

Reduzierter Titandioxidgehalt: Kalzinierte Neuburger Kieselerde in Pulverlacken auf Hybridbasis

Verfasser: Hubert Oggermüller
Susanne Reiter

Freigabe: November 2018



VM / Dr. Alexander Risch

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Experimentelles
 - 2.1 Basisrezeptur
 - 2.2 Verwendete Füllstoffe und deren Kennwerte
 - 2.3 Herstellung
 - 2.4 Prüfmethoden
- 3 Ergebnisse der Versuche mit natürlichem Bariumsulfat (Schwerspat)
 - 3.1 Rezepturvariationen
 - 3.2 Farbwerte
 - 3.3 Deckvermögen / Opazität
 - 3.4 Glanz und Haze
 - 3.5 Verlauf
 - 3.6 Flexibilität (Impact Test und Tiefungsprüfung)
 - 3.7 Mechanische Widerstandsfähigkeit (Ritz- / Kratzfestigkeit)
 - 3.8 Dichte und Ergiebigkeit
 - 3.9 Kostenindex
 - 3.10 Zusammenfassung der Versuche mit natürlichem Bariumsulfat (Schwerspat)
- 4 Ergebnisse der Versuche mit gefällttem Bariumsulfat
 - 4.1 Rezepturvariationen
 - 4.2 Farbwerte
 - 4.3 Deckvermögen / Opazität
 - 4.4 Glanz und Haze
 - 4.5 Verlauf
 - 4.6 Flexibilität (Impact Test und Tiefungsprüfung)
 - 4.7 Mechanische Widerstandsfähigkeit (Ritz- / Kratzfestigkeit)
 - 4.8 Dichte und Ergiebigkeit
 - 4.9 Kostenindex
 - 4.10 Zusammenfassung Bariumsulfat gefällt
- 5 Gesamtzusammenfassung und Ausblick

1 Einleitung

Vorteile von Neuburger Kieselerde zeigten sich bereits in einer früheren Untersuchung von Pulverlacken auf Hybridbasis mit dem Fokus auf dem Ersatz von Bariumsulfat. Die optischen und mechanischen Eigenschaften konnten erhalten oder sogar noch verbessert werden.

In anderen Studien, wie zum Beispiel dem Coil Coating Top Coat, wurde das Potenzial der Kalzinierten Neuburger Kieselerde schon erfolgreich für den partiellen Titandioxidaustausch geprüft.

Da Titandioxid im Preis deutlich gestiegen ist und zeitweise auch Verfügbarkeitsprobleme existierten, suchen die Hersteller nach Möglichkeiten, diesen enormen zusätzlichen Kostenaufwand kompensieren zu können.

Folglich stellt sich die Frage, ob die Kalzinierte Neuburger Kieselerde geeignet ist, in einem Pulverlack auf Hybridbasis das Titandioxid teilweise zu substituieren und dabei die mechanischen und optischen Eigenschaften, insbesondere die Deckfähigkeit, zu erhalten?

Der Hauptfüllstoff verbleibt in der Formulierung:

- Natürliches Bariumsulfat (Schwerspat), als Beispiel für kostengünstige Formulierungen mit elementaren Anforderungen

oder

- Gefälltes Bariumsulfat, eine speziell für Pulverlacke mit hohen optischen Anforderungen empfohlene Type.

Ziel der Untersuchung war es, die Gebrauchseigenschaften zu erhalten bzw. zu verbessern und dabei die Kosten aufgrund des Titandioxidersatzes durch die Kalzinierte Neuburger Kieselerde zu reduzieren.

2 Experimentelles

2.1 Basisrezeptur

Die in *Abb. 1* dargestellte Basisrezeptur diene als Grundlage für die Untersuchung. Das Crylcoat 1771-3 war ein carboxylfunktioneller, medium reaktiver Polyester zur Verwendung mit Epoxiden, hier das Epikote 1003 auf Basis Bisphenol A / Epichlorhydrin. Das Mischungsverhältnis des Hybridpulverlackes Polyester zu Epoxid betrug 70 : 30. Additol P 896 und Benzoin waren die Verlaufhilfsmittel. Das Titandioxid war ein mikronisiertes Rutilpigment (TiO_2 Gehalt: 93 - 94%), organisch mit Aluminium- und Siliciumverbindungen behandelt.

Die Pigmentvolumenkonzentration der Basisrezeptur betrug 16,3 %.

Basisformulierung		Hoffmann MINERAL	
		Gewichtsteile = %	
EINLEITUNG <u>EXPERIMENTELLES</u> ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG		Startformulierung	
	Crylcoat 1771-3		39,0
	Epikote 1003		18,0
	Additol P 896		3,0
	Titandioxid		19,5
	Bariumsulfat		20,0
	Benzoin		0,5
	Summe		100,0
PVK [%]		16,3	
VM-01/01.2018			

Abb. 1

2.2 Verwendete Füllstoffe und deren Kennwerte

Die Neuburger Kieselerde, die nahe Neuburg an der Donau abgebaut wird, ist ein in der Natur entstandenes Gemisch aus korpuskularer Neuburger Kieselsäure und lamellarem Kaolinit: ein loses Haufwerk, das durch physikalische Methoden nicht zu trennen ist. Der Kieselsäureanteil weist durch natürliche Entstehung eine runde Kornform auf und besteht aus ca. 200 nm großen, aggregierten, kryptokristallinen Primärpartikeln.

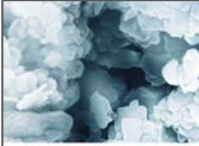
Durch die Kalzination der Kieselerde wird das enthaltene Kristallwasser des Kaolinitanteils ausgetrieben und es bilden sich neue, weitestgehend amorphe Mineralphasen. Der Kieselsäureanteil bleibt bei der verwendeten Temperatur inert. Über einen integrierten Sichtungsprozess werden Korngrößen > 15 µm ausgeschlossen.

In Abb. 2 dargestellt sind die Kennwerte des natürlichen und gefällten Bariumsulfates und der Kalzinierten Neuburger Kieselerde, dem Silfit Z 91. Gegenüber dem in der Basisrezeptur verwendeten Bariumsulfat zeichnete sich Silfit Z 91 durch eine deutlich niedrigere Dichte, eine höhere Ölzahl und eine größere spezifische Oberfläche aus. Verglichen mit Silfit Z 91 hatte das natürliche Bariumsulfat (Schwerspat) eine größere und das gefällte Bariumsulfat eine etwas kleinere mittlere Korngröße sowie auch Top Cut d_{97} .

		Füllstoffe und Kennwerte			HOFFMANN MINERAL
		Bariumsulfat		Kalzinierte Neuburger Kieselerde	
		natürlich	gefällt, spezielle Type für Pulver- lacke	Silfit Z 91	
Morphologie		korpuskular		korpuskular / lamellar aggregiert	
Dichte	[g/cm ³]	4,4	4,4	2,6	
Korngröße d_{50}	[µm]	2,9	1,6	2,0	
Korngröße d_{97}	[µm]	14	5	10	
Ölzahl	[g/100g]	14	22	60	
Spezifische Oberfläche BET	[m ² /g]	0,8	2,6	7,5	
VM-01/01.2018					

Abb. 2

Die Farbkennwerte wurden mit einem Farbmessgerät mit Messgeometrie $d/8^\circ$ und Lichtart D 65 bestimmt. Das gefällte Bariumsulfat wies mit einem L^* -Wert von 97 die höchste Helligkeit auf, gefolgt vom natürlichen Bariumsulfat (Schwerspat) und Silfit Z 91 mit einem L^* -Wert von jeweils 95. Der a^* -Wert war von allen Füllstoffen vergleichbar bei - 0,2 bis - 0,5. Beim b^* -Wert, der den Gelbstich darstellt, war ein geringer Unterschied der Füllstofftypen feststellbar: die Bariumsulfate waren mit 0,2 bis 0,5 etwas farbneutraler als das Silfit Z 91 mit einem b^* -Wert von 1,2 (das Muster stammte aus einer Vorserienproduktion, die aktuelle Werte liegen typischerweise niedriger) (Abb. 3).

 EINLEITUNG <u>EXPERIMENTELLES</u> ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG	Füllstoffe und Kennwerte			HOFFMANN MINERAL
	Farbe	Bariumsulfat		Kalzinierte Neuburger Kieselerde
		natürlich	gefällt, spezielle Type für Pulver- lacke	Silfit Z 91
L^*	95	97	95	
a^*	- 0,3	- 0,5	- 0,2	
b^*	0,2	0,5	1,2	

VM-01/01.2018

Abb. 3

2.3 Herstellung

Der Premix wurde für zwei Minuten bei 1.000 U/min^{-1} in einem Mixaco Mixer vorgemischt und anschließend in einem Extruder (Coperion ZSK 18, Doppelschnecke, Drehzahl 350 U/min^{-1} , Heizzonen $50^\circ\text{C} / 100^\circ\text{C} / 100^\circ\text{C} / 100^\circ\text{C} / 100^\circ\text{C}$) homogenisiert. Die Ansätze wurden in einer Mühle gemahlen und anschließend gesiebt. Die Applikation erfolgte mit einer GEMA Pulverpistole Corona, mit 80 kV und 2 bar auf Q-Panel Bleche (Aluminium A 36 und A 48). Die Beschichtungen wurden 15 Minuten bei 180°C Ofentemperatur eingebrannt, dies entsprach einer Objekttemperatur (PMT) von ungefähr 180°C für 10 Minuten. Die Trockenschichtdicke betrug ca. $70 \mu\text{m}$.

2.4 Prüfmethoden

Farbwerte

Die Farbwerte CIE L* a* b* wurden mit einem Spektralphotometer, Messgeometrie d/8° und Lichtart D 65, bestimmt.

Deckvermögen / Opazität

Die Opazität wurde auf schwarz/weiß Blechen (Karomuster) der Firma Q-Panel bestimmt. Das Deckvermögen ermittelte man, indem der Normfarbwert Y über dem schwarzen und weißen Untergrund gemessen wurde. Der Quotient aus Y schwarz zu Y weiß, multipliziert mit 100 ergab das Kontrastverhältnis in Prozent. Bei einem Kontrastverhältnis von größer gleich 98 % wird eine Beschichtung als deckend bewertet.

Glanz

Der Glanz wurde mit dem Micro-Tri-Gloss der Firma BYK bestimmt. Der Messwinkel von 20° repräsentiert den Bereich des Hochglanzes, der Messwinkel von 60° den mittleren Glanzbereich.

Glanzscheier (Haze)

Von hochwertigen Oberflächen wird ein klares, brillantes Erscheinungsbild erwartet. Mikrostrukturen, die z. B. aufgrund nicht ausreichender Dispergierung entstehen, verursachen eine leichte Trübung bzw. Schleier. Dieser Effekt wird als Glanzscheier oder Haze bezeichnet und wurde mit dem micro-haze plus von der Firma BYK bestimmt.

Verlauf

Bei dieser Prüfung wurde die Oberfläche optisch beurteilt: wie gut spiegelte sich die Deckenleuchte auf der Beschichtung wider, wie deutlich war deren Rand zu sehen und wie weit streute bzw. breitete sich dieser aus. Je besser der Verlauf, desto glatter und ebenmäßiger war das Erscheinungsbild.

Flexibilität (Reverse Impact Test)

Beim Impact Test (Schlagprüfung) nach ASTM D 2794 wurde ein Gewicht von 2 lbs (12,7 mm Kugeldurchmesser) aus unterschiedlichen Höhen (10 inches = 25 cm) auf die unbeschichtete Rückseite fallen gelassen. Die Beschichtung auf der Vorderseite wurde auf Risse beurteilt. Hier angegeben wurde der Wert in inch pounds, bei dem gerade keine Risse mehr sichtbar waren.

Flexibilität (Tiefungsprüfung)

Bei der Tiefungsprüfung nach DIN ISO 1520 wurde eine Halbkugel mit konstanter, Geschwindigkeit langsam von der Rückseite in die Beschichtung gedrückt und diese dabei auf entstandene Risse beurteilt. Angegeben wurde hier die maximal mögliche Tiefung als Länge in Millimeter, bei der gerade noch keine Risse sichtbar waren.

Mechanische Widerstandsfähigkeit (Ritz/ Kratzfestigkeit)

Die mechanische Widerstandsfähigkeit prüfte man als Ritz- bzw. Kratzfestigkeit, indem die Beschichtung mit einer gewichtsbelasteten Metallspitze bis zur Sichtbarkeit des Substrates durchgeritzt wurde. Die Prüfvorrichtung ist in *Abb. 4* dargestellt. Es handelte sich um den Corrocutter der Fa. Erichsen (Model 639). Die runde Hartmetallspitze nach van Laar besaß einen Durchmesser von 0,5 mm und wurde mit definierter Auflagekraft, schrittweise von 2 bis 20 Newton gesteigert, über die Pulverlackschicht gezogen. Als Ergebnis wurde die Kraft angegeben, die nötig war, um die Beschichtung bis zum Untergrund durchzuritzen.



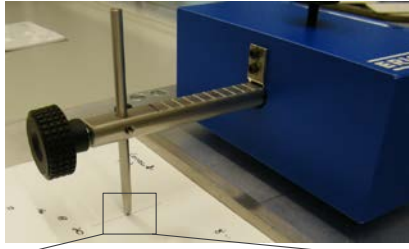
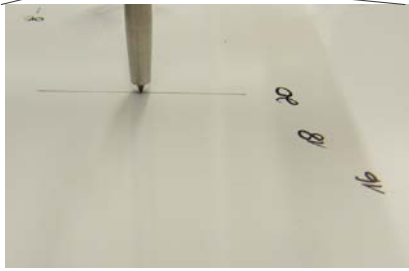

	<h3>Mechanische Widerstandsfähigkeit</h3> 	
EINLEITUNG	Bei diesem Test wird die Beschichtung bis zum Substrat mit einer harten Metallspitze durch geritzt (Substrat: Aluminium A 48)	
EXPERIMENTELLES		Prüfvorrichtung (Erichsen Corrocutter, Modell 639), variable Kraft von 2 – 20 Newton
ERGEBNISSE		Runde Hartmetallspitze (van Laar, Durchmesser 0,5 mm)
• BaSO ₄ natürlich		
ZUSAMMENFASSUNG		
		
	VM-01/01.2018	

Abb. 4

3. Ergebnisse der Versuche mit natürlichem Bariumsulfat (Schwerspat)

3.1 Rezepturvariationen

Ausgehend von der Basisrezeptur (Referenz) mit 20 % Schwerspat und 19,5 % Titandioxid wurden bei den folgenden Varianten 20 % des Titandioxids gewichtsgleich (entsprechend 3,9 Gewichtsteilen) durch die Kalzinierte Neuburger Kieselerdetype Silfit Z 91 ersetzt. Bei der ersten Variante blieb dabei der Bariumsulfatanteil unverändert, wogegen in der zweiten Variante zusätzlich noch 33 % vom Schwerspat und als dritte und letzte Variante der komplette Schwerspat volumengleich durch Silfit Z 91 ersetzt wurde. Die Rezepturvariationen sind in *Abb. 5* in Gewichtsteilen und in *Abb. 6* in Prozent dargestellt.

Alle Varianten hatten eine leicht erhöhte PVK von 17,1 % gegenüber der Referenz mit 16,3 %, was aufgrund des gewichts- anstatt volumengleichen Ersatzes von 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 zustande kommt.

		HOFFMANN MINERAL				
		Rezepturvariationen				
		Gewichtsteile				
		Referenz BaSO ₄	- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	
EINLEITUNG						
<u>EXPERIMENTELLES</u>						
	• BaSO ₄ natürlich					
ERGEBNISSE						
ZUSAMMENFASSUNG						
		Crylcoat 1771-3	39,0	39,0	39,0	39,0
		Epikote 1003	18,0	18,0	18,0	18,0
		Additol P 896	3,0	3,2	3,2	3,2
		Titandioxid	19,5	15,6	15,6	15,6
		BaSO ₄ natürlich	20,0	20,0	13,4	-
		Silfit Z 91	-	3,9	7,8	15,7
		Benzoin	0,5	0,5	0,5	0,5
		Summe	100,0	100,2	97,5	92,0
		PVK [%]	16,3	17,1	17,1	17,1
		VM-01/01.2018				

Abb. 5

		HOFFMANN MINERAL			
		Rezepturvariationen			
		Prozent			
		Referenz BaSO ₄	- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91
EINLEITUNG <u>EXPERIMENTELLES</u> • BaSO ₄ natürlich ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG	Crylcoat 1771-3	39,0	38,9	40,0	42,4
	Epikote 1003	18,0	18,0	18,5	19,6
	Additol P 896	3,0	3,2	3,3	3,5
	Titandioxid	19,5	15,6	16,0	16,9
	BaSO ₄ natürlich	20,0	20,0	13,7	-
	Silfit Z 91	-	3,9	8,0	17,1
	Benzoin	0,5	0,5	0,5	0,5
	Summe	100	100	100	100
	PVK [%]	16,3	17,1	17,1	17,1
	VM-01/01.2018				

Abb. 6

3.2 Farbwerte

Der a*-Wert, welcher die Rot-Grün-Anteile darstellt, befand sich bei allen Rezepturen auf einem Niveau von - 0,7 bis - 0,8. Die Helligkeit L* war bei der Referenz mit 95,2 am höchsten. Bei den Varianten lag der L* Wert weiterhin auf einem hohen Niveau von 94, trotz 20 % weniger Titandioxid (Abb. 7). Der Farbwert b*, welcher die Gelb-Blau- Anteile beschreibt, erhöhte sich nur wenig, wobei diese Zunahme mit den niedrigeren b*-Werten aus der Serienproduktion des Silfit Z 91 nochmals abgeschwächt wird (Abb. 8).

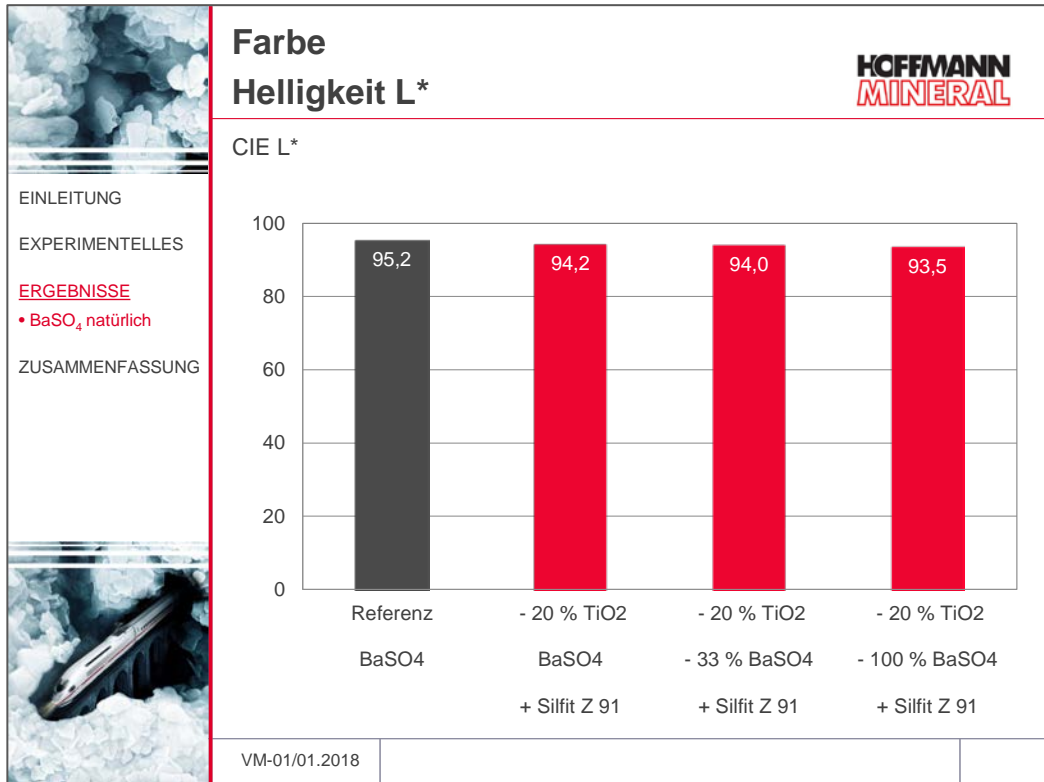


Abb. 7

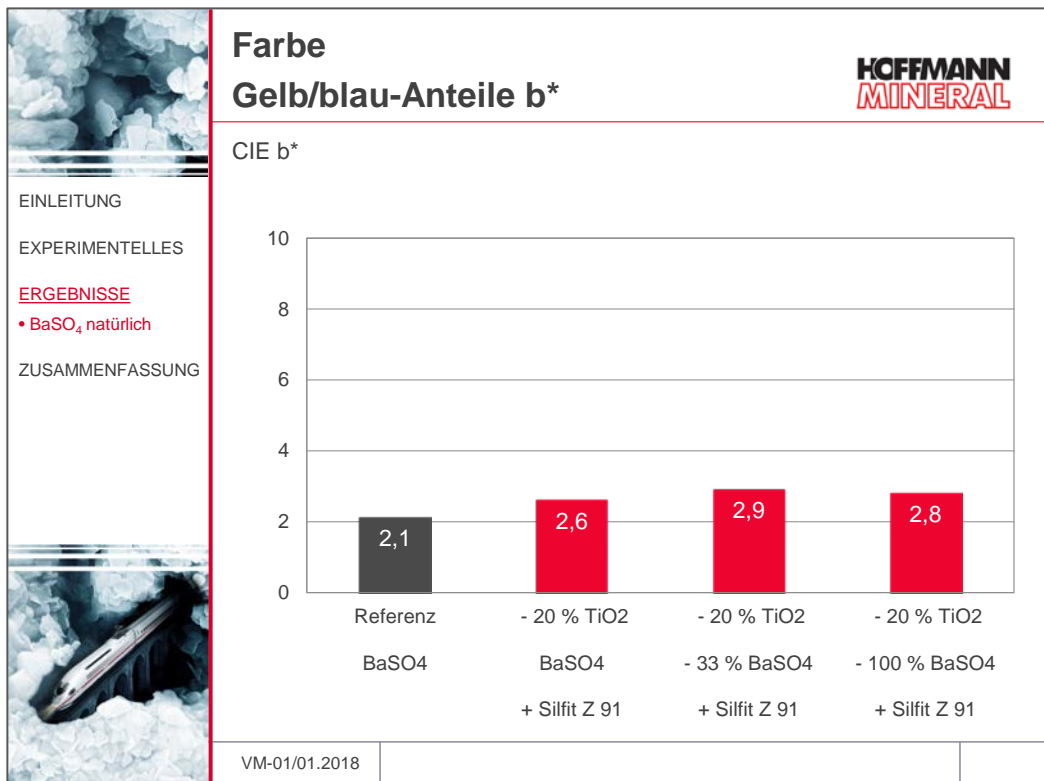


Abb. 8

3.3 Deckvermögen / Opazität

In Abb. 9 dargestellt ist die Opazität bei einer Trockenschichtdicke von ca. 70 µm. Trotz des 20 % geringeren Titandioxidgehaltes blieb die geforderte Deckkraft von größer gleich 98 % bei den Silfit Z 91 gefüllten Rezepturen erhalten. Durch den zusätzlichen Schwerspatersatz konnte sogar ein tendenzieller Anstieg verzeichnet werden, so dass die ausschließlich mit Silfit Z 91 gefüllte Formulierung das Niveau der Referenz erreicht. In Anbetracht von Schichtdicken- und Helligkeitsmessabweichungen ist das Deckvermögen als insgesamt vergleichbar zu bewerten.

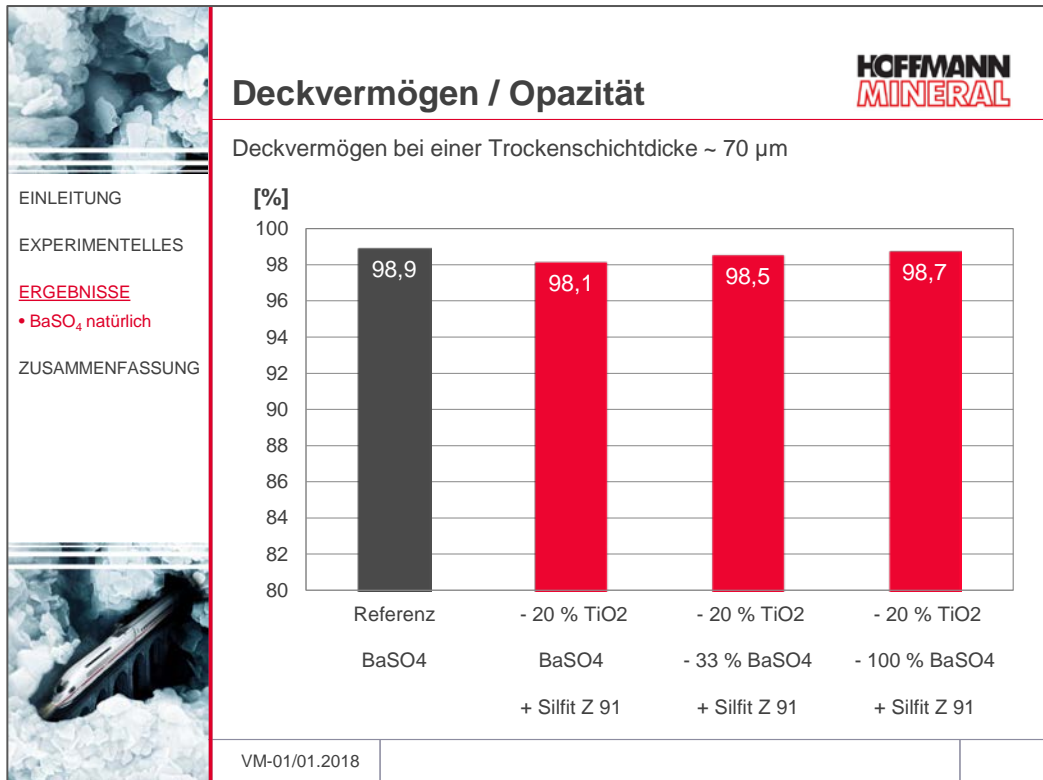


Abb. 9

3.4 Glanz und Glanzschleier (Haze)

Mit der Referenz, die den vollen Anteil Titandioxid und Schwerspat enthielt, wurde ein Glanz im 20° Messwinkel von 58 Einheiten erreicht. Ersetzte man 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91, so konnte das gleiche Ergebnis erzielt werden. Wurde jedoch neben dem Titandioxid zusätzlich der Schwerspat durch Silfit Z 91 ersetzt, so konnte der Glanz erhöht werden, im Falle des Komplettersatzes sogar auf bis zu 78 Einheiten (Abb. 10).

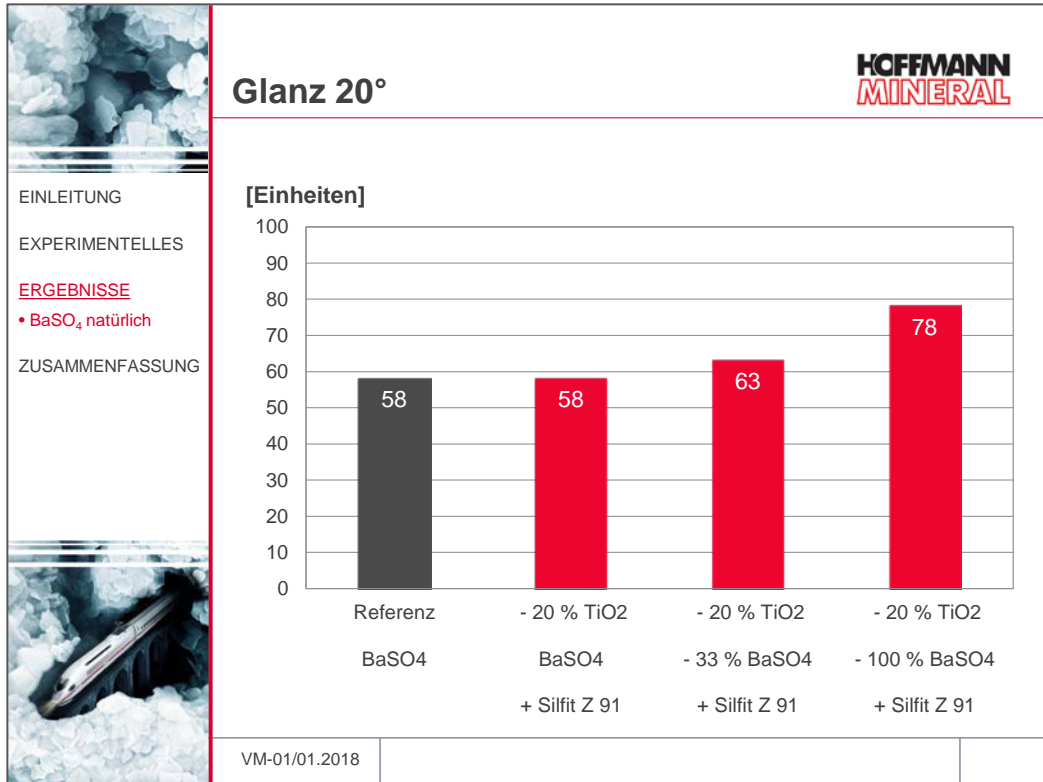


Abb. 10

Die Abb. 11 stellt den Glanz bei einem Messwinkel von 60° dar. Die glanzsteigernde Wirkung des Silfit Z 91 ist hier zwar nicht mehr so deutlich ausgeprägt wie bei dem 20° Glanz, jedoch beim vollen Schwerspatersatz mit 97 Einheiten trotzdem deutlich ersichtlich.

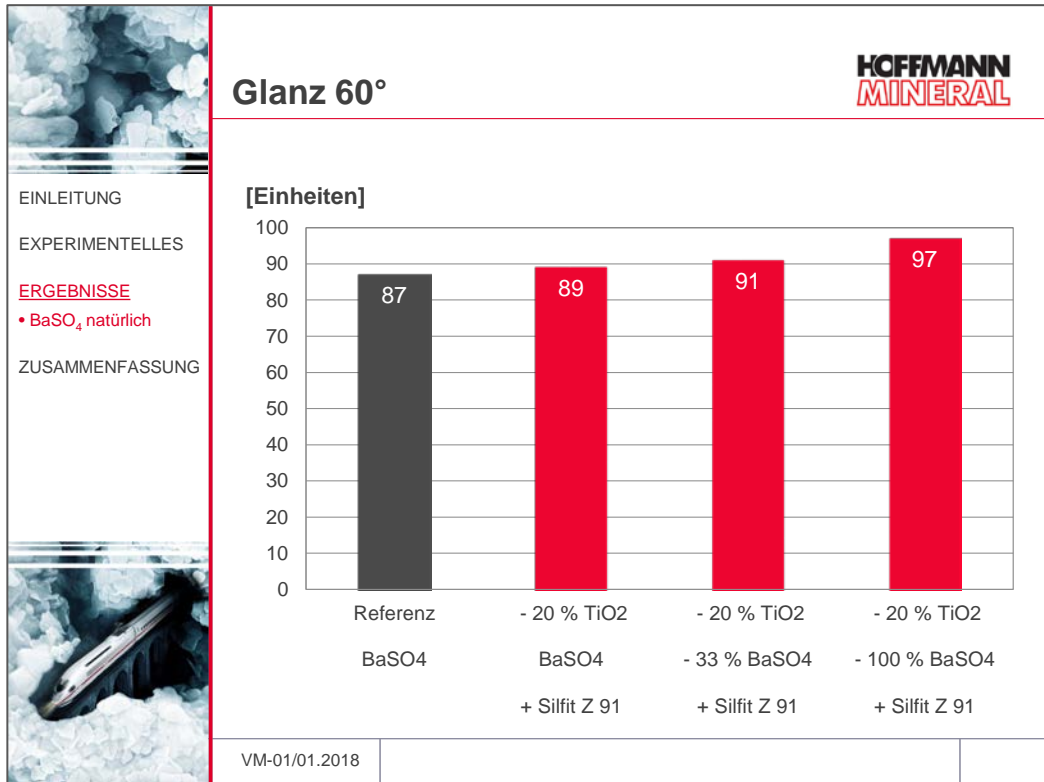


Abb. 11

Die Referenz hatte einen Glanzschleier/Haze von 329 Einheiten, vergleichbar mit der ersten Variante, bei der nur Titandioxid durch Silfit Z 91 ersetzt wurde. Der Glanzschleier konnte durch den Komplettaustausch des Schwerspates durch Silfit Z 91 auf 199 Einheiten verringert werden. Mit Silfit Z 91 ist ein deutlich besserer optischer Eindruck als mit Schwerspat erreichbar (Abb. 12).

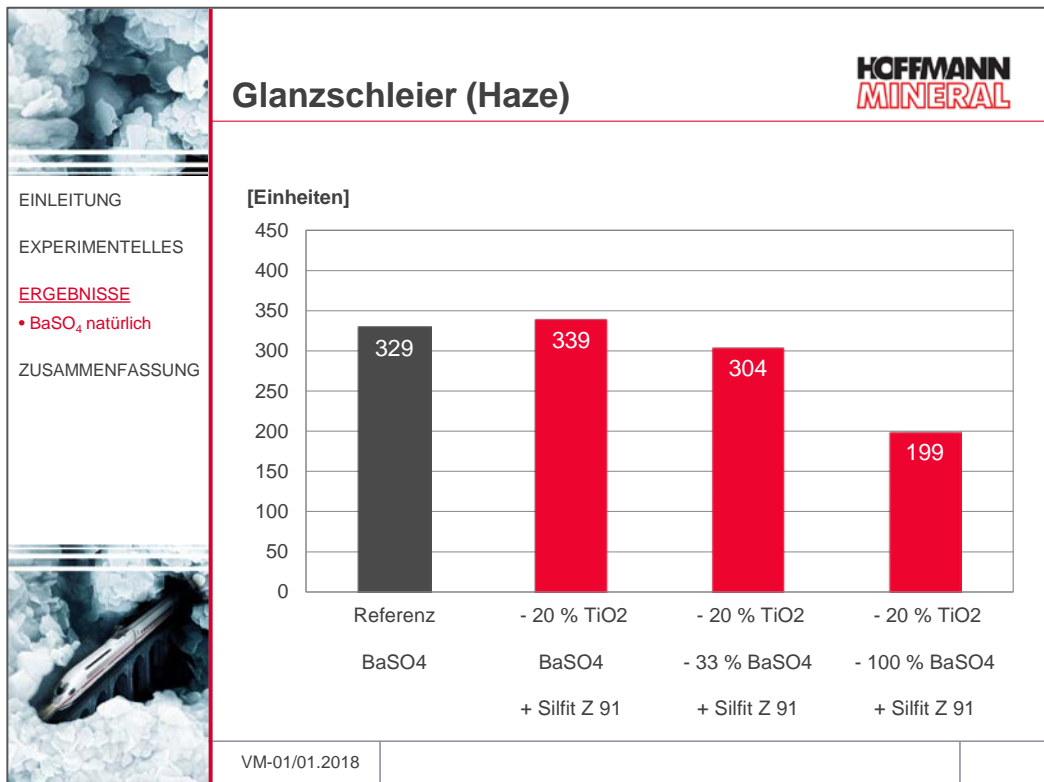
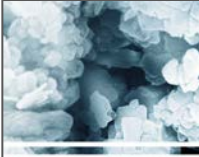



Abb. 12

3.5 Verlauf

Wurden 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 ersetzt, so veränderte sich die Oberfläche und Struktur nicht. Je mehr Schwerspat durch Silfit Z 91 ersetzt wurde, desto besser war das Erscheinungsbild, d. h. weniger Struktur sichtbar. Die Oberfläche erschien glatter und es war ein besserer Verlauf erkennbar (Abb. 13).





Verlauf

Erscheinungsbild der Oberfläche (visuelle Beurteilung)
Substrat: Aluminium A 48


EINLEITUNG





EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

• BaSO₄ natürlich

ZUSAMMENFASSUNG



	Reflexion der Deckenleuchte
Referenz BaSO ₄	 0
- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	 0
- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	 0+
- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	 +

VM-01/01.2018

Abb. 13

3.6 Flexibilität (Impact Test und Tiefungsprüfung)

Die Referenz, der reine Titandioxidersatz sowie die - 33 % Schwerspat zeigten alle eine ähnliche Flexibilität beim Reverse Impact Test zwischen 12 und 18 inch pounds. Erst wenn kein Schwerspat, sondern nur noch Silfit Z 91 verwendet wurde, konnte eine Verbesserung mit 28 inch pounds erzielt werden (Abb. 14).

Die Tiefungswerte waren mit 6 - 7 mm alle vergleichbar gut, es konnte keine weitere Differenzierung stattfinden (Abb. 14).




 <p>EINLEITUNG</p> <p>EXPERIMENTELLES</p> <p>ERGEBNISSE</p> <ul style="list-style-type: none"> • BaSO₄ natürlich <p>ZUSAMMENFASSUNG</p> 			
	<h3>Flexibilität</h3> <p>Impact Test ASTM D 2794 (Gewicht: 2 lbs); keine sichtbaren Risse Tiefungsprüfung DIN ISO 1520 Substrat: Aluminium A 36</p>		
		Reverse Impact Test [inch pounds]	Tiefung [mm]
	Referenz BaSO ₄	18	6,9
	- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	14	6,4
- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	12	6,7	
- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	28	6,4	
<p>VM-01/01.2018</p>			

Abb. 14

3.7 Mechanische Widerstandsfähigkeit (Ritz- / Kratzfestigkeit)

Das Silfit Z 91 hob sich hier positiv hervor. Schon bei geringem Einsatz, bei reinem Titandioxidersatz, zeigte es mit 18 Newton eine bessere Widerstandsfähigkeit gegenüber Durchritzen als die Referenz mit nur 14 Newton. Eine weitere Verbesserung der Ritz- / Kratzfestigkeit durch den Austausch des Schwerspats durch Silfit Z 91 war nicht mehr möglich (Abb. 15).

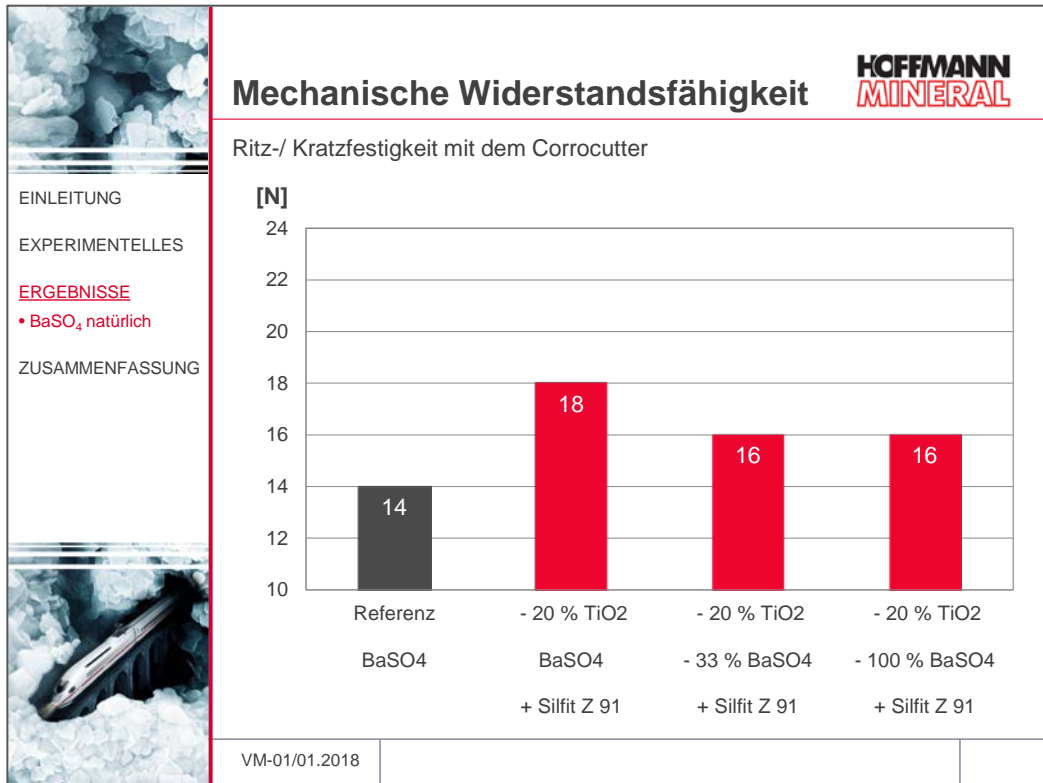


Abb. 15

3.8 Dichte und Ergiebigkeit

In Abb. 16 ist die Dichte der Rezepturen angegeben. Die Referenz hatte die höchste Dichte von 1,67 g/cm³, bedingt durch die Dichte des reinen Schwerspates von 4,4 und Titandioxid von 4,1. Wurden 20 % Titandioxid gewichtsgleich, entsprechend 3,9 Teilen, durch Silfit Z 91 mit einer Dichte von 2,6 ersetzt, so beeinflusste das kaum die Gesamtdichte. Ersetzte man jedoch 33 bzw. 100 % Schwerspat volumengleich durch Silfit Z 91, so verringerte sich die Dichte auf bis zu 1,52 g/cm³. Dies wirkt sich, wie im Folgenden dargestellt, positiv auf die Ergiebigkeit aus.

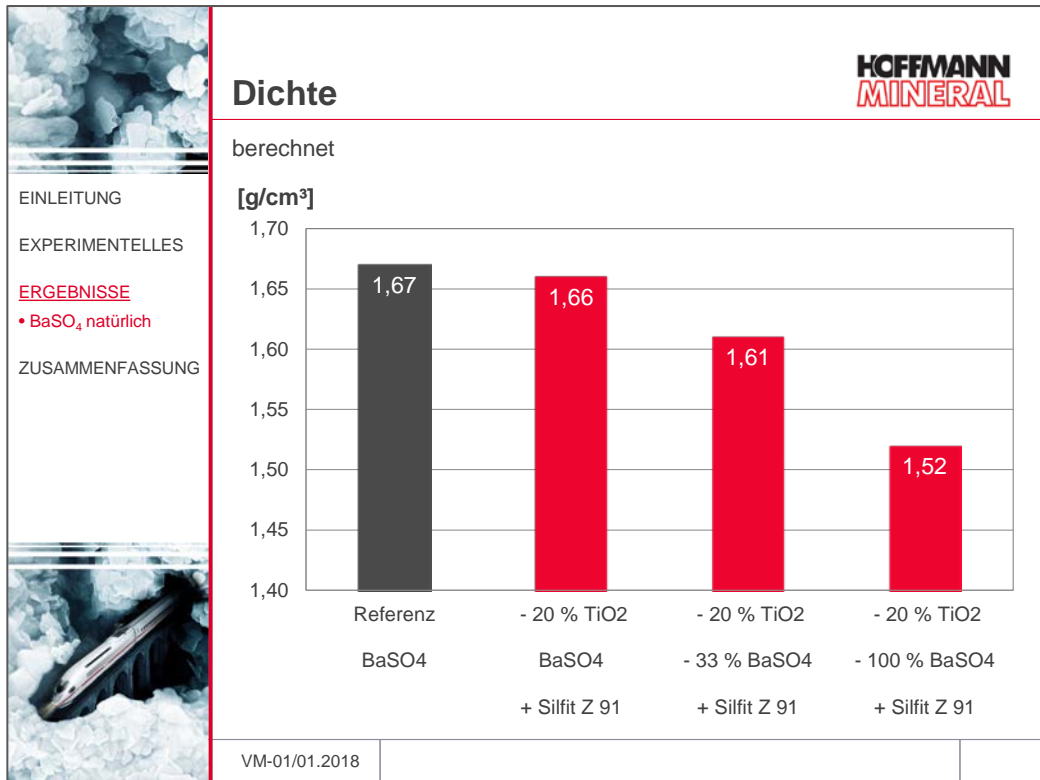


Abb. 16

In Abb. 17 ist die Ergiebigkeit bezogen auf die Referenz als Index angegeben, die zeigt, wie viel Fläche pro Masseneinheit Pulverlack bei gleicher Schichtdicke beschichtet werden kann.

Da der Pulverlack nach Gewicht verkauft wird, erhöht sich also die Ergiebigkeit durch den Einsatz von Silfit Z 91!

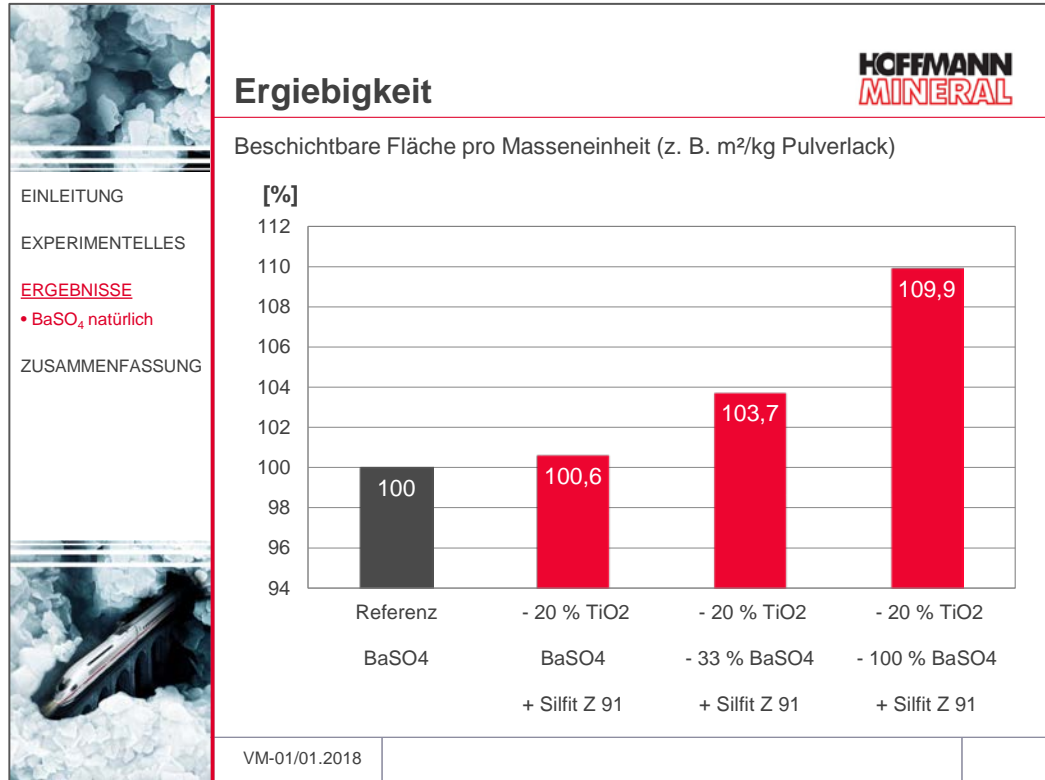


Abb. 17

3.9 Kostenindex

In Abb. 18 sind die gewichtsbezogenen Kosten auf der Preisbasis Deutschland im Jahr 2011 dargestellt. Die für die Preisberechnung zugrunde gelegten Kosten für das Titandioxid betragen 2,65 €/kg. Durch den Austausch von 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 konnten ca. 4 % der Kosten eingespart werden. Wurde zusätzlich ein Teil des Schwerspates ersetzt, so reduzierte sich die Kostenersparnis auf 1,5 %. Bei dem Komplettersatz ergab sich eine Kostenmehrung von 3,7 %, die jedoch durch die deutlich höhere Ergiebigkeit von knapp 10 % mehr als kompensiert wird.

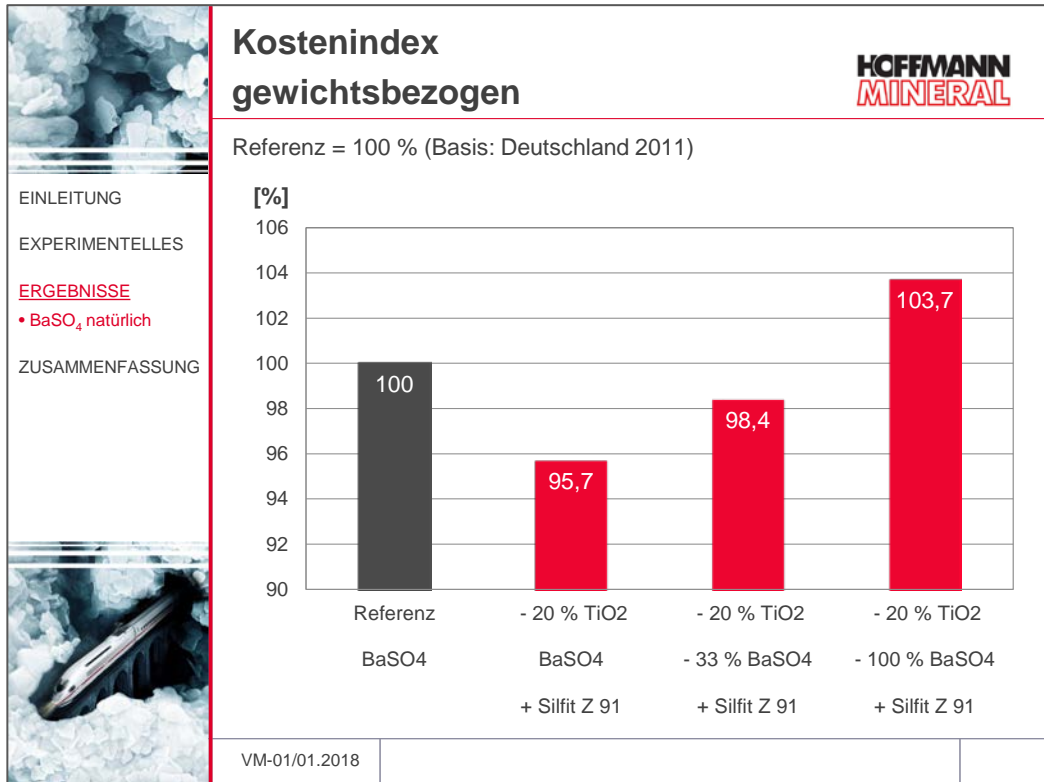


Abb. 18

Wurde der Kostenindex volumenbezogen berechnet, so ergab sich bei allen Rezepturen mit Silfit Z 91 eine deutliche Kostenersparnis von 5 - 6 % (Abb. 19).

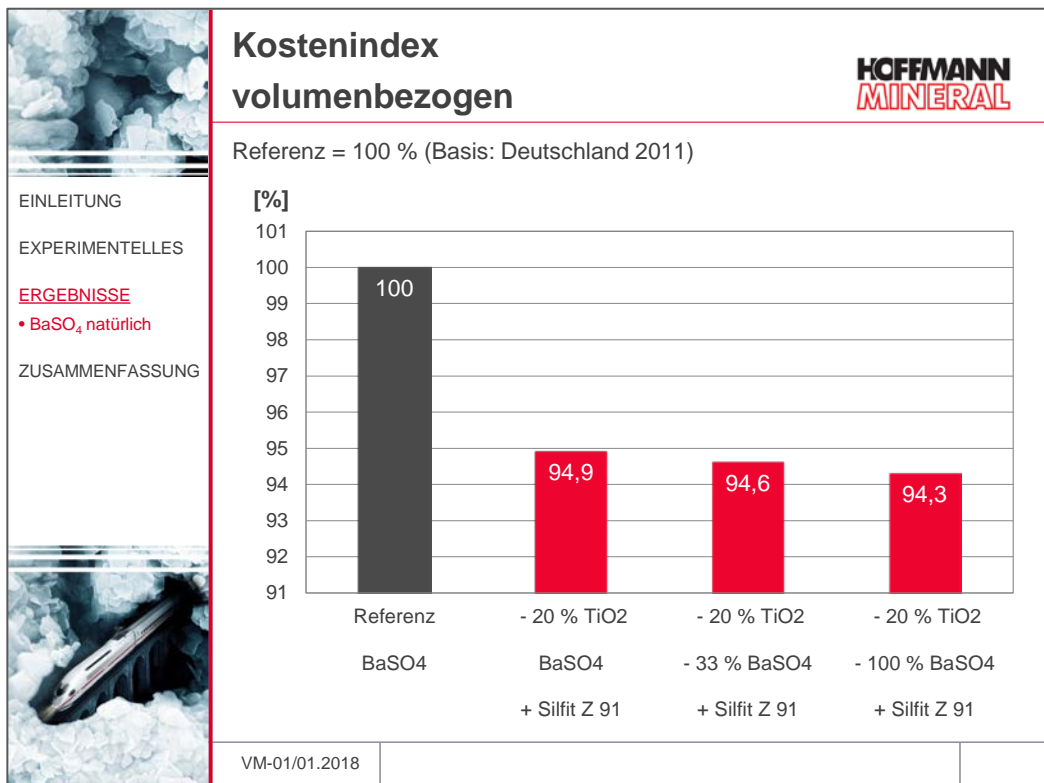


Abb. 19

3.10 Zusammenfassung der Ergebnisse mit natürlichem Bariumsulfat (Schwerspat)

Ein gewichtsgleicher Austausch von 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 zeigte folgende Effekte:

- ✓ vergleichbare optische Eigenschaften sowie Flexibilität
- ✓ verbesserte Ritz- / Kratzfestigkeit
- ✓ Kostensenkungspotential

Eine zusätzliche volumengleiche Substitution des Schwerspates durch Silfit Z 91 erzielte weiterhin:

- ✓ höheren Glanz
- ✓ niedrigeren Glanzschleier (Haze)
- ✓ besseren Verlauf
- ✓ höhere Ergiebigkeit durch geringere Lackdichte
- ✓ Kostensenkungspotential

4. Ergebnisse der Versuche mit gefällttem Bariumsulfat

4.1 Rezepturvariationen

Ausgehend von der Basisrezeptur (Referenz) mit 20 % gefällttem Bariumsulfat und 19,5 % Titandioxid wurden bei den folgenden Varianten 20 % des Titandioxides gewichtsgleich (entsprechend 3,9 Gewichtsteilen) durch die Kalzinierte Neuburger Kieselerdetype Silfit Z 91 ersetzt. Bei der ersten Variante blieb dabei der Bariumsulfatanteil unverändert, wogegen in der zweiten Variante zusätzlich noch 33 % vom gefällten Bariumsulfat und als dritte und letzte Variante das komplette gefällte Bariumsulfat volumengleich durch Silfit Z 91 ersetzt wurde. Die Rezepturvariationen sind in *Abb. 20* in Gewichtsteilen und in *Abb. 21* in Prozent dargestellt.

Alle Varianten hatten eine leicht erhöhte PVK von 17,1 % gegenüber der Referenz mit 16,3 %, was aufgrund des gewichts- anstatt volumengleichen Ersatzes von 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 zustande kommt.

		Rezepturvariationen			
		Referenz BaSO ₄	- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91
Gewichtsteile					
EINLEITUNG EXPERIMENTELLES • BaSO ₄ gefällt ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG	Crylcoat 1771-3	39,0	39,0	39,0	39,0
	Epikote 1003	18,0	18,0	18,0	18,0
	Additol P 896	3,0	3,2	3,2	3,2
	Titandioxid	19,5	15,6	15,6	15,6
	BaSO ₄ gefällt	20,0	20,0	13,4	-
	Silfit Z 91	-	3,9	7,8	15,7
	Benzoin	0,5	0,5	0,5	0,5
	Summe	100,0	100,2	97,5	92,0
	PVK [%]	16,3	17,1	17,1	17,1
	VM-01/01.2018				

Abb. 20

		HOFFMANN MINERAL				
		Rezepturvariationen				
		Prozent				
		Referenz BaSO ₄	- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	
EINLEITUNG						
	<u>EXPERIMENTELLES</u>					
	• BaSO ₄ gefällt					
ERGEBNISSE						
ZUSAMMENFASSUNG						
		Crylcoat 1771-3	39,0	38,9	40,0	42,4
		Epikote 1003	18,0	18,0	18,5	19,6
		Additol P 896	3,0	3,2	3,3	3,5
		Titandioxid	19,5	15,6	16,0	16,9
		BaSO ₄ gefällt	20,0	20,0	13,7	-
		Silfit Z 91	-	3,9	8,0	17,1
		Benzoin	0,5	0,5	0,5	0,5
		Summe	100	100	100	100
		PVK [%]	16,3	17,1	17,1	17,1
		VM-01/01.2018				

Abb. 21

4.2 Farbwerte

Der a*-Wert, welcher die Rot-Grün-Anteile darstellt, befand sich bei allen Rezepturen auf gleichem Niveau von ca. - 0,7. Die Helligkeit L* war bei der Referenz mit 95,8 am höchsten. Bei den Varianten lag der L* Wert weiterhin auf einem hohen Niveau von 94, trotz 20 % weniger Titandioxid (Abb. 22). Der Farbwert b*, welcher die Gelb-Blau-Anteile beschreibt, erhöhte sich nur wenig, wobei diese Zunahme mit den niedrigeren b*-Werten aus der Serienproduktion des Silfit Z 91 nochmals abgeschwächt wird (Abb. 23).

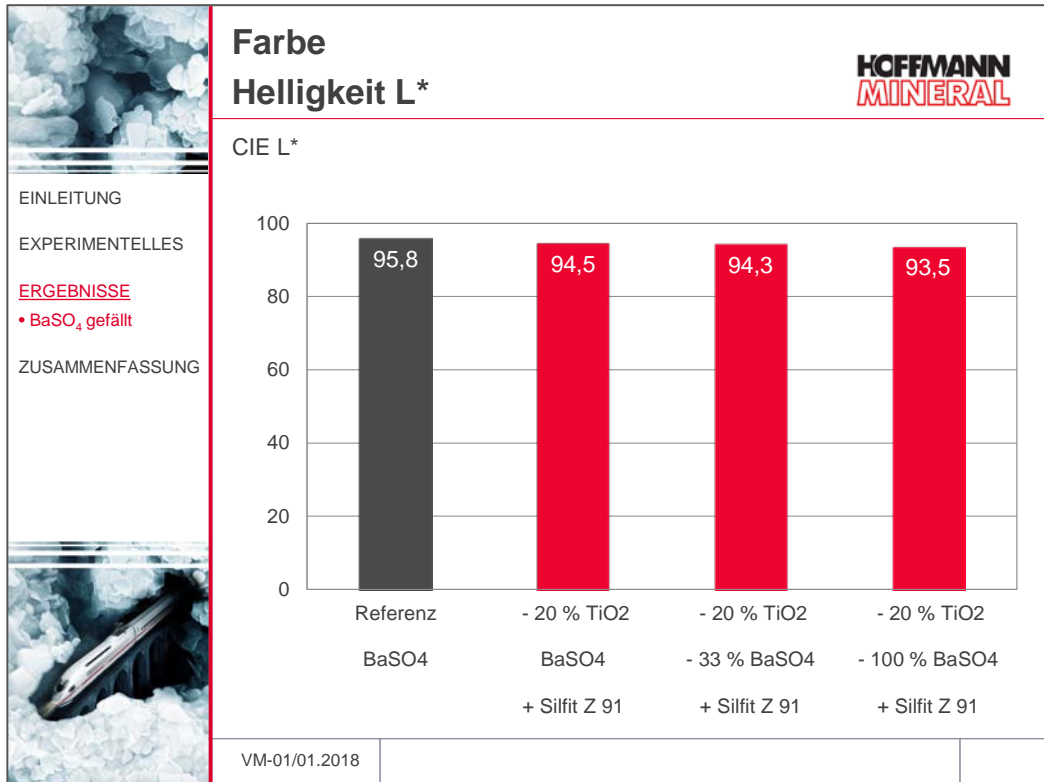


Abb. 22

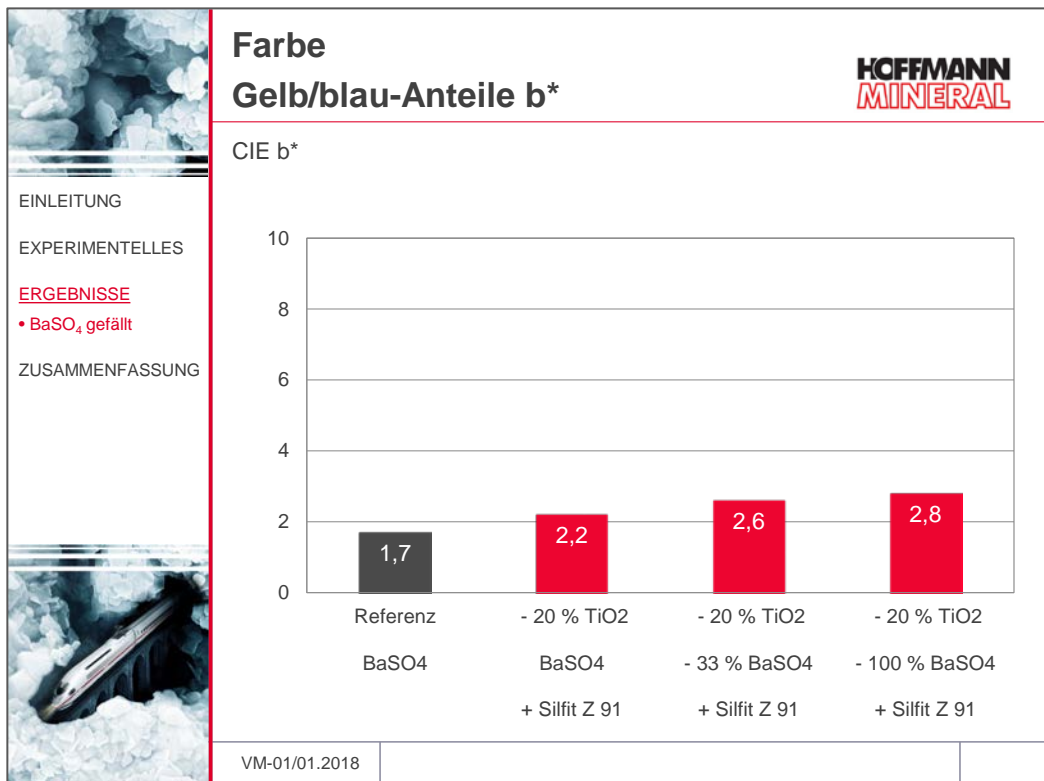


Abb. 23

4.3 Deckvermögen / Opazität

In Abb. 24 dargestellt ist die Opazität bei einer Trockenschichtdicke von ca. 70 µm. Trotz des 20 % geringeren Titandioxidgehaltes blieb die geforderte Deckkraft von größer gleich 98 % bei den Silfit Z 91 gefüllten Rezepturen erhalten. In Anbetracht von Schichtdicken- und Helligkeitsmessabweichungen ist das Deckvermögen als insgesamt vergleichbar zu bewerten.

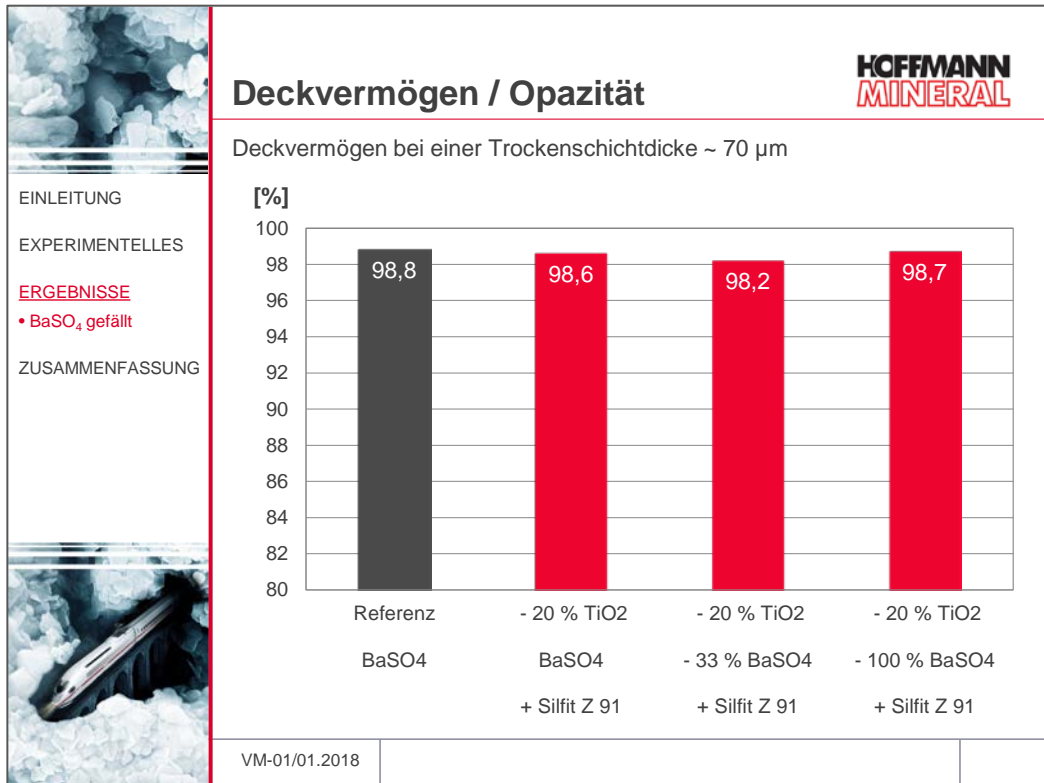


Abb. 24

4.4 Glanz und Glanzschleier (Haze)

Mit der Referenz, die den vollen Anteil Titandioxid und das gefällte Bariumsulfat enthielt, wurde ein Glanz im 20° Messwinkel von 91 Einheiten erreicht. Ersetzte man 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91, so konnte ein vergleichbar gutes Ergebnis mit 88 Einheiten erzielt werden. Sogar bei dem Austausch von 33 % Bariumsulfat wurde ein hoher Glanz von 86 Einheiten erreicht. Wurde der komplette Anteil des gefällten Bariumsulfates, welches speziell für Pulverlacke mit hohen optischen Anforderungen empfohlen wird, durch Silfit Z 91 ersetzt, so betrug der 20° Glanz immerhin noch 78 Einheiten (Abb. 25).

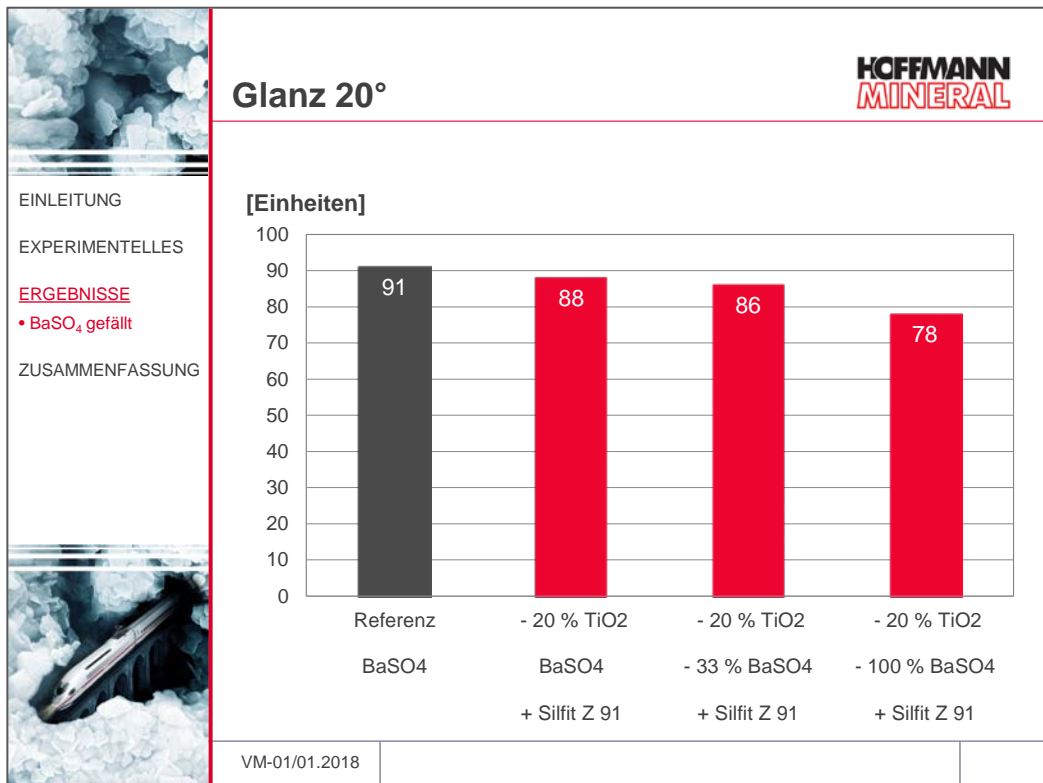


Abb. 25

Die Abb. 26 stellt den Glanz bei einem Messwinkel von 60° dar. Hier konnte keine weitere Differenzierung stattfinden, alle Rezepturen befanden sich in einem Bereich von 97 bis 99 Einheiten.

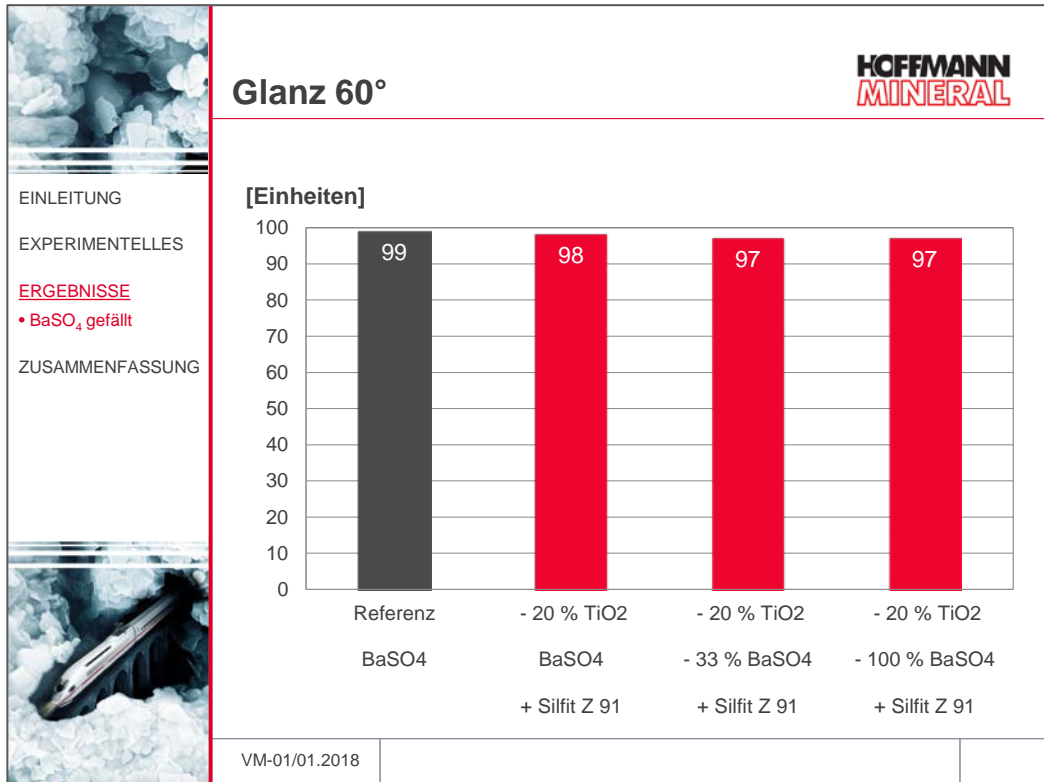


Abb. 26

Die Referenz hatte einen Glanzschleier/Haze von 61 Einheiten, gefolgt von der zweiten Variante, bei der nur Titandioxid durch Silfit Z 91 ersetzt wurde, mit 92 Einheiten. Substituierte man 33 % des gefällten Bariumsulfates durch Silfit Z 91, so erhöhte sich der Glanzschleier moderat auf 113 Einheiten. Der hier nur als Vergleich dienende Gesamtersatz resultierte in 199 Einheiten (Abb. 27).

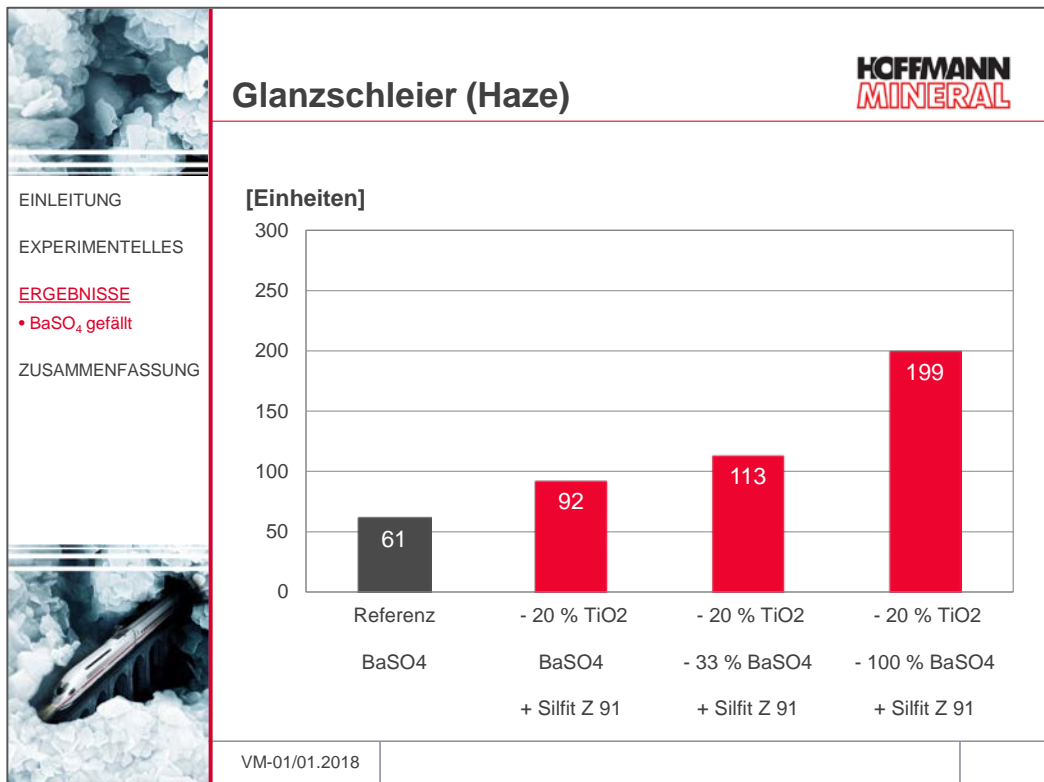




Abb. 27

4.5 Verlauf

Wurden 20 % Titandioxid und bis zu 33 % des gefällten Bariumsulfates durch Silfit Z 91 ersetzt, so war ein guter Verlauf erkennbar. Die Oberfläche erschien glatt und es war kaum eine Struktur sichtbar. Erst bei dem Gesamtaustausch des gefällten Bariumsulfates durch Silfit Z 91 wirkte das Erscheinungsbild geringfügig negativer, d. h. die Oberfläche erschien nicht mehr ganz so glatt und es war etwas mehr Struktur zu erkennen (Abb.28).





Verlauf

Erscheinungsbild der Oberfläche (visuelle Beurteilung)
Substrat: Aluminium A 48



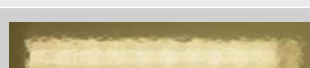

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

• BaSO₄ gefällt

ZUSAMMENFASSUNG

	Reflexion der Deckenleuchte
Referenz BaSO ₄	 0
- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	 0
- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	 0
- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	 0-

VM-01/01.2018

Abb. 28

4.6 Flexibilität (Impact Test und Tiefungsprüfung)

Die Referenz, der reine Titandioxidersatz sowie die - 33% Bariumsulfat zeigten alle eine vergleichbare Flexibilität beim Reverse Impact Test zwischen 10 und 16 inch pounds. Erst wenn kein gefälltes Bariumsulfat, sondern nur noch Silfit Z 91 verwendet wurde, konnte eine Verbesserung mit 28 inch pounds erzielt werden (Abb. 29).

Die Tiefungswerte waren mit 6 - 7 mm alle vergleichbar gut, es konnte keine weitere Differenzierung stattfinden (Abb. 29).



 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES <u>ERGEBNISSE</u> • BaSO ₄ gefällt ZUSAMMENFASSUNG 	HOFFMANN MINERAL	
	Flexibilität	
	Impact Test ASTM D 2794 (Gewicht: 2 lbs); keine sichtbaren Risse Tiefungsprüfung DIN ISO 1520 Substrat: Aluminium A 36	
	Reverse Impact Test [inch pounds]	Tiefung [mm]
	Referenz BaSO ₄	16
- 20 % TiO ₂ BaSO ₄ + Silfit Z 91	10	7,0
- 20 % TiO ₂ - 33 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	14	6,6
- 20 % TiO ₂ - 100 % BaSO ₄ + Silfit Z 91	28	6,4
VM-01/01.2018		

Abb. 29

4.7 Mechanische Widerstandsfähigkeit (Ritz/Kratzfestigkeit)

Das Silfit Z 91 zeigte mit 16 Newton eine etwas bessere Widerstandsfähigkeit gegenüber Durchritzen als die Referenz mit dem vollen Titandioxidanteil mit 15 Newton. Eine bessere Ritz- / Kratzfestigkeit mit 18 Newton konnte bei dem Austausch von 33 % des gefällten Bariumsulfates durch Silfit Z 91 festgestellt werden (Abb. 30).

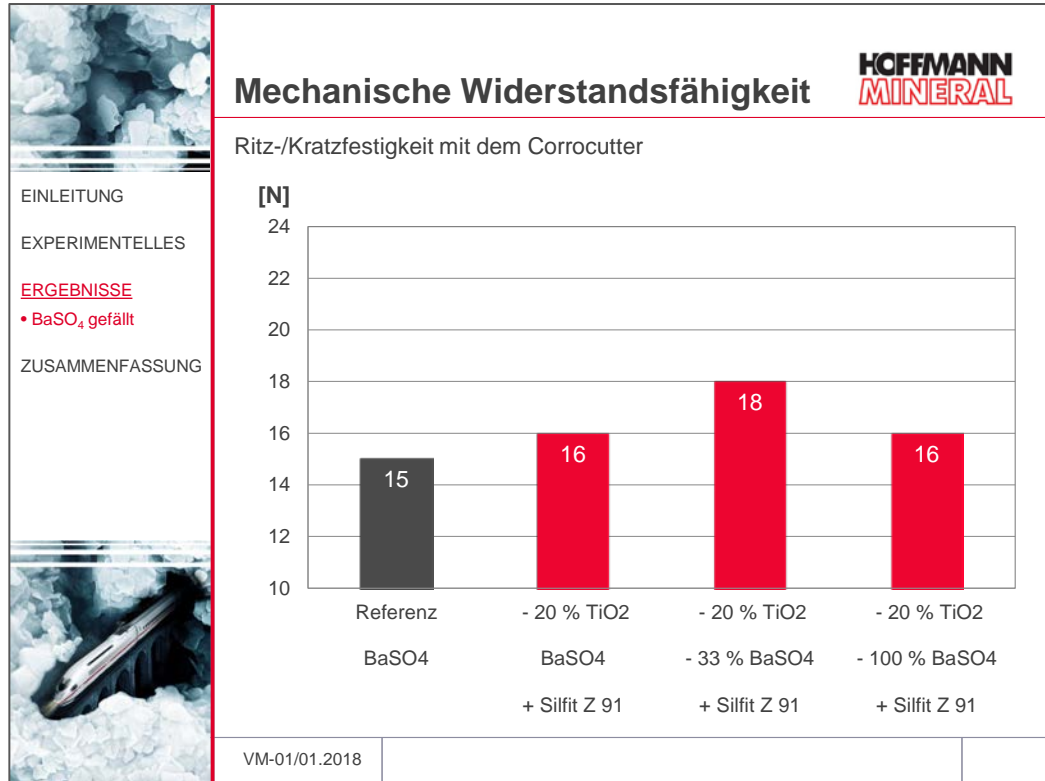


Abb. 30

4.8 Dichte und Ergiebigkeit

In Abb. 31 ist die Dichte der Rezepturen angegeben. Die Referenz hatte die höchste Dichte von 1,67 g/cm³ bedingt durch die Dichte des reinen gefällten Bariumsulfates von 4,4 und Titandioxid von 4,1. Wurden 20 % Titandioxid gewichtsgleich, entsprechend 3,9 Teilen, durch Silfit Z 91 mit einer Dichte von 2,6 ersetzt, so beeinflusste das kaum die Gesamtdichte. Ersetzte man jedoch 33 bzw. 100 % Bariumsulfat volumengleich durch Silfit Z 91, so verringerte sich die Dichte auf bis zu 1,52 g/cm³. Dies wirkt sich, wie im Folgenden dargestellt, positiv auf die Ergiebigkeit aus.

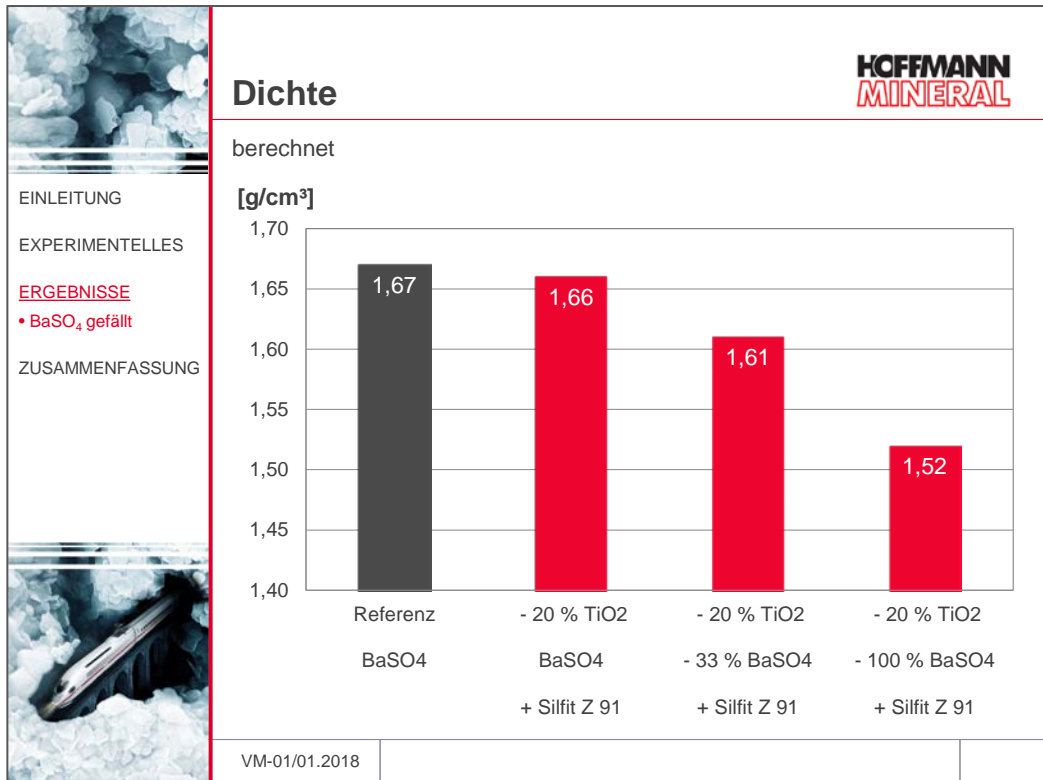


Abb. 31

In Abb. 32 ist die Ergiebigkeit bezogen auf die Referenz als Index angegeben, die zeigt, wie viel Fläche pro Masseneinheit Pulverlack bei gleicher Schichtdicke beschichtet werden kann.

Da der Pulverlack nach Gewicht verkauft wird, erhöht sich also die Ergiebigkeit durch den Einsatz von Silfit Z 91!

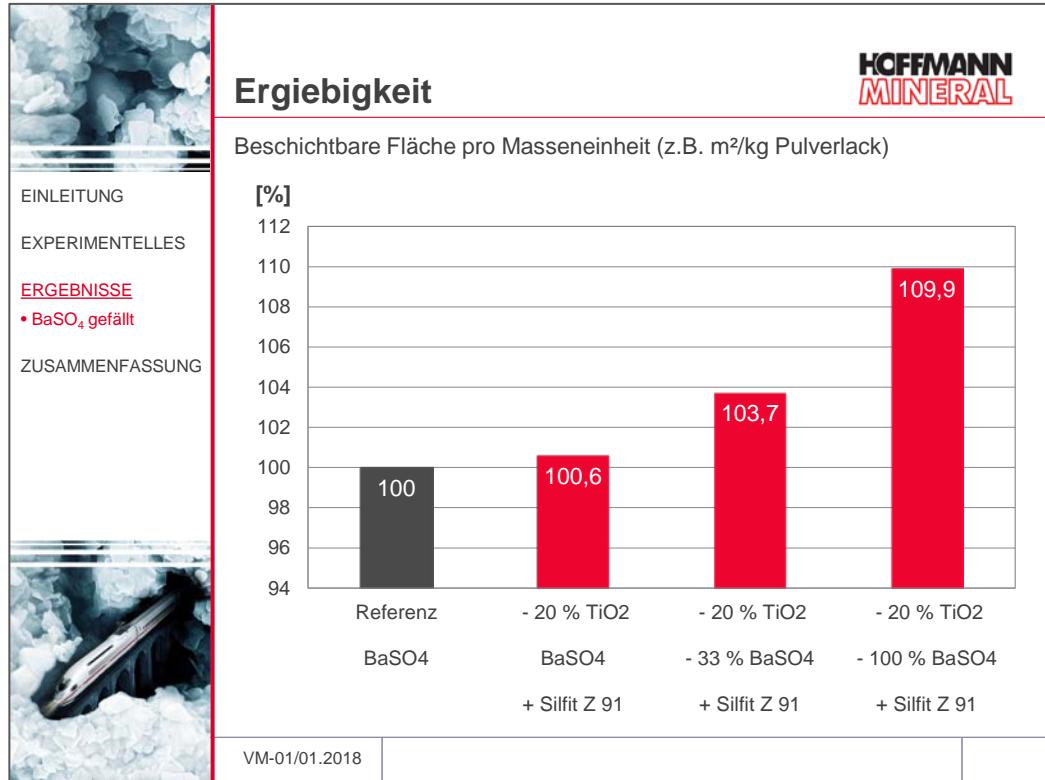


Abb. 32

4.9 Kostenindex

In Abb. 33 sind die gewichtsbezogenen Kosten auf der Preisbasis Deutschland im Jahr 2011 dargestellt. Die für die Preisberechnung zugrunde gelegten Kosten für das Titandioxid betragen 2,65 €/kg. Durch den Austausch von 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 konnten ca. 4 %, durch den zusätzlichen - 33 % Austausch des gefällten Bariumsulfates knapp 3 % der Kosten eingespart werden. Ersetzte man den vollen Anteil an gefälltem Bariumsulfat durch Silfit Z 91, so ergab sich eine Kostenmehrung von 0,5 %, die jedoch durch die deutlich höhere Ergiebigkeit von knapp 10 % mehr als kompensiert wird.

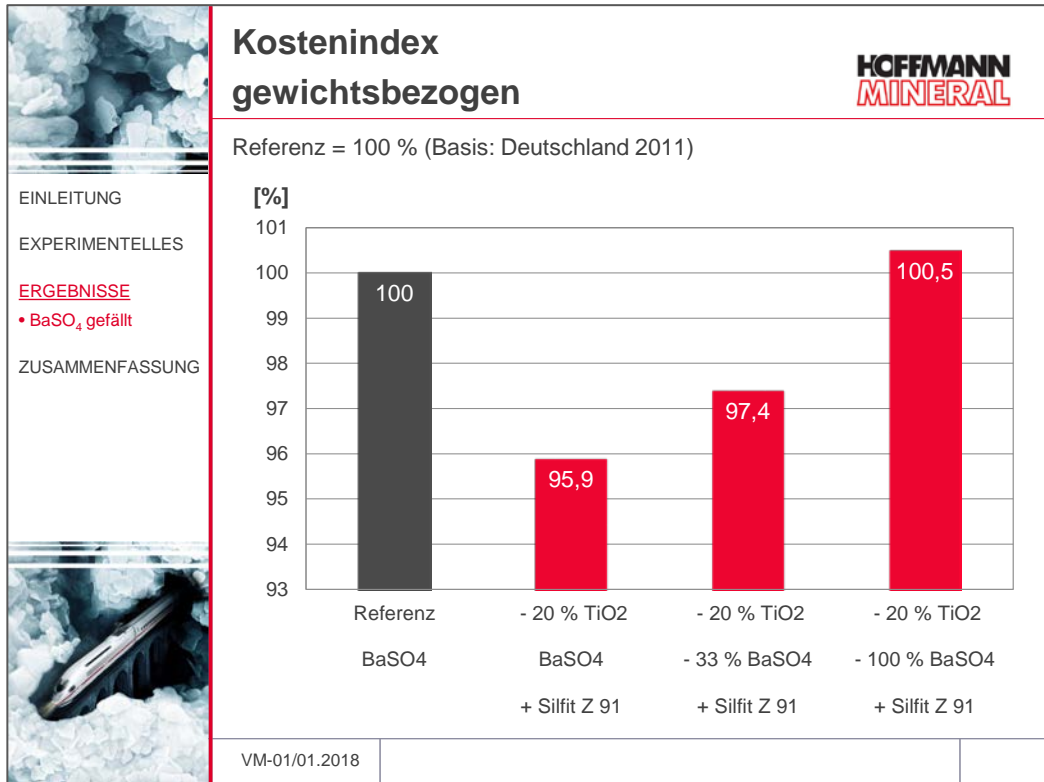


Abb. 33

Wurde der Kostenindex volumenbezogen berechnet, so ergab sich bei allen Rezepturen mit Silfit Z 91 eine deutliche Kostenersparnis von 5 - 8 % (Abb. 34).

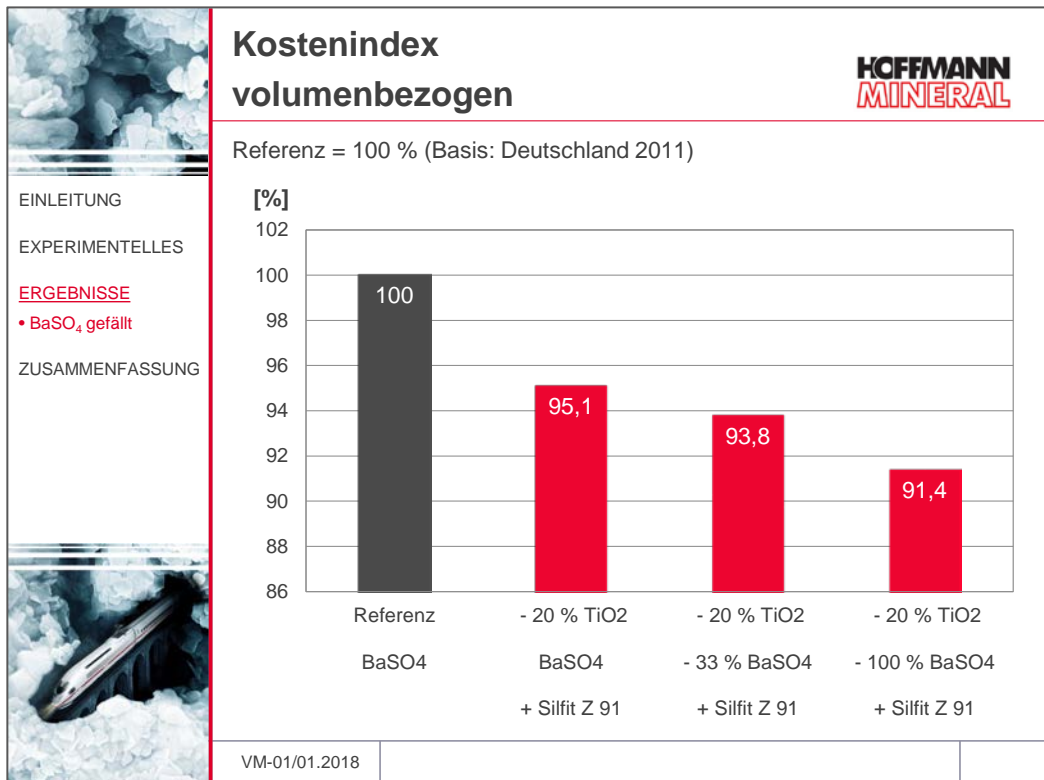


Abb. 34

4.10 Zusammenfassung der Ergebnisse mit gefällttem Bariumsulfat

Ein gewichtsgleicher Austausch von 20 % Titandioxid durch Silfit Z 91 zeigte folgende Effekte:

- ✓ leicht erhöhter Glanzschleier, vergleichbare optische Eigenschaften sowie Flexibilität
- ✓ leicht verbesserte Ritz- / Kratzfestigkeit
- ✓ Kostensenkungspotential

Eine zusätzliche teilweise volumengleiche Substitution (33 %) des gefällten Bariumsulfates durch Silfit Z 91 erzielte weiterhin:

- ✓ bessere Ritz- / Kratzfestigkeit
- ✓ höhere Ergiebigkeit durch geringere Lackdichte
- ✓ Kostensenkungspotential

5 Gesamtzusammenfassung und Ausblick

Unabhängig davon, ob Schwerspat oder gefällttes Bariumsulfat eingesetzt wurde, war es möglich, 20 % Titandioxid gewichtsgleich durch Silfit Z 91 ohne Einbußen an Deckvermögen zu ersetzen. Die Ritz- / Kratzfestigkeit wurde dadurch erhöht und die Kosten gesenkt.

Eine zusätzliche volumengleiche Substitution des Schwerspates durch Silfit Z 91 verbesserte die optischen Eigenschaften und die Kratzfestigkeit, erhöhte die Ergiebigkeit und wies Kostensenkungspotential auf.

Eine zusätzliche volumengleiche 33 % Teilsubstitution des gefällten Bariumsulfates durch Silfit Z 91 optimierte weiterhin die Ritz- / Kratzfestigkeit, erhöhte die Ergiebigkeit und wies Kostensenkungspotential auf.

Unsere anwendungstechnische Beratung und die Informationen in diesem Bericht beruhen auf Erfahrung und erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, gelten jedoch nur als unverbindlicher Hinweis ohne jede Garantie. Außerhalb unseres Einflusses liegende Arbeits- und Einsatzbedingungen schließen einen Anspruch aus der Anwendung unserer Daten und Empfehlungen aus. Außerdem können wir keinerlei Verantwortung für Patentverletzungen übernehmen, die möglicherweise aus der Anwendung unserer Angaben resultieren