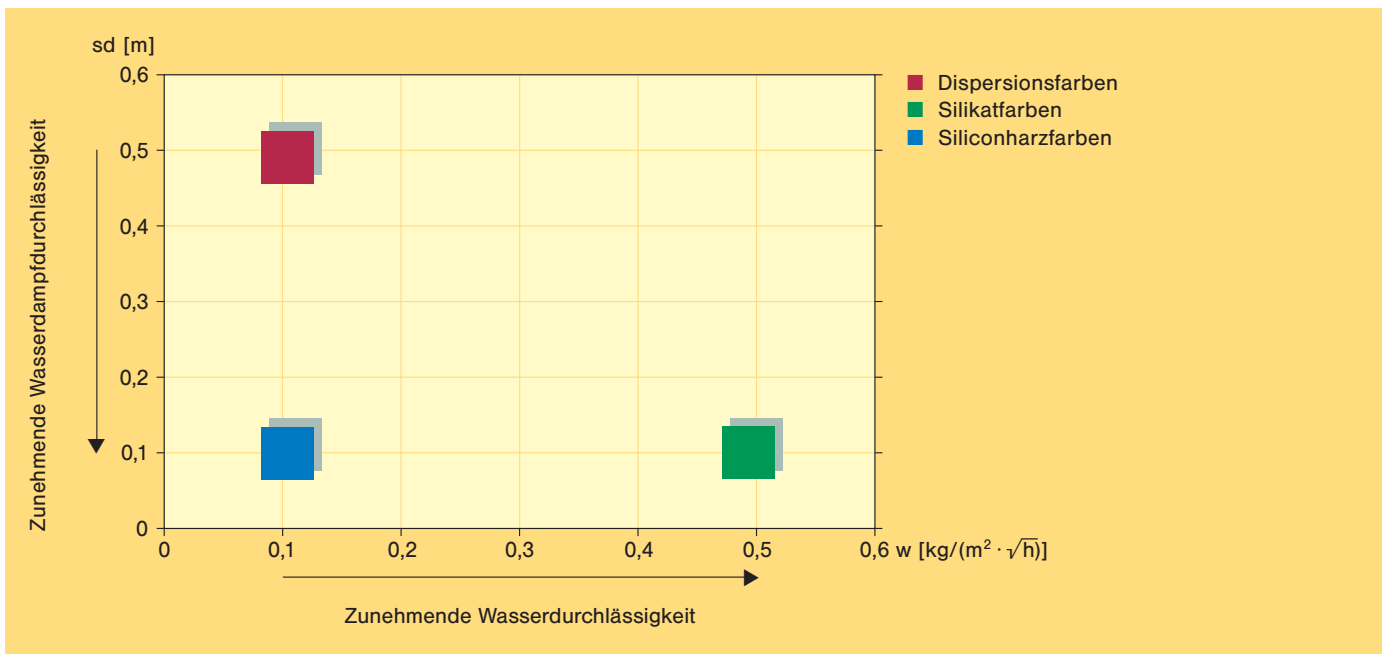


Abb. 1: Bauphysikalische Daten

	Wasserdampfdurchlässigkeit EN ISO 7783-2 (Klasse)	Wasserdurchlässigkeit EN 1062-3 (Klasse)
dispersionsgebundene Fassadenfarbe	II	III
Silikatfarbe	I	I
Siliconharzfarbe	I	III

Wasserdampfdurchlässigkeit. Bisher gab es als verbindliche Richtlinien nur die DIN 52615 und DIN 52617, die einen großen Formulierungsfreiraum ließen. In den neuen Normen wurden die auf Seite 2 unten gezeigten Einteilungen festgelegt.

Die beschriebenen Fassadenbeschichtungen können durch nebenstehende Klasseneinteilungen charakterisiert werden.

Hieraus ist zu ersehen, daß lediglich die Siliconharzfarbe sowohl eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit als auch einen hohen Schutz vor in den mineralischen Untergrund eindringendes Wasser gewährleistet (vgl. auch Abb. 1).

	Gewichtsteile
Wasser	250,0
Organisch modifizierter Verdicker	3,0
Entschäumer	2,0
Konservierungsmittel	1,5
Dispergiermittel 1	0,5
Dispergiermittel 2	4,0
Neutralisationsmittel	1,0
Aluminiumsilikat, 0,035 µm	18,0
KRONOS 2190	112,5
Calciumcarbonat, 0,3 µm	112,5
Calciumcarbonat, 2,5 µm	135,0
Calciumcarbonat, 20 µm	112,5
Glimmer	27,0
Filmbildehilfsmittel	13,5
Polymerdispersion (50 %)	98,5
Siliconharzemulsion (50 %)	98,5
Polyurethanverdicker	10,0
PVK (nur Polymerdispersion)	80 %
KPVK (nur Polymerdispersion)	65 %

Tabelle 1: Siliconharzfarbe

### 3. Formulierung von Siliconharzfarben

Wie kann man bei der Formulierung von Siliconharzfarben am zweckmäßigsten vorgehen, um die oben genannten Klassen zu erreichen? Tabelle 1 zeigt ein Rezepturbeispiel.

Als Ausgangspunkt kann eine praxiserprobte dispersionsgebundene Fassadenfarbe genommen werden. Zunächst ohne Siliconharzemulsion wird geklärt, wie sich die bauphysikalischen Werte in Abhängigkeit von der Pigment-Volumen-Konzentration (PVK) ändern. Mit der Filmspannungsmethode wird die kritische Pigment-Volumen-Konzentration (KPVK) bestimmt. Eine Erklärung der Bedeutung und Bestimmung der KPVK befindet sich in der Veröffentlichung „KRONOS Titandioxid in Dispersionsfarben“ [2]. Tabelle 2 zeigt, daß mit zunehmender PVK sowohl die Wasserdampfdurchlässigkeit als auch die Wasserdurchlässigkeitsrate größer werden. Ab einer PVK von 68 % ist die Qualitätsanforderung von  $sd < 0,14$  m erreicht.

Die Gegenläufigkeit der obengenannten bauphysikalischen Kennwerte eines Anstrichs ist durch das umgekehrt proportionale Verhältnis von Bindemittel- zu Porenvolumen oberhalb der KPVK von 64 % zu erklären (Abb. 2).

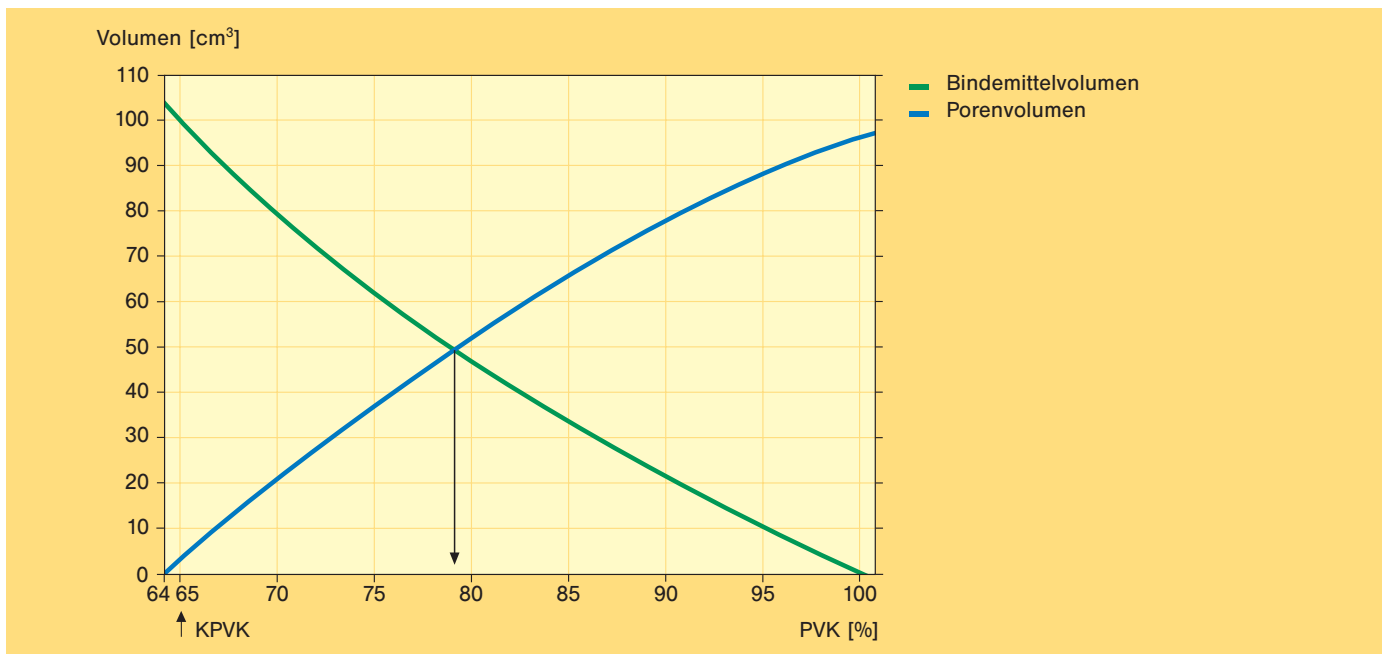


Abb. 2: Abhängigkeit des Bindemittel- und Porenvolumens von der PVK

PVK [%]	$w \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}}} \right]$	sd [m]
40	0,02	0,37
50	0,03	0,34
56	0,04	0,28
58	0,04	0,24
60	0,05	0,24
62	0,06	0,23
KPVK 64	0,08	0,23
66	0,15	0,22
68	0,35	0,12
70	0,8	0,09
80	1,45	0,05

Tabelle 2: Abhängigkeit der bauphysikalischen Kennwerte von der PVK

Unmittelbar bei der KPVK ist die dichtestmögliche Packung von Pigment, Füllstoffen und Bindemittel gegeben. Oberhalb der KPVK herrscht ein Mangel an Bindemittel, d.h. es entstehen Hohlräume (Poren) in der Packung, die mit Luft gefüllt sind. Unter der Voraussetzung der Kenntnis der exakten Lage der KPVK ist das Bindemittel- und Porenvolumen oberhalb der KPVK nach folgender Formel berechenbar:

Bei einer PVK von 79 %, dem Schnittpunkt der Kurven von Bindemittel- und Porenvolumen, sind die Volumina des Bindemittels und der Luftporen etwa gleich groß. Es ist der Bereich, in dem eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit, gleichzeitig jedoch ein völlig unzureichender Schutz vor Wasser gegeben ist.

Bei einer PVK von 80 % (Porenvolumen also etwas größer als das Bindemittelvolumen) wird versucht, durch Zugabe steigender Mengen Siliconharzemulsion den Anstrich so zu hydrophobieren, daß die Qualitätsanforderung hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeitsrate  $w < 0,1 \text{ [kg/(m}^2\sqrt{\text{h}})]$  erreicht wird.

Wie Tabelle 3 zeigt, verringert sich mit steigendem Anteil an Siliconharzemulsion die Wasserdurchlässigkeitsrate. Gleichzeitig verschlechtert sich aber die Wasserdampfdurchlässigkeit. Dies ist dadurch zu erklären, daß mit zunehmendem Anteil an Siliconharzemulsion die für die Wasserdampfdurchlässigkeit notwendigen Poren nicht nur ausgekleidet, sondern allmählich gefüllt werden. Bei einem Verhältnis Polymerdispersion zu Siliconharzemulsion von 1 : 1 sind die Wasserdampfdurchlässigkeit  $sd = 0,11 \text{ m}$  und die Wasserdurchlässigkeitsrate  $w = 0,09 \text{ [kg/(m}^2\sqrt{\text{h}})]$  auf dem den Qualitätsanforderungen entsprechenden Niveau. Die Porenwände haben Siliconharz adsorbiert, die Hydrophobierung ist damit gewährleistet. Trotzdem ist noch genügend Porenvolumen für eine ausreichende Wasserdampfdurchlässigkeit vorhanden.

$$V(\text{BM}) = \frac{V(P + F) \cdot (100 - \text{PVK})}{\text{PVK}} \cdot \rho(\text{BM}) \cdot \text{FK}(\text{BM})$$

$$V(\text{BM})_{\text{PVK}} - V(\text{BM})_{\text{KPVK}} = \text{Porenvolumen}$$

V = Volumen  
 BM = Bindemittel  
 P = Pigment  
 F = Füllstoff  
 $\rho$  = Dichte  
 FK = Festkörper

Polymerdispersion · Siliconharzemulsion	$w \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}}} \right]$	sd [m]
1 : 0	1,67	0,03
1 : 0,5	0,47	0,06
1 : 1	0,09	0,11
1 : 1,6	0,04	0,18

Tabelle 3: Bauphysikalische Daten mit steigendem Siliconharzemulsionsanteil

Daß diese Überlegung zum Porenvolumen auch praktische Bedeutung hat und über die verwendete Prüfrezepitur hinaus relevant ist, zeigt eine andere Arbeit von KRONOS [2]. Hier wurde mit verschiedenen Polymerdispersionen die KPVK ermittelt. Bei etwa gleichem Abstand zur KPVK der jeweiligen Bindemittelklassen bzw. bei ähnlichem Porenvolumen sind auch die bauphysikalischen Daten vergleichbar.

Auch Arbeiten von O. Wagner [4] bestätigen das beschriebene Formulierungsprinzip.

## 4. Titandioxid für die Pigmentierung von wässrigen Siliconharzfarben

### 4.1 Untersuchte Titandioxid-Pigmente

Tabelle 4 zeigt die Titandioxid-Pigmente, welche in der in Tabelle 5 aufgeführten Siliconharzfarbenrezepitur geprüft wurden.

Aufgrund seines hohen Streuvermögens ist Titandioxid das mit Abstand wichtigste Weißpigment. Durch die Reflexion des sichtbaren Lichtes ab 400 µm sowie durch die Absorption von UV-Licht schützt es den Anstrichfilm. Als Schwachpunkt ist allerdings die photochemische Aktivität des Titandioxids zu sehen. Hierbei reagiert die Pigmentoberfläche mit UV-Licht sowie Feuchtigkeit und Sauerstoff, wobei OH-Radikale entstehen, die das Bindemittel angreifen und abbauen können. Hierdurch werden die Pigment- und Füllstoffteilchen an der Oberfläche des Anstrichs freigelegt und verlieren allmählich ihren Halt durch die Bindemittelmatrix [5]. Dieser Vorgang wird als Kreidung bezeichnet.

Um die photochemische Aktivität des Titandioxids zu reduzieren, werden die Pigmente mit anorganischen Substanzen oberflächenbehandelt. Hierbei haben sich besonders Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> und ZrO<sub>2</sub> bewährt.

Neben der anorganischen Oberflächenbehandlung sind fast alle im Bereich Farben und Lacke eingesetzten Titandioxid-Pigmente auch organisch behandelt. Diese organische Oberflächenbehandlung dient der Verbesserung anwendungstechnischer Eigenschaften wie z.B. der Dispergierbarkeit. Als Substanzen werden meist Polyalkohole verwendet. Die Mengenangabe erfolgt in % C, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß z.B. durch Absorption von CO<sub>2</sub> ein Blindwert von bis zu 0,04 % C gefunden wird [6].

	Gewichtsteile
Wasser	272,5
Dispergiermittel 1	0,5
Verdicker	4,0
Entschäumer	2,0
Topfkonservierer	2,0
Fungizid/Algizid	5,0
Dispergiermittel 2 (45 %)	3,0
Verdicker	5,0
<hr/>	
KRONOS Titandioxid-Pigment	120,0
Calciumcarbonat, 0,9 µm	50,0
Calciumcarbonat, 2,5 µm	100,0
Calciumcarbonat, 5,0 µm	100,0
Talkum	50,0
Glimmer	50,0
NaOH	1,0
<hr/>	
Filmbildehilfsmittel	10,0
Polymerdispersion (50 %)	110,0
Siliconharzemulsion (54 %)	105,0
Siliconadditiv	10,0
<hr/>	
Gesamt	1000,0

Tabelle 5: Prüfrezepitur Siliconharz-Fassadenfarbe

## 4.2 Meßergebnisse

### 4.2.1 Optische Eigenschaften

Siliconharzfarben stellen ein offenporiges Anstrichsystem dar. Dies hat zur Folge, daß die optischen Eigenschaften nicht nur über das Leistungsvermögen der Pigmente beeinflusst werden, sondern auch über die Brechzahlunterschiede bzw. neue optisch aktive Grenzflächen zwischen Pigment/Luft, Füllstoff/Luft und Bindemittel/Luft. Dieser Effekt führt zu einer deutlichen Erhöhung des Deckvermögens und wird als „dry-hiding“ bezeichnet. Neben dem Deckvermögen werden auch das Aufhellvermögen, Helligkeit, Farbton und eine Vielzahl von Anstricheigenschaften beeinflusst.

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%]	SiO <sub>2</sub> [%]	ZrO <sub>2</sub> [%]	Ölzahl [g/100 g]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	spez. Oberfläche [m <sup>2</sup> /g]	C [%]
KRONOS 2043	3,5	10,0	–	35	3,7	26	≤ 0,10
KRONOS 2056	2,4	2,4	–	20	4,1	11	0,11
KRONOS 2059	3,9	–	–	19	4,1	19	0,23
KRONOS 2160	3,4	4,0	–	18	3,9	14	0,19
KRONOS 2190	3,0	–	0,4	18	4,1	17	0,19
KRONOS 2300	4,0	–	–	16	4,1	17	0,19

Tabelle 4: Untersuchte Titandioxid-Pigmente

	Helligkeit L*	Farbton b*	Aufhellvermögen L*	Kontrastverhältnis [%]	Porosität $\Delta L^*$
KRONOS 2043	96,51	2,35	52,38	98,4	15,1
KRONOS 2056	96,23	2,43	51,43	98,0	6,0
KRONOS 2059	96,41	2,00	51,80	98,3	4,8
KRONOS 2160	96,75	1,75	51,90	97,3	5,7
KRONOS 2190	96,43	2,05	52,30	98,4	4,8
KRONOS 2300	96,70	1,81	51,80	97,9	4,2

Tabelle 6: Meßergebnisse – Optische Eigenschaften und Porosität

	Wasserdurchlässigkeit w [kg/m <sup>2</sup> √h]	Wasserdampfdurchlässigkeit sd [m]	Filmrißbildung [μm]	Sheen 85°
KRONOS 2043	0,13	0,08	500	4
KRONOS 2056	0,09	0,13	380	3
KRONOS 2059	0,12	0,25	340	3
KRONOS 2160	0,09	0,27	430	3
KRONOS 2190	0,08	0,19	360	3
KRONOS 2300	0,09	0,24	370	3

Tabelle 7: Meßergebnisse – Anstricheigenschaften

Um die Stärke des dry-hiding-Effektes einschätzen zu können, wurde die Filmporosität mit Hilfe des Gilsonite-Testes ermittelt. Hierbei werden die Filme auf PVC-Folie mit einem Rakel mit 300 μm Spalthöhe aufgezogen. Anschließend werden die Aufstriche 7 Sekunden lang etwa 70 mm tief in die Gilsonite-Lösung (Naturasphalllösung, 10 %ig in Testbenzin) eingetaucht und sofort so lange mit Testbenzin aus der Spritzflasche abgespült, bis kein Gilsonite mehr ausblutet. Danach wird das anhaftende, klare Lösungsmittel mit einem sauberen, stark saugenden Lappen in einem Wischgang sorgfältig abgewischt. Nach einigen Stunden der Trockenzeit wird die Helligkeitsdifferenz  $\Delta L^*$  zwischen der getauchten und nichtgetauchten Fläche ermittelt [2].

KRONOS 2043 ist ein Spezial-Dispersionsfarbepigment. Spezial-Dispersionsfarbepigmente sind hochoberflächenbehandelte Pigmente, die für Dispersionsfarben mit einem hohen Anteil an groben Füllstoffen entwickelt worden sind. Diese hohe Oberflächenbehandlung soll verhindern, daß die Pigmentteilchen sich in den Zwischenräumen der groben Füllstoffe zusammenlagern und es über diesen Packungseffekt zu einem Verlust an optischer Leistungsfähigkeit kommt. Auf der anderen Seite führt die hohe Oberflächenbehandlung zu einer hohen Ölzahl, einem hohen Bindemittelbedarf und einer höheren Porosität in der Siliconharzfarbe. Über den stärker ausgeprägten dry-hiding-Effekt sind das gute Deck- und Aufhellvermögen zu erklären. Auch die im Vergleich zu KRONOS 2059 und KRONOS 2190 höhere Helligkeit wird durch den dry-hiding-Effekt verursacht.

Die hohe Helligkeit und der blaustichigere Farbton von KRONOS 2160 und KRONOS 2300 haben allerdings

andere Gründe. Während KRONOS 2043, 2056, 2059 und 2190 nach dem Sulfatverfahren hergestellt sind, werden KRONOS 2160 und 2300 nach dem Chloridverfahren produziert. Bemerkenswert ist das hohe Deck- und Aufhellvermögen von KRONOS 2190, das durch seine für Farben optimale Teilchengröße und seine enge Teilchengrößenverteilung erklärt werden kann.

## 4.2.2 Anstricheigenschaften

Zu den geprüften Anstricheigenschaften gehören die Wasserdurchlässigkeit, die Wasserdampfdurchlässigkeit sowie die Filmrißbildung und der Sheen.

### 4.2.2.1 Bauphysikalische Daten

Die bauphysikalischen Daten, die in Kapitel 2 beschrieben wurden, werden bei der Formulierung von Fassadenbeschichtungssystemen, so auch Siliconharzfarben, durch EN ISO 7783-2 und EN 1062-3 weiter an Bedeutung gewinnen. Deswegen ist es nützlich zu sehen, daß die bauphysikalischen Daten nicht nur über das Verhältnis Polymerdispersion zu Siliconharzemulsion beeinflußt werden, sondern in geringerem Umfang auch über andere Rohstoffe wie Titandioxid-Pigmente.

KRONOS 2043, das Pigment mit der hohen Oberflächenbehandlung, hat über die höhere Ölzahl einen höheren Bindemittelbedarf und eine höhere Porosität. Hierdurch ergibt sich in der Formulierung ein höheres Porenvolumen, so daß die zur Verfügung stehende Menge an Siliconharzemulsion weniger Poren auskleiden kann. Dieses spiegelt sich zum einem in einer höheren Wasserdurchlässigkeit und zum anderen in einer höheren Wasserdampfdurchlässigkeit bzw. einem niedrigeren sd-Wert.

### 4.2.2.2 Filmrißbildung

Auch in der Filmrißbildung bzw. mud cracking zeigen sich Einflüsse von Titandioxid. Unter Filmrißbildung wird das Auftreten von Rissen während der Trocknungsphase verstanden. Zur Beurteilung der Filmrißbildung wird die Siliconharzfarbe mittels eines Rakels, das einen keilförmigen Spalt besitzt, auf ein tiefgezogenes Stahlblech appliziert. Der vollständig durchgetrocknete Anstrichfilm zeigt im Falle einer Filmrißbildung eine Grenzlinie. Diese Grenze wird mittels magnetisch-induktiver Schichtdickenmessung ermittelt. Es werden nur solche Risse beurteilt, die nicht von evtl. vorhandenen, eingeschlossenen Luftblasen ausgehen [2].

Bei der Betrachtung der Meßergebnisse fällt KRONOS 2043 mit einer geringeren Filmrißbildung auf. Im konventionellen Dispersionsfarbenbereich würde man über die höhere Porosität des Pigmentes (siehe Tabelle 6) von einem höheren Sicherheitsabstand zur kritischen Pigment-Volumen-Konzentration (KPVK) sprechen. Mit zunehmender Pigment-Volumen-Konzentration nehmen die Grenzflächen zwischen Pigment, Füllstoff und Bindemittel zu und führen zu einer Zunahme der Filmspannung bis zum Punkt der KPVK. Bei der KPVK hat die Filmspannung ein Maximum. Im überkritischen Bereich treten durch das Defizit an Bindemittel mit Luft gefüllte Hohlräume auf, wodurch die Spannungskräfte schlechter übertragen werden, so daß die Filmspannung wieder abnimmt und hiermit auch die Neigung zur Filmrißbildung.

Bei den offenporigen Siliconharzfarben ist der Einfluß der Pigmente analog zu sehen. Bei den Farben mit den Pigmenten, die eine geringere Porosität und somit eine höhere Filmspannung ergeben, treten die Risse schon bei einer geringeren Schichtdicke auf. Die Filmrißbildung bei Fassadenfarben sollte bei 1000 µm oder höher liegen; insofern müßte die Prüfrezeptur in diesem Bereich noch verbessert werden. Die Filmrißbildung kann durch den Einsatz groblamellarer Füllstoffe, wie z.B. Glimmer, reduziert werden.

### 4.2.2.3 Sheen

Als Sheen bezeichnet man unerwünschte Glanzeffekte im überkritischen PVK-Bereich. Sheen wird bei einem Winkel von 85° gemessen. Ist er oberhalb von fünf Einheiten, können erfahrungsgemäß Unebenheiten des Untergrundes, Streichspuren, Überlappungsstellen etc. sichtbar werden [2].

Je weiter man in den überkritischen Bereich kommt, desto mehr bilden nichtbenetzte Pigmente und Füllstoffe an der Oberfläche reflektierende Schichten aus und führen somit zu einem Anstieg des Sheen. Über die höhere Porosität der Siliconharzfarbe mit KRONOS 2043 sind mehr nichtbenetzte Pigmente und Füllstoffe an der Oberfläche als bei den anderen Pigmenten; somit ist der ermittelte Sheen etwas höher. Dieser anscheinend geringe Unterschied zwischen den Pigmenten kann auf kritischen Untergründen sichtbar werden. Insgesamt liegen die ermittelten Ergebnisse in einem zufriedenstellenden Bereich.

### 4.2.2.4 Lagerstabilität

Die Lagerstabilität wird über die Viskositätsentwicklung während der Lagerung unter Normklima (23°C und 50 % Luftfeuchte) beurteilt. Gemessen wurden die Krebs-Stormer- und die ICI-Viskosität. Die Krebs-Stormer-Viskosität gibt die Topf-Viskosität wieder. Die ICI-Viskosität charakterisiert näherungsweise die Viskositätsverhältnisse, die der Maler beim Verarbeiten der Siliconharzfarbe vorfindet.

Die höchste Anfangsviskosität ist bei KRONOS 2043 festzustellen, die auf die hohe Oberflächenbehandlung des Pigmentes zurückzuführen ist. Hieraus resultiert neben der hohen Ölzahl ein höherer Wasserbedarf, so daß der Siliconharzfarbe insgesamt gesehen weniger nichtgebundenes Wasser zur Verfügung steht. Die Cellulose entfaltet ihre verdickende Wirkung in einer geringeren Wassermenge, so daß es zu einem Anstieg in der Viskosität kommt.

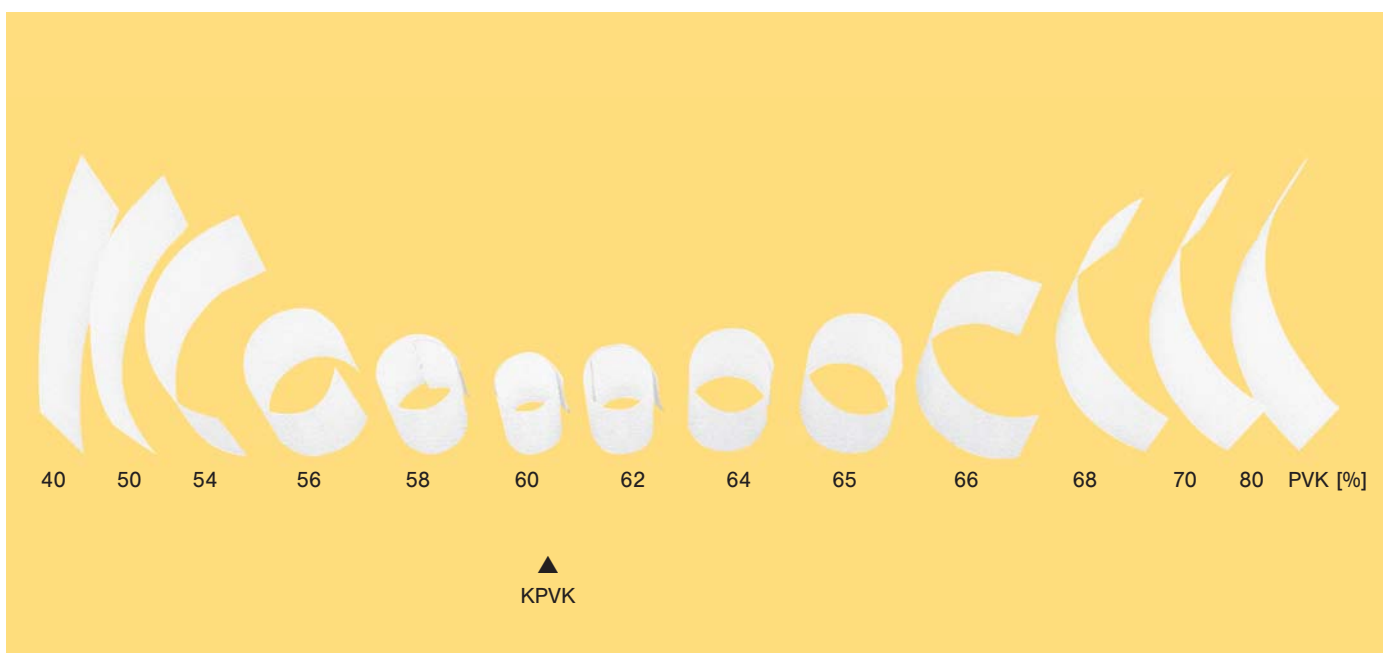


Abb. 3: Abhängigkeit der Filmspannung von der KPVK

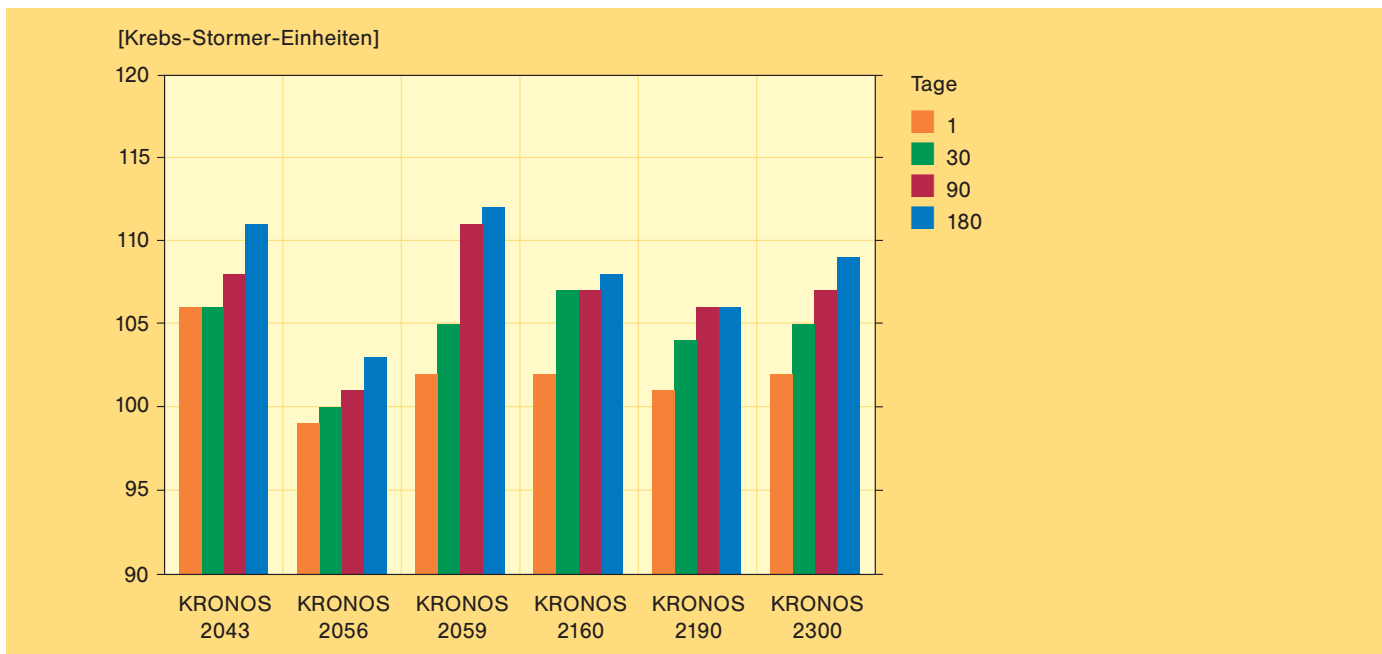


Abb. 4: Meßergebnisse – Lagerstabilität Krebs-Stormer-Viskosität

Allerdings tritt während der Lagerzeit nur eine geringfügige Veränderung der Viskosität auf. Noch geringer ist der Viskositätsanstieg bei KRONOS 2056, während KRONOS 2059 den höchsten Viskositätsanstieg aufzeigt. Während KRONOS 2043 und KRONOS 2056 nur eine sehr schwache organische Oberflächenbehandlung aufweisen, ist die organische Oberflächenbehandlung von KRONOS 2059 deutlich höher. Es ist nicht auszuschließen, daß hierin die Gründe für die unterschiedliche Lagerstabilität zu suchen sind. Eine Verallgemeinerung ist aber hieraus nicht abzuleiten, da neben dem Gehalt an organischen Oberflächenbehandlungssubstanzen die Verträglichkeit der jeweiligen organischen Substanz mit der Siliconharzfarbe zu

berücksichtigen ist. Neben KRONOS 2043 und 2056 zeigen auch KRONOS 2160, 2190 und KRONOS 2300 eine gute Lagerstabilität.

Im Gegensatz zur Krebs-Stormer-Viskosität treten die Pigmentunterschiede in der ICI-Viskosität nicht so deutlich hervor. Dies mag an den höheren Scherkräften liegen, die bei der Messung der ICI-Viskosität auftreten und zu einer Nivellierung der Meßwerte führen.

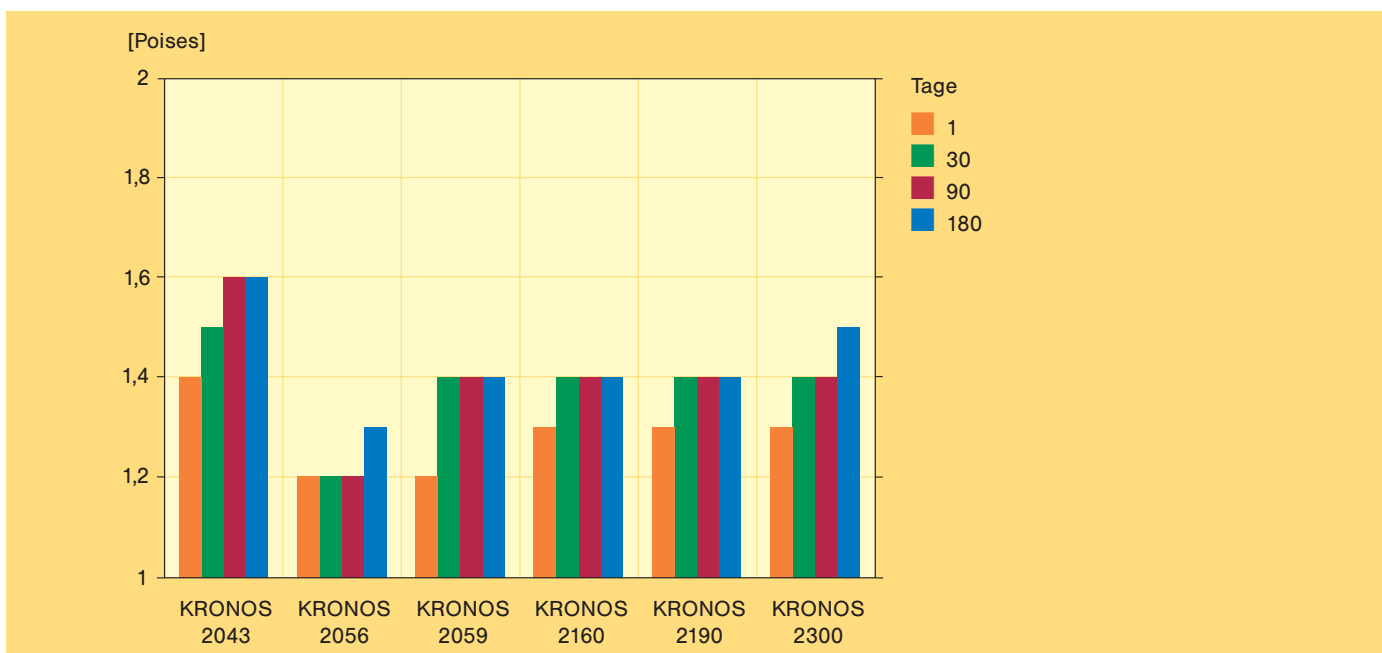


Abb. 5: Meßergebnisse – Lagerstabilität ICI-Viskosität



#### 4.2.2.5 Witterungsbeständigkeit

Um eine Aussage über die Witterungsbeständigkeit zu bekommen, wird das Kreidungsverhalten des Anstrichs geprüft.

Unter Kreidung versteht man die Freilegung von Pigmenten und Füllstoffen an der Oberfläche, verursacht durch den Abbau des Bindemittels unter Umwelteinflüssen. Drückt man zur Kreidungsmessung nach Kempf (DIN 53159) auf eine solche Oberfläche ein in Wasser eingeweichtes schwarzes (belichtetes) Fotopapier, so bleiben Pigment- und Füllstoffpartikel daran hängen und sind als weiße Abdrücke erkennbar. (Das Einweichen des Fotopapiers sollte nicht zu lange erfolgen, da oberhalb von vier Minuten die Gelatineschicht des Fotopapiers nicht nur angequollen, sondern auch abgelöst wird.)

Die Stärke der Abdrücke wird mit Maßzahlen zwischen 10 und 1 bewertet. Die Kreidungsstufe 10 besagt, daß noch kein Abdruck sichtbar ist, d.h. noch kein Pigment oder Füllstoff freigelegt wurde. Mit der Kreidungsstufe 1 wird die vollständige Zerstörung der Bindemittelmatrix in der Anstrichoberfläche charakterisiert. Es zeigt sich ein geschlossener weißer Kreidungsabdruck. Für die Bestimmung der Witterungsbeständigkeit ist die kreidungsfreie Zeit ein wertvolles Maß. Nach Kempf versteht man hierunter die Zeit vom Beginn der Exposition bis zum Auftreten der Kreidungsstufe 8. Da die Stufe 8 jedoch leicht durch Staubabdrücke von verschmutzten Platten vorgetäuscht werden kann, betrachten wir die Kreidungsstufen 6 bis 7 als Alterungskriterium [5].

Die mit den untersuchten Pigmenten hergestellten Siliconharzfarben wurden einer Kurzbewitterung im Kohlebogen-WeatherOmeter unterzogen und die kreidungsfreie Zeit ermittelt.

KRONOS 2043 und KRONOS 2056 zeigen die längsten kreidungsfreien Zeiten. Überraschend ist, daß weder das mit  $ZrO_2$ -oberflächenbehandelte KRONOS 2190 noch das sehr dicht umhüllte KRONOS 2160 den Spitzenplatz einnehmen.

Eine mögliche Ursache für diese Ergebnisse könnte die Teilchengröße sein. Arbeiten von Wieghaus [7] haben gezeigt, daß organische Pigmente, die mit Erfolg in hochwertigen Lacken und bindemittelreichen Dispersionsfarben eingesetzt werden, in Siliconharzfarben aufgrund ihrer hohen Feinteiligkeit ausgewaschen werden. Von einem Einsatz organischer Pigmente in Siliconharzfarben wird daher generell abgeraten.

Die mittleren Teilchengrößen von KRONOS 2043 und KRONOS 2056 sind um  $0,1 - 0,2 \mu m$  größer, als die des Universalpigmentes KRONOS 2190. Deswegen ist nicht auszuschließen, daß die gröberen Pigmente in dem offenporigen Anstrichsystem der Siliconharzfarben fester verankert werden. Weitere Versuche laufen, um den letzten Punkt zu bestätigen. Bei kreidungsfreien Zeiten von weit über 2000 h kann man jedoch generell von einer sehr guten Witterungsbeständigkeit sprechen.

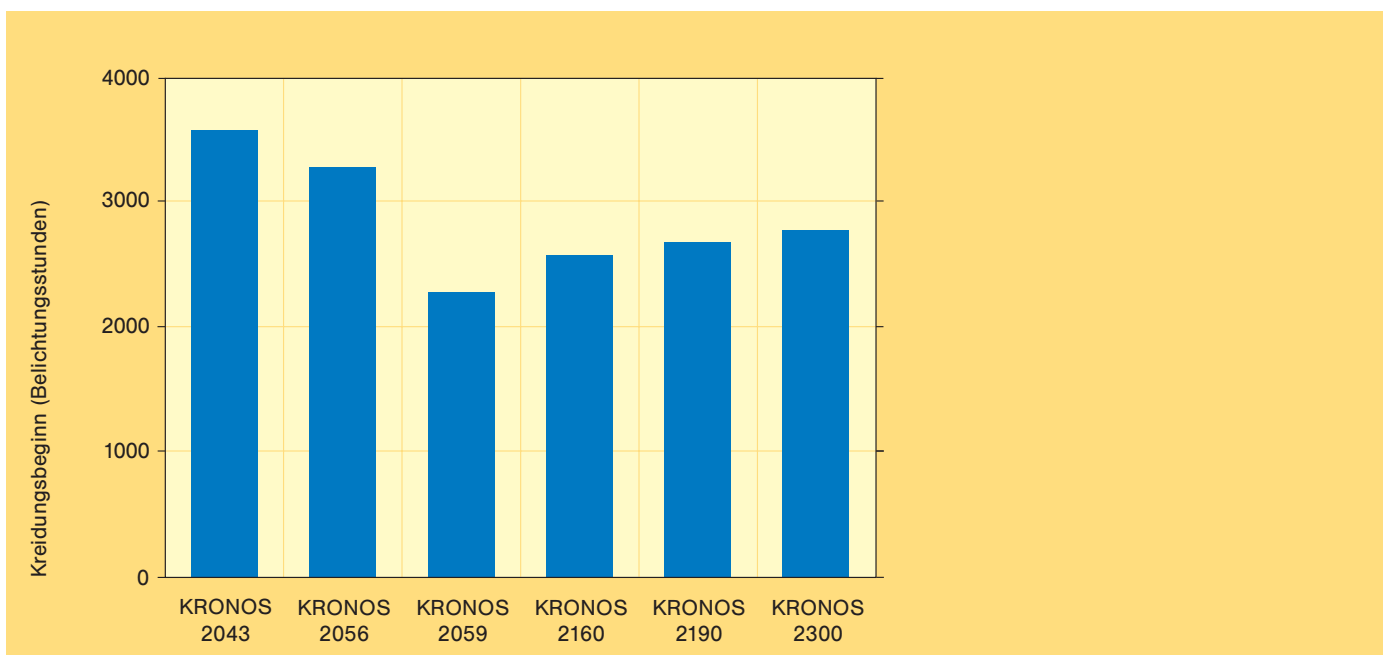


Abb. 6: Kurzbewitterung Kohlebogen-WeatherOmeter

## 5. Titandioxid für die Pigmentierung von Siliconharzputzen

Siliconharzputze ähneln in der Zusammensetzung den Kunstharzputzen nach DIN 18558, mit dem Unterschied, daß ein gewisser Anteil von Kunstharzdispersionen durch Siliconharzemulsionen ersetzt wird [8].

### 5.1 Prüfrezeptur Siliconharzputz

Siliconharzputze unterscheiden sich durch verschiedenartige Putzstrukturen und Korngrößen.

Die KRONOS Titandioxid-Pigmente wurden in einem 2 mm Rillenputz geprüft.



Putzstrukturen

	Gewichtsteile [%]
Wasser	11,7
Dispergiermittel	0,1
Verdicker	0,1
Konservierungsmittel	0,2
Aluminiumsilikat	3,9
KRONOS Titandioxid-Pigment	2,0
Calciumcarbonat, 10 µm	4,0
Filmbildehilfsmittel	0,6
Polymerdispersion (50 %)	9,4
Siliconharzemulsion (54 %)	4,0
Calciumcarbonat, 200 µm	40,0
Calciumcarbonat, 1,0 – 1,5	10,0
Calciumcarbonat, 1,5 – 2,0	14,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>

Tabelle 8: Siliconharzputz

### 5.2 Optische Eigenschaften

Generell ist im Putzbereich mit einem größeren Meßfehler bei der Bestimmung der optischen Eigenschaften zu rechnen. Der Grund liegt in den Führungskörnern, wodurch die Meßlinse nicht so plan aufliegen kann wie bei der Siliconharzfarbe. Dennoch spiegeln die Ergebnisse das zu erwartende Bild wider.

Während in der Siliconharzfarbe mit 12 % Titandioxid gearbeitet wurde, sind im Siliconharzputz nur 2 % Titandioxid eingesetzt worden. Deswegen ist der Einfluß

	L*	a*	b*
KRONOS 2043	91,8	-0,70	4,62
KRONOS 2047	92,2	-0,68	4,17
KRONOS 2056	92,1	-0,71	4,51
KRONOS 2190	92,0	-0,72	4,10
KRONOS 2300	92,2	-0,74	3,95
KRONOS 2310	92,3	-0,67	3,97

Tabelle 9: Meßergebnisse – Optische Eigenschaften

	L*	a*	b*
1 % KRONOS 2190	91,4	-0,71	4,33
2 % KRONOS 2190	92,0	-0,72	4,10
3 % KRONOS 2190	92,6	-0,73	3,90
4 % KRONOS 2190	93,1	-0,72	3,84
5 % KRONOS 2190	94,1	-0,79	3,70

Tabelle 10: Veränderung der optischen Eigenschaften mit steigendem Gehalt an KRONOS 2190

des dry-hiding-Effektes (siehe Kapitel 4.2.1) wesentlich geringer. Aus diesem Grund zeigt KRONOS 2043 im Vergleich zu den anderen KRONOS Pigmenten eine geringere Helligkeit. Zusammen mit KRONOS 2056 ist auch der Farbton am gelbstichigsten, welches auf den größeren mittleren Teilchendurchmesser beider Pigmente zurückzuführen ist. KRONOS 2300 und 2310 zeigen als Chloridprozeß-Pigmente den bläustichigsten Farbton.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde die Veränderung der optischen Eigenschaften mit steigendem Gehalt an KRONOS 2190 im Siliconharzputz geprüft.

Mit steigendem Titandioxidgehalt nimmt die Helligkeit zu und der Farbton wird bläustichiger. Jedes Prozent Erhöhung an Titandioxid führt zu einer Erhöhung des Rohstoffpreises des Siliconharzputzes. Deswegen liegen die Titandioxidgehalte in Putzen um die 2–3%. Wie aber aus Tabelle 10 zu entnehmen ist, führt selbst eine Erhöhung von 4 auf 5% noch zu einer deutlichen Anhebung der Helligkeit wie auch zu einer Reduzierung des Gelbstiches.

## 6. Zusammenfassung

Ein generelles Formulierungsprinzip für Siliconharzfarben ergibt sich über die Ermittlung des Bindemittel- und Porenvolumens sowie das anschließende Auskleiden des Porenvolumens mit Siliconharzemulsion.

Die Untersuchung von KRONOS Titandioxid-Pigmenten zeigt deutliche Unterschiede in den Eigenschaften der damit hergestellten Siliconharzfarben.

So verleiht KRONOS 2043 über einen höheren dry-hiding-Effekt ein gutes Deck- und Aufhellvermögen, eine geringe Filmrißbildung sowie eine gute Lagerstabilität. Auf der anderen Seite werden die Wasserdurchlässigkeit und der Sheen über die höhere Porosität verstärkt.

KRONOS 2056 zeichnet sich durch seine geringe Viskositätserhöhung während der Lagerung aus.

Überraschend gut sind die Kurzbewitterungsergebnisse mit KRONOS 2043 und KRONOS 2056. Aufgrund der exzellenten Lagerstabilitäts- und Bewitterungsergebnisse hat sich KRONOS 2056 als Spezial-Pigment für Siliconharzfarben herausgestellt. Wegen der stärkeren Viskositätserhöhung kommt KRONOS 2059 nicht in die engere Auswahl an Pigmenten für Siliconharzfarben.

Werden höchste Helligkeit und neutraler Farbton gefordert, empfiehlt sich der Einsatz von KRONOS 2300 oder KRONOS 2160. KRONOS 2190 ergibt in Siliconharzfarben höchstes Deck- und Aufhellvermögen bei guter Lagerstabilität und guten Anstreichereigenschaften. Ähnliche Eigenschaften zeigt KRONOS 2190 auch in anderen Bautenanstrichstoffen, so daß dieses Pigment universell eingesetzt werden kann.

## 7. Literatur:

- [1] K. Droll „Schäden durch Feuchtigkeit im Mauerwerk“, TAE-Vortragsveranstaltung „Wässrige Siliconharz-Beschichtungssysteme für Fassaden“ (1996)
- [2] H. Dörr, Dr. F. Holzinger, KRONOS Titandioxid in Dispersionsfarben (1989)
- [3] W. Könner, KRONOS Information 6.31
- [4] O. Wagner „Polymerdispersionen als Bindemittel in Siliconharzsystemen“, TAE-Vortragsveranstaltung „Wässrige Siliconharz-Beschichtungssysteme für Fassaden“ (1996)
- [5] Dr. J. Schmelzer, KRONOS Information 6.27
- [6] Dr. H. H. Luginsland, KRONOS Information 6.21
- [7] G. Wieghaus „Farbige Pigmentierung von wässrigen Siliconharz-Beschichtungssystemen für Fassaden“, TAE-Vortragsveranstaltung „Wässrige Siliconharz-Beschichtungssysteme für Fassaden“ (1996)
- [8] M. Günthert „Siliconharzputze in der Praxis“, TAE-Vortragsveranstaltung „Wässrige Siliconharz-Beschichtungssysteme für Fassaden“ (1996)

Fotos:	Sto AG
Seite 10:	Putzstrukturen
Rückseite:	Villen in Kew, Singapur Bootshaus in Lake Charles, USA Zinshaus in Wien, Detail

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.

