

Helle Füllstoffe

in Kabelisolierungen auf Basis EPDM, peroxidvernetzt

Verfasser: Karin Müller

Inhalt

	Zusammenfassung
1	Einleitung
2	Experimentelles
2.1	Mischungsaufbau
2.2	Mischungsherstellung und Vulkanisation
2.3	Garvey-Extrusion
2.4	Spezifischer elektrischer Durchgangswiderstand
3	Ergebnisse
3.1	Mooney Viskosität und Mooney Scorch
3.2	Vulkanisationsverhalten
3.3	Extrusionseigenschaften
3.4	Mechanische Eigenschaften
3.5	Elektrische Eigenschaften
3.6	Eigenschaften nach Heißluftalterung
3.7	Mischungsrohstoffkostenindex
4	Zusammenfassung
4.1	Wertetabellen

ZUSAMMENFASSUNG

Bei den nicht oberflächenbehandelten Füllstoffen erwies sich der amerikanische Hartkaolin sowohl allein und im Gemisch mit Kreide als der schwächste Füllstoff. Der englische kalzierte Kaolin und das Sillitin Z 86 verhalten sich als alleinige Füllstoffe in etwa gleich. Im Gemisch mit Kreide zeigt sich das Sillitin Z 86 als besser geeignet. Bezieht man die Kosten mit ein, ist **Sillitin Z 86 der am besten geeignete unbehandelte Füllstoff**.

Betrachtet man das gesamte Eigenschaftsbild der beiden oberflächenbehandelten Füllstoffe, ist Aktisil VM 56 als gleichwertig zum oberflächenbehandelten kalzierten Kaolin anzusehen. Bezieht man die Kosten mit ein, ist **Aktisil VM 56 als der beste Füllstoff in diesem Vergleich anzusehen**.

Tabellarische Darstellung der Stärken und Schwächen

	nicht oberflächenbehandelt						oberflächenbehandelt			
	amerikanischer Hartkaolin		englischer kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberflächenbeh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56	
	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide
Einmischbarkeit	-	0	++	++	++	++	++	++	++	++
Verarbeitung (Extrusion)	0	--	++	+	++	++	++	++	++	++
Vulkanisation	+	0	-	-	+	+	+	+	+	+
mechanische Eigenschaften	0	-	+	+	++	++	+	+	++	++
Änderung nach Alterung	--	0	++	++	0	++	++	+	+	+
elektrische Eigenschaften	0	+	++	++	+	+	++	++	++	++
nach Wasserlagerung	0	+	--	+	-	+	++	++	+	+
Kosten	+	+	0	0	++	++	0	0	++	++
Gesamteindruck	-	0	+	+	+	++	+	+	++	++

++ = sehr gut; + = gut; 0 = befriedigend; - = schlecht; -- = sehr schlecht

VM-01/0699/04.2010

Tabelle 1

1 Einleitung

An Kabelisoliermischungen werden vielfältige Anforderungen gestellt, wie zum Beispiel in der DIN VDE 0207 Teil 20 E14 aufgeführt.

Anforderungsprofil sind gute mechanische Eigenschaften, beste Extrusionseigenschaften sowie ein hoher Durchgangswiderstand, auch nach Wasserlagerung.

Anforderungsprofil - Teilentnahme aus Norm:

	Zugfestigkeit	Reißdehnung	Spez. Durchgangswiderstand ¹⁾
Vor Alterung	> 5,0 MPa	> 200 %	> 10 ¹² W x cm
Nach Heißluftalterung 168 h / 100 °C	> 4,2 MPa < +/- 25 % Änderung	> 200 % < +/- 25 % Änderung	

¹⁾ gilt nur für nationale Bauarten

Es wurden auch Eigenschaften untersucht, die nicht Gegenstand von Kabelnormen sind, jedoch dem Materialentwickler Hinweise auf die Verarbeitbarkeit und Qualität des Endproduktes geben können.

Es wurden potentiell verwendbare Füllstoffe für diesen Anwendungsbereich, wie in Tabelle 3 aufgeführt, geprüft.

Auch die in der Praxis verwendete Kombination mit Kreide sollte in entsprechenden Varianten berücksichtigt werden (siehe Tabelle 2).

2 Experimentelles

2.1 Mischungsaufbau

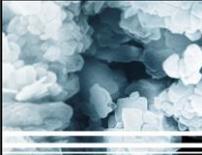
	Basisrezeptur	
	EPDM – 70 Shore A	
	phr	
Buna AP 258 (Buna EP G 3963)	130,0	130,0
Stearinsäure	1,0	1,0
Zinkoxyd aktiv	5,0	5,0
Paraffin 54/56	4,0	4,0
Füllstoff	225,0	125,0
Kreide	-	100,0
Sunpar 2280	15,0	15,0
Vulkanox HS/LG	1,0	1,0
Vulkanox MB/MG	0,5	0,5
TAC GR 50 %	2,0	2,0
Perkadox 14/40 pd	8,0	8,0
Summe	391,5	391,5

VM-01/0699/04.2010

Tabelle 2

Verwendete Rohstoffe:

Buna AP 258 (Buna EP G 3963):	kristallin, mittlere Rohfestigkeit (green strength) ML (1+4) 125°C: 34 ENB-Gehalt: 10 % Ethylen-Gehalt korrigiert: 66 %-Gew. Ethylen-Gehalt unkorrigiert: 73 %-Gew. Öltyp: paraffinisch Ölgehalt: 30 phr
Zinkoxyd aktiv:	Zinkoxid
Stearinsäure:	Verarbeitungshilfsmittel
Paraffin 54/56:	Paraffinisches Wachs
Sunpar 2280:	Paraffinischer Weichmacher
Vulkanox HS/LG:	2,2,4-Trimethyl-1,2-dihydrochinolin (TMQ)
Vulkanox MB/MG:	2-Mercapto-benzimidazol (MBI)
TAC GR 50 %:	Triallylcyanurat (50 %)
Perkadox 14/40 pd:	Bis(tert-butylperoxyisopropyl)benzol (40 %)

 EINLEITUNG <u>EXPERIMENTELLES</u> ERGEBNISSE ZUSAMMEN- FASSUNG ANHANG 	Füllstoffauswahl 					
	Kennwerte					
		Korngröße		Ölzahl	Spezifische Oberfläche BET	Funktionali- sierung
	[µm]		[g/100g]	[m ² /g]		
	d ₅₀	d ₉₇				
	amerikanischer Hartkaolin	3,7	31	50	25	ohne
	englischer kalzinierter Kaolin	3,6	19	60	6,5	ohne
	Sillitin Z 86	1,9	8	55	11	ohne
	oberflächenbehandelter amerikanischer kalzinierter Kaolin	3,0	18	61	7,5	Vinylsilan
	Aktisil VM 56	2,2	10	45	7,0	Vinyl
	Kreide	2,4	13	28	4,9	ohne

VM-01/0699/04.2010

Tabelle 3

Für entsprechende EPDM Mischungen werden Füllstoffe benötigt, die die Verarbeitungs- und Endprodukteigenschaften stark beeinflussen können.

Der amerikanische Hartkaolin hat die größte BET Oberfläche und eine hohe Korngröße d₉₇. Sillitin Z 86 hat im Vergleich dazu eine deutlich niedrigere BET Oberfläche, niedrigere Werte der Korngrößenverteilung bei leicht höherer Ölzahl.

Im Gegensatz zu den unbehandelten Füllstoffen ist Aktisil VM 56 ein aktiviertes Sillitin Z 86, bei dem die Oberfläche mit einer vinyl-funktionellen Gruppe modifiziert wurde und der oberflächenbehandelte amerikanische kalzinierte Kaolin weist eine Oberflächenbehandlung mit Vinylsilan auf (Tabelle 3).

2.2 Mischungsherstellung und Vulkanisation

 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE ZUSAMMEN- FASSUNG ANHANG 	<h3>Mischungsherstellung und Vulkanisation</h3> 
	<ul style="list-style-type: none">• Mischen Laborwalzwerk Ø 150 x 300 mm Batchgröße: ca. 500 cm³ Walzentemperatur: 60 °C Mischzeit: ca. 25 min.• Vulkanisation Presse, 180 °C, $t_{90} + 10 \%$ <p>VM-01/0699/04.2010</p>

Abb. 1

Alle Mischungen wurden auf einem Laborwalzwerk (Ø 150 x 300 mm) bei 20 U/min und einer Batchgröße von ca. 500 cm³ hergestellt. Die Mischzeiten wurden an das Einarbeitungsverhalten der Füllstoffe angepasst und registriert.

Die Vulkanisationszeit betrug jeweils $t_{90} + 10 \%$ bei 180 °C in einer elektrisch beheizten Presse (Abb. 1).

2.3 Extrusion

 EINLEITUNG <u>EXPERIMENTELLES</u> ERGEBNISSE ZUSAMMEN- FASSUNG ANHANG	<h3>Extrusion</h3> <p>In Anlehnung an ASTM D 2230</p> <ul style="list-style-type: none">• Schwabenthan - Extruder Polytest 30R D = 30 mm, L/D-Verhältnis = 15• Temperaturprofil: 70 / 70 / 110 °C• Varianten:<ul style="list-style-type: none">• Konstant 50 U/min Schneckendrehzahl• Konstant 1 m/min Abzugsgeschwindigkeit• Beurteilung nach Garvey:<ul style="list-style-type: none">1. Ziffer: Spritzquellung3. Ziffer: Oberflächengüte• Bewertung 1 = schlecht bis 4 = sehr gut 		
	VM-01/0699/04.2010		

Abb. 2

Die Garvey-Extrusion wurde in Anlehnung an ASTM D 2230 durchgeführt.

Als Maß für das Extrusionsverhalten der Compounds verwendete man jeweils nur die für die Kabelextrusion relevante erste und dritte Ziffer nach Methode A. Diese geben die Spritzquellung (erste Ziffer) und Oberflächengüte (dritte Ziffer) der Profile wieder.

Die Variante mit 50 U/min. Schneckendrehzahl diente zur Ermittlung der ausgestoßenen Menge und der sich dabei einstellenden Profilqualität.

Wogegen bei der Variante konstante Abzugsgeschwindigkeit nur die Profilqualität beurteilt wird (Abb. 2).

2.4 Spezifischer elektrischer Durchgangswiderstand

 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE ZUSAMMEN- FASSUNG ANHANG	<h3>Spez. Durchgangswiderstand</h3> <p>DIN IEC 93</p> <p>Versuchsbeschreibung:</p> <ul style="list-style-type: none">• Plattengröße: 10 x 10 cm• Plattendicke: ca. 2 mm• Elektrische Relaxation: 2 h bei 70 °C• Elektrodenanordnung: kreisförmige Plattenelektrode mit Schutzring• Messverfahren: Spannungs- / Strommethode• Messspannung: > 10¹² Ωcm: 500 V; < 10¹² Ωcm: 100 V• Ableszeitpunkt : 1 min. nach Anlegen der Spannung• Prüftemperatur : 23 °C• Wasserlagerung: 7 / 14 / 28 Tage bei 70 °C in deionisiertem Wasser• Auswertung: $\rho = R_x \cdot A / h$ mit ρ spezifischer Durchgangswiderstand in Ωcm R_x Durchgangswiderstand in Ω A effektive Fläche der geschützten Elektrode (24 cm²) h Dicke der Probeplatte, Median in cm	
	 VM-01/0699/04.2010	

Abb. 3

Alle wichtigen Versuchsparameter sind der Abbildung 3 zu entnehmen.

Die Wasserlagerung ist zwar kein Anforderungsprofil aus der Kabelnorm, dient jedoch zur besseren Differenzierung der Füllstoffe (Abb. 3).

3 Ergebnisse

3.1 Mooney Viskosität und Mooney Scorch

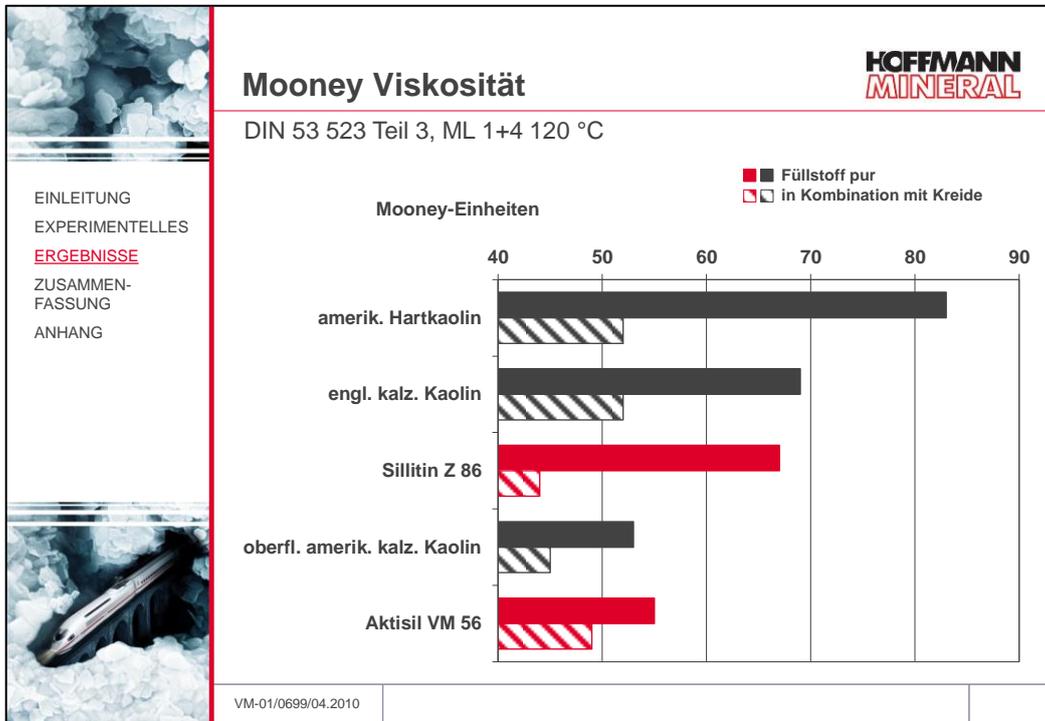


Abb. 4

Sillitin Z 86 erzielt eine niedrigere Mooney Viskosität als die restlichen nicht oberflächenbehandelten Füllstoffe.

Mit den oberflächenbehandelten Füllstoffen resultiert eine niedrigere Viskosität als bei den unbehandelten, wobei sich Aktisil VM 56 kaum vom oberfl. amerik. kalz. Kaolin unterscheidet.

In Kombination mit Kreide wird die Mooney Viskosität deutlich abgesenkt, wobei sich die Unterschiede zwischen den Füllstoffen verringern (Abb. 4).

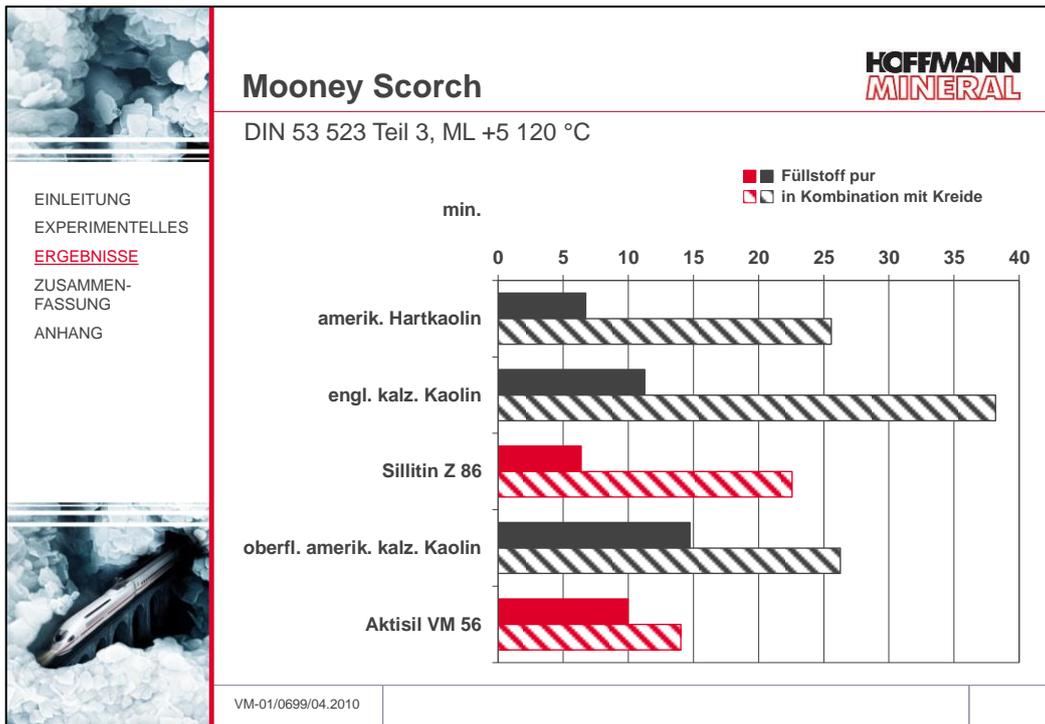


Abb. 5

Die Mooney Scorchzeit als Maß für die Anvulkanisationszeit während der Verarbeitung reagiert nur mäßig auf Füllstofftypen. Sillitin Z 86 liegt mit dem Hartkaolin gleichauf, wogegen der kalzinierte Kaolin etwas höhere Werte erreicht. Die oberflächenbehandelten Füllstoffe erreichen tendenziell leicht längere Scorchzeiten. In Kombination mit Kreide wird die Scorchzeit jedoch allgemein deutlich verlängert, besonders ausgeprägt mit Füllstoffen ohne Oberflächenbehandlung (Abb. 5).

3.2 Vulkanisationsverhalten

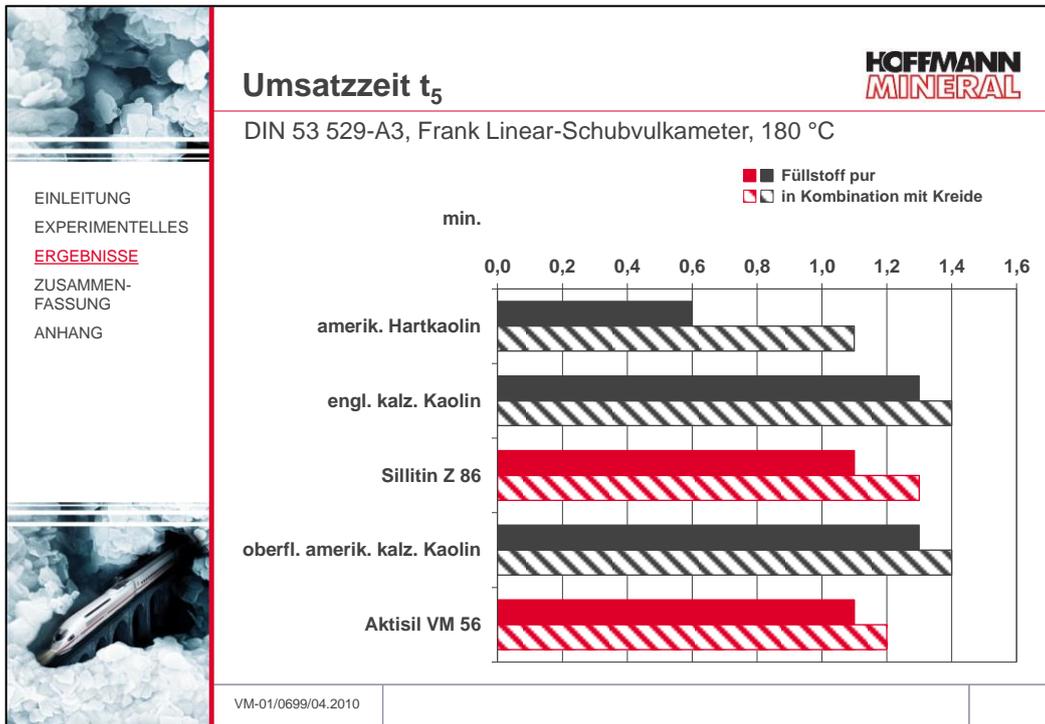


Abb. 6

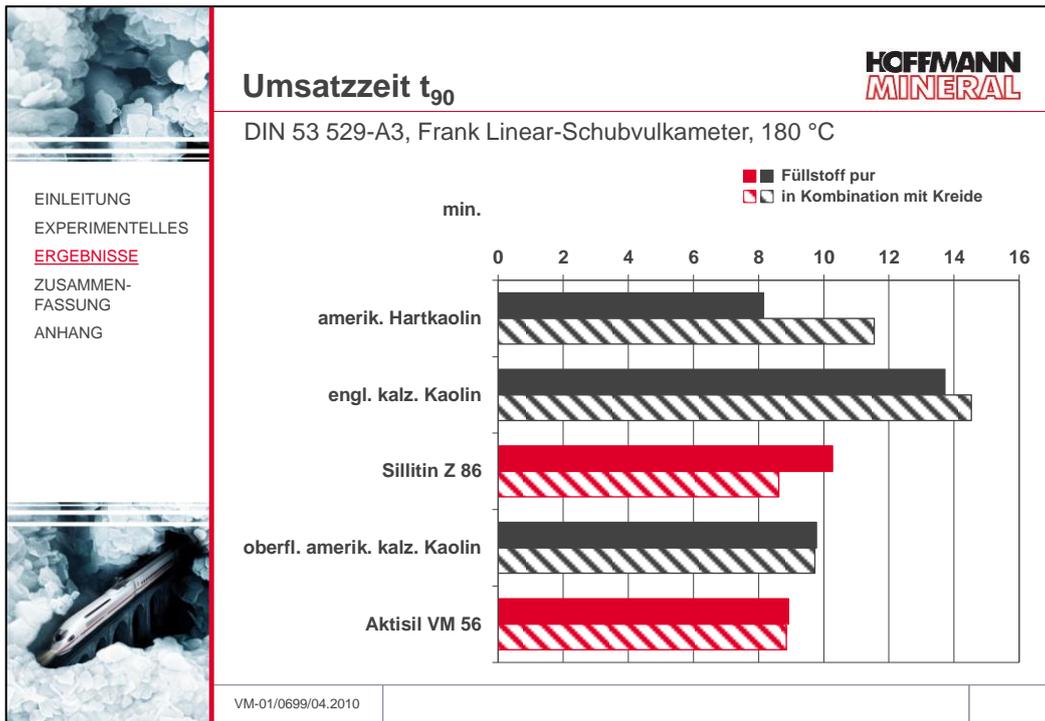


Abb. 7

Sillitin Z 86 und Aktisil VM 56 erzielen die jeweils kürzeste Umsatzzeit t_{90} , die als Maß für die benötigte Vulkanisationszeit dient, gekoppelt mit einer langen Umsatzzeit t_5 . Der oberflächenbehandelte kalzinierte Kaolin erzielt zwar eine gleich lange Umsatzzeit t_5 , benötigt aber eine längere Vulkanisationszeit.

Der amerik. Hartkaolin hat zwar pur ebenfalls eine kurze Umsatzzeit t_{90} , jedoch nur eine kurze Umsatzzeit t_5 . In Kombination mit Kreide wird die Vulkanisationszeit allerdings deutlich länger. Der kalzinierte Kaolin ohne Oberflächenbehandlung benötigt eine sehr lange Vulkanisationszeit (Abb. 6 und 7).

3.3 Extrusionseigenschaften

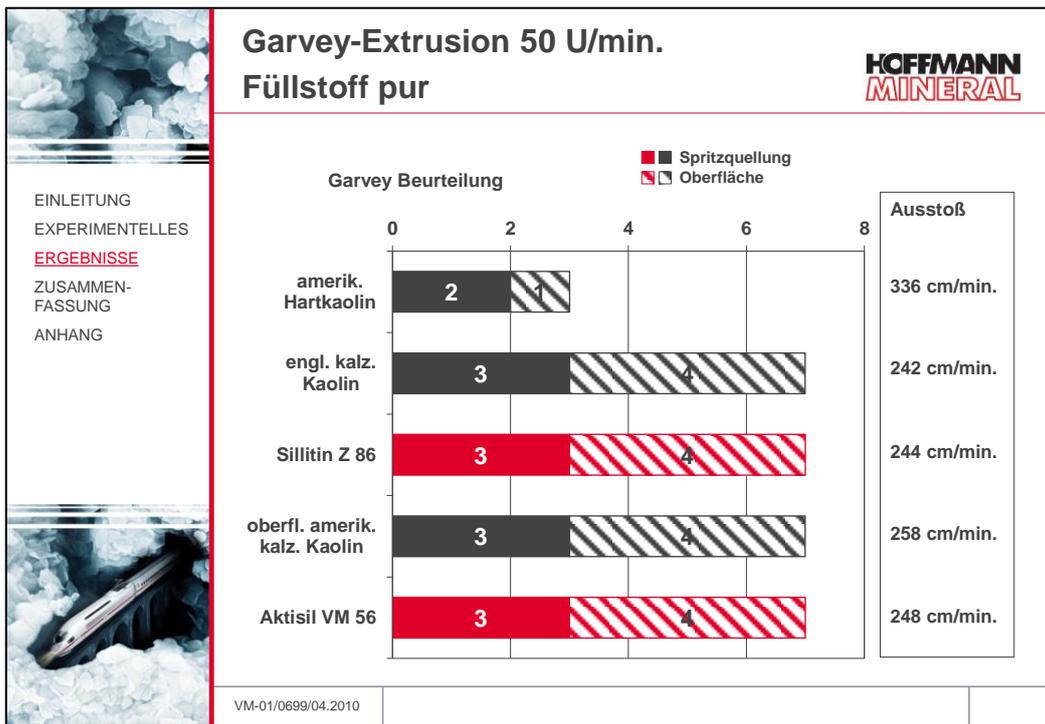


Abb. 8

Sillitin Z 86 und Aktisil VM 56 erzielen neben den kalzinierten Kaolinen eine ausgezeichnete Profilqualität und gleichzeitig hohen Ausstoß. Der amerik. Hartkaolin bewirkt zwar einen noch höheren Ausstoß, jedoch eine deutlich schlechtere Oberfläche. Auch die Spritzquellung ist erhöht (Abb. 8).

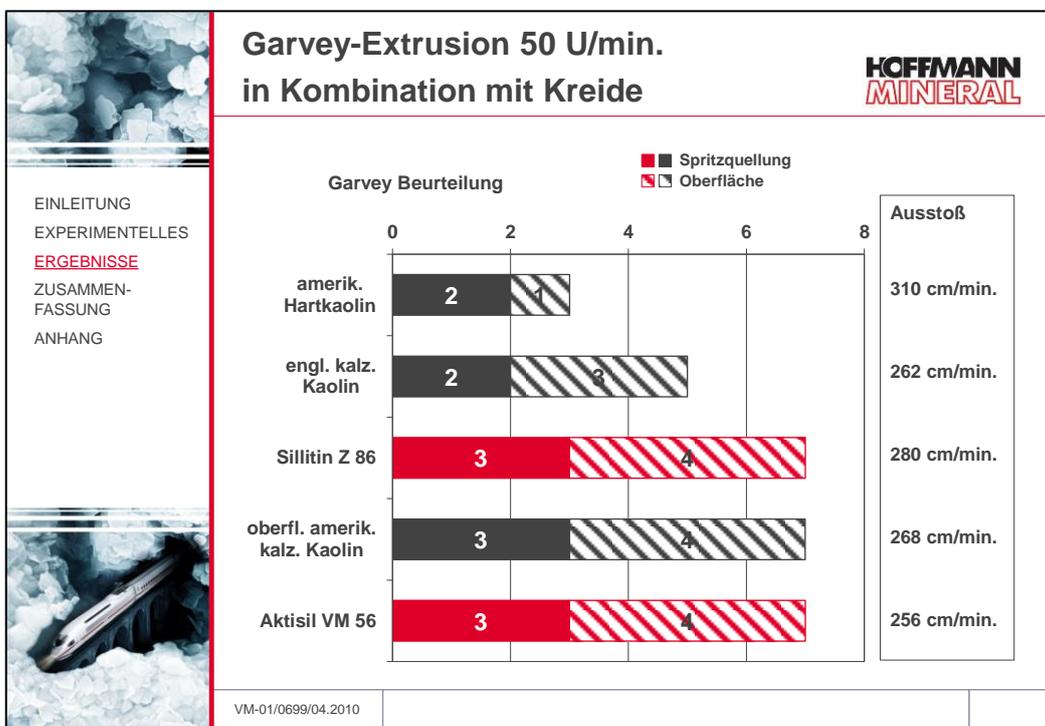


Abb. 9

In Kombination mit Kreide resultiert mit Sillitin Z 86 und Aktisil VM 56 eine hohe Abzugsgeschwindigkeit bei guter Extrusionsqualität. Nur der oberflächenbehandelte kalzinierte Kaolin erreicht dasselbe Niveau, wogegen die Variante ohne Oberflächenbehandlung bereits mehr Spritzquellung und Rauheit der Oberfläche bedingt. Mit Ausnahme des Hartkaolins nimmt der Ausstoß in Kombination mit Kreide allgemein leicht zu (Abb. 9).

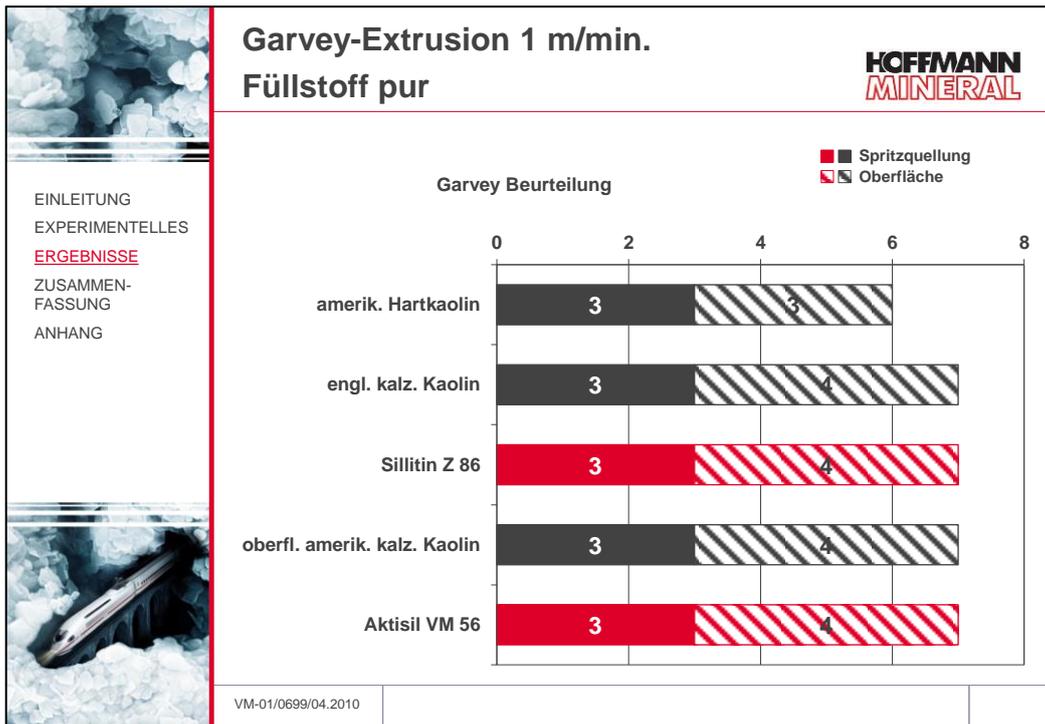


Abb. 10

Bei einer konstanten Abzugsgeschwindigkeit von 1 m/min. zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Extrusion mit 50 U/min., die kalzinierten Kaoline und die beiden Neuburger Kieselerdeprodukte erzielen gute Oberflächen mit geringer Spritzquellung. Nur der Hartkaolin fällt mit rauer Oberfläche ab (Abb. 10).

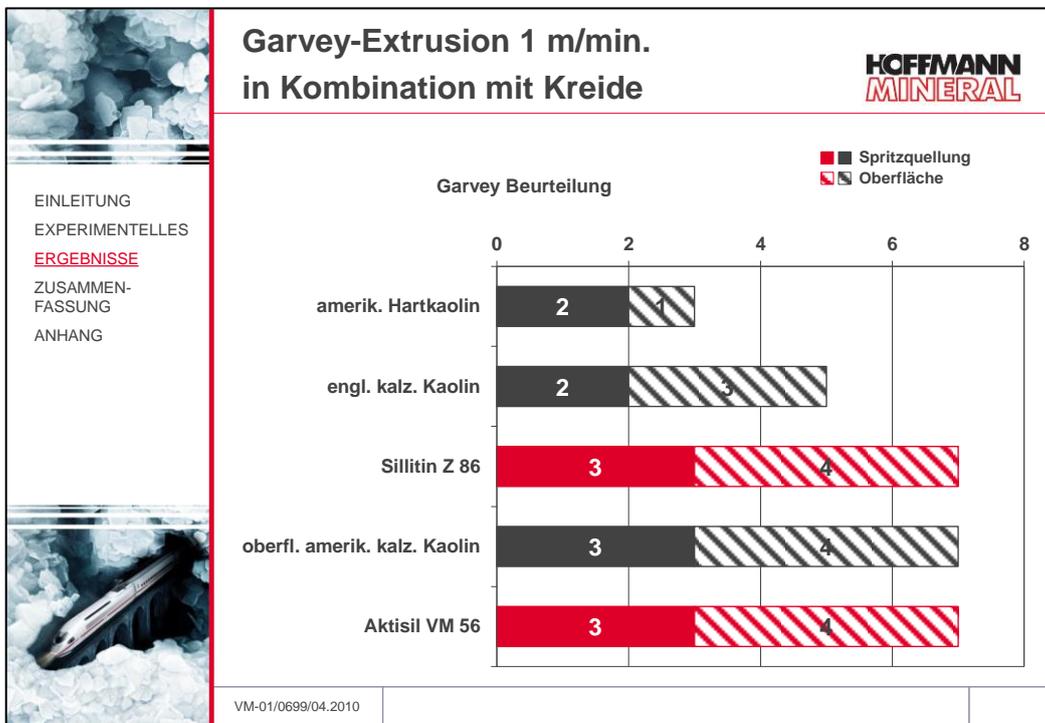


Abb. 11

In Kombination mit Kreide ergibt sich die gleiche Beurteilung wie bereits bei 50 U/min. Sillitin Z 86 und Aktisil VM 56 erreichen neben dem oberflächenbehandelten kalzinierten Kaolin die besten Ergebnisse. Der Hartkaolin bildet wieder das Schlusslicht mit dem schwächsten Ergebnis (Abb. 11).

3.4 Mechanische Eigenschaften

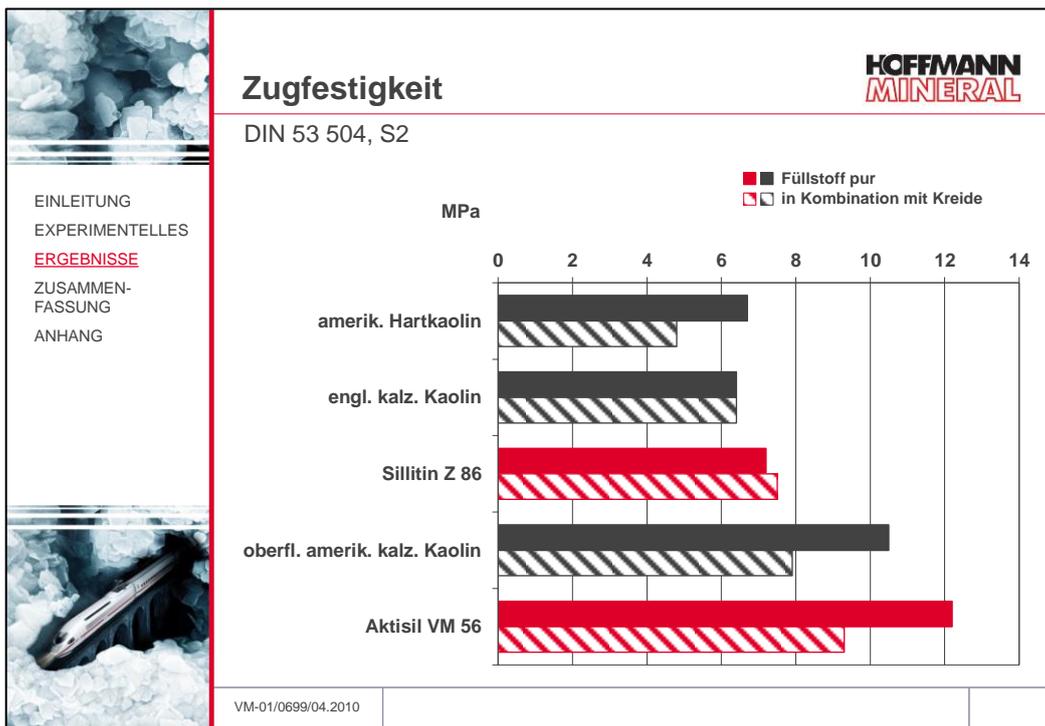


Abb. 12

Sillitin Z 86 erzielt die höchste Zugfestigkeit der Füllstoffe ohne Oberflächenbehandlung. Auch in Kombination mit Kreide bleibt dieses Niveau erhalten, wogegen dies beim Hartkaolin in einer Abnahme resultiert. Aktisil VM 56 erreicht die höchste Zugfestigkeit aller geprüften Füllstoffe, den oberflächenbehandelten Kaolin eingeschlossen. In Kombination mit Kreide nimmt die mit oberflächenbehandelten Füllstoffen resultierende Zugfestigkeit ab, jedoch bleibt die Kombination insbesondere Aktisil VM 56 noch klar über den reinen Füllstoffen ohne Oberflächenbehandlung (Abb. 12).

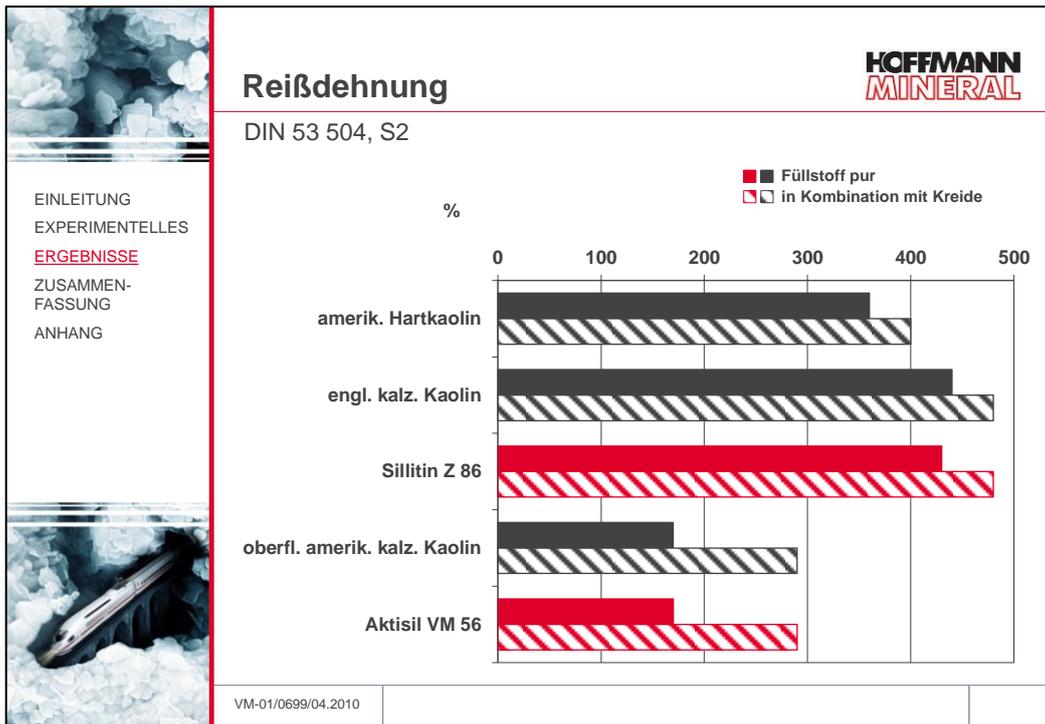


Abb. 13

Innerhalb der Füllstoffe ohne Oberflächenbehandlung zeigt sich Sillitin Z 86 dem kalzierten Kaolin vergleichbar, wogegen der Hartkaolin abfällt. Die Kombination mit Kreide wirkt sich bei allen Füllstoffen ohne Oberflächenbehandlung gleich erhöhend aus. Bei den reinen oberflächenbehandelten Füllstoffen lassen sich nur relativ geringe Reißdehnungen erreichen, die jedoch in Kombination mit Kreide deutlich angehoben werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in einer Reduzierung der Peroxidmenge, was sich unter Kostenaspekten zusätzlich positiv auswirkt (Abb. 13).

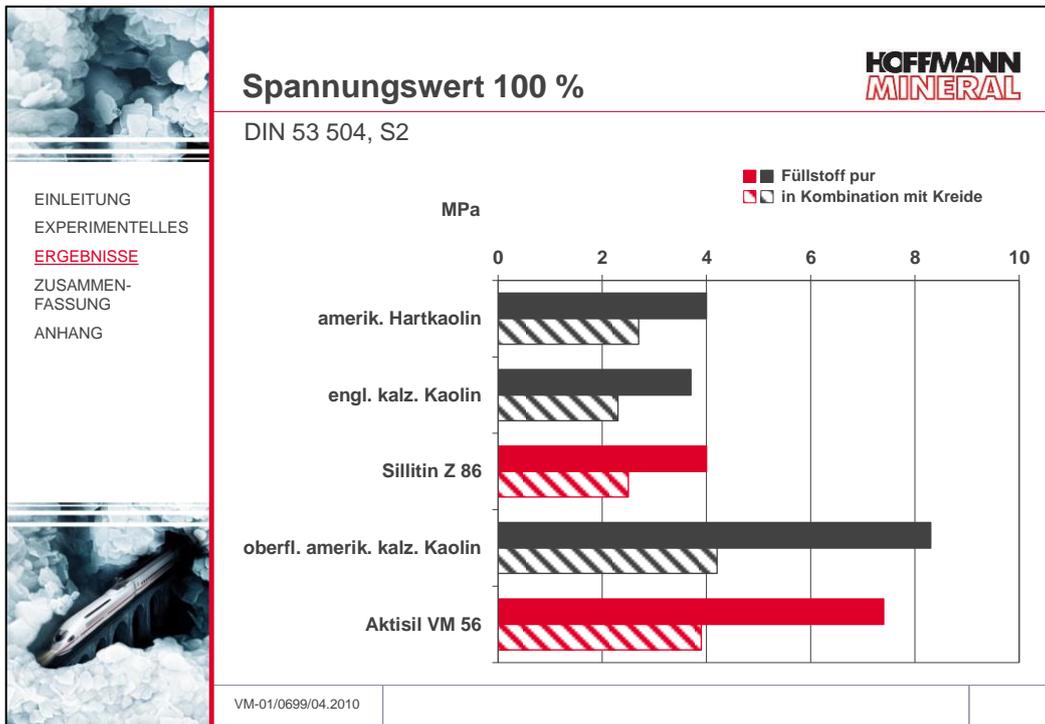


Abb. 14

Es zeigen sich praktisch nur Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ohne bzw. mit Oberflächenbehandlung mit einer Erhöhung auf rund das Doppelte.

In Kombination mit Kreide wird der Spannungswert allgemein abgesenkt, wobei mit den oberflächenbehandelten Füllstoffen vergleichbare Werte wie mit den unbehandelten pur resultieren.

Spannungswerte sollten zusammen mit dem Druckverformungsrest eine Korrelation mit der Wärmedehnung als auch die Wärmedruckbeständigkeit aufweisen. Je höher der Spannungswert bei gleichzeitig niedrigem Druckverformungsrest, desto bessere Werte. Die oberflächenbehandelten Füllstoffe und somit auch Aktisil VM 56 erfüllen dieses Eigenschaftsprofil in hervorragender Weise (Abb. 14).

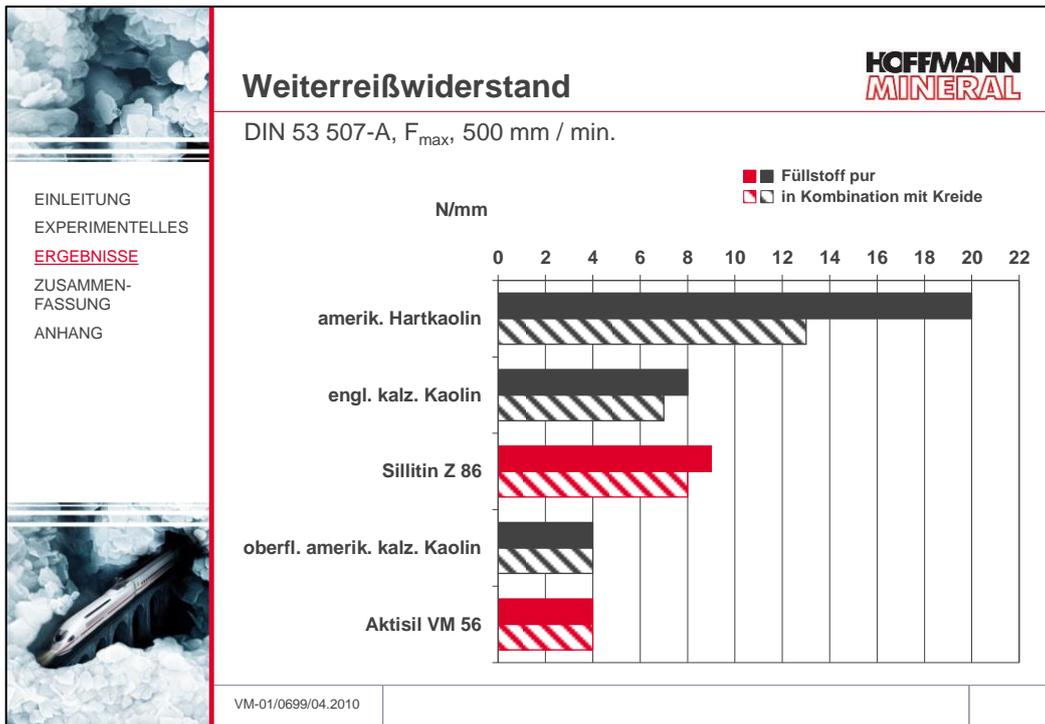


Abb. 15

Innerhalb der Füllstoffe ohne Oberflächenbehandlung erreicht Sillitin Z 86 gegenüber dem kalzinierten Kaolin einen geringfügig besseren Weiterreißwiderstand, wogegen Hartkaolin mit Abstand den höchsten Wert aller hier geprüften Füllstoffe erzielt. Eine Kombination mit Kreide führt zu einer Reduzierung der Werte.

Die oberflächenbehandelten Füllstoffe erreichen nur niedrige Weiterreißwiderstandswerte, die durch Kombination mit Kreide nicht beeinflusst werden (Abb. 15).

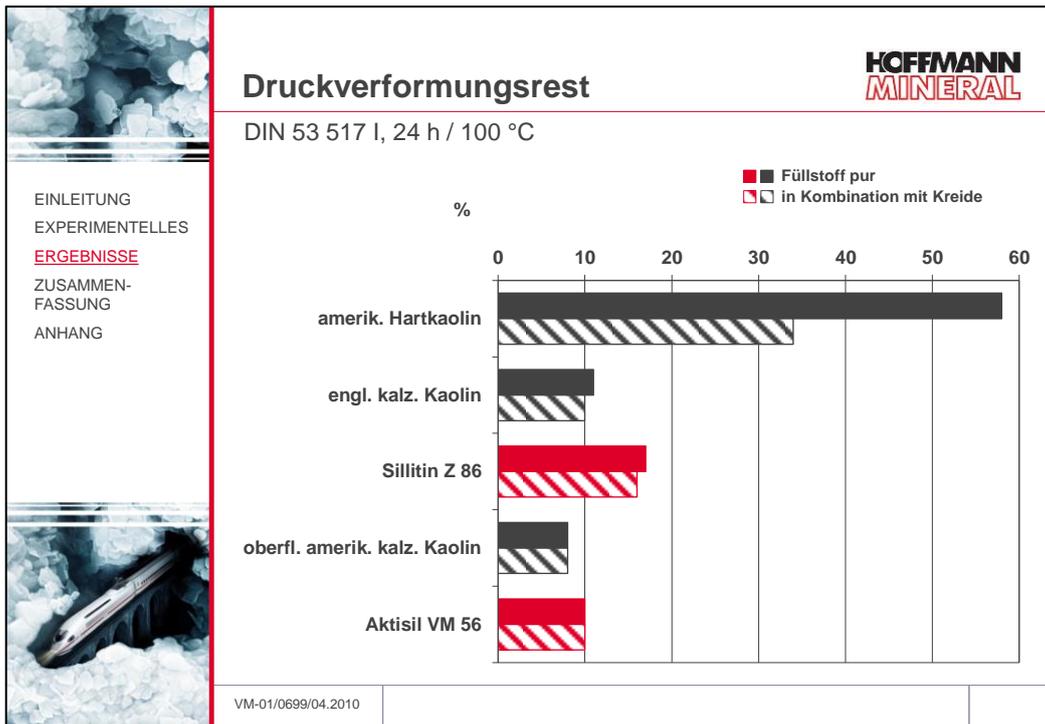


Abb. 16

Der Hartkaolin erreicht mit Abstand den schlechtesten Druckverformungsrest aller geprüften Füllstoffe, der jedoch durch die Kombination mit Kreide sehr zum Positiven beeinflusst wird.

Ansonsten zeigen sich innerhalb der Gruppe ohne und auch mit Oberflächenbehandlung kaum signifikante Unterschiede.

In Kombination mit Kreide wird der Druckverformungsrest kaum oder gar nicht beeinflusst, wobei mit den oberflächenbehandelten Füllstoffen vergleichbare Werte wie mit den unbehandelten pur resultieren.

Als Folge von niedrigem Druckverformungsrest mit hohen Spannungswerten sollte die Wärmedehnung als auch die Wärmedruckbeständigkeit mit den oberflächenbehandelten Füllstoffen am besten sein (Abb. 16).

3.5 Elektrische Eigenschaften

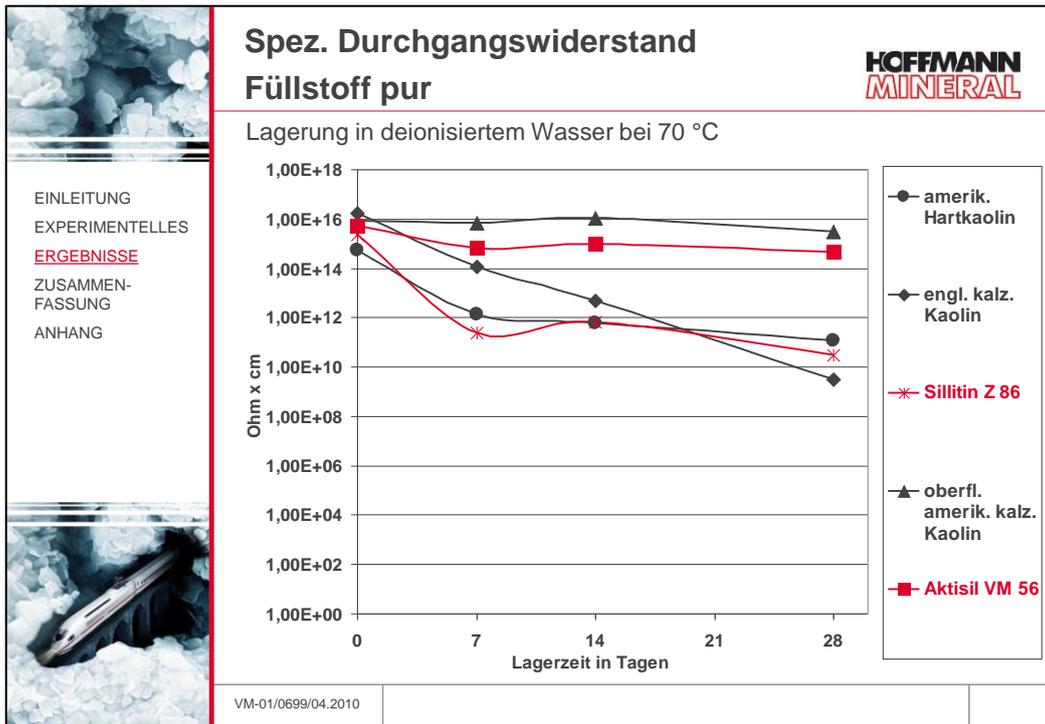


Abb. 17

In der Norm DIN VDE 0207 Teil 20 werden keine Anforderungen an den Widerstand nach der Wasserlagerung gestellt, jedoch erlaubt die Prüfung eine Abschätzung der Notlaufeigenschaften der Kabelisolierung. Um einen ausreichend hohen Widerstand auch nach der Wasserlagerung zu gewährleisten, bietet sich die Verwendung eines oberflächenbehandelten Füllstoffs wie Aktisil VM 56 an, da nur eine minimale Anfangsänderung mit anschließendem stabilen hohem Niveau des Widerstands erreicht wird. Der Durchgangswiderstand der unbehandelten Füllstoffe fällt bei der Wasserlagerung sehr stark ab, ohne einen konstanten Wert anzustreben (Abb. 17).

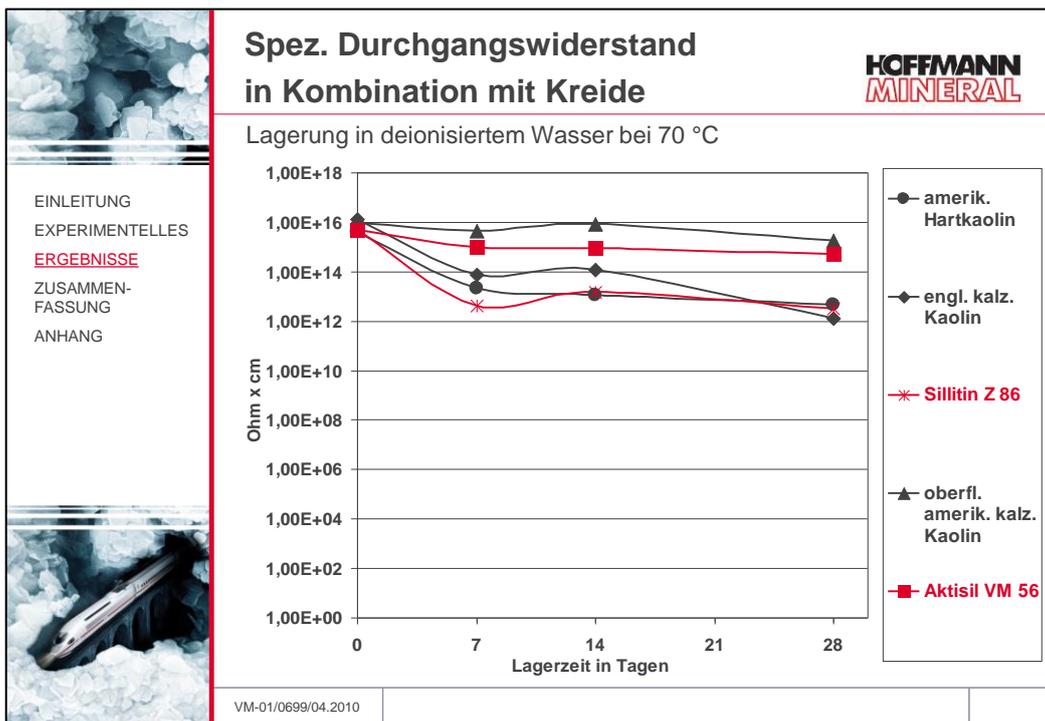


Abb. 18

Durch Kombination mit Kreide werden die Resultate der Füllstoffe ohne Oberflächenbehandlung verbessert, ohne jedoch an das hervorragend hohe Niveau der oberflächenbehandelten Varianten aufschließen zu können (Abb. 18).

3.6 Eigenschaften nach Heißluftalterung 168 h / 100 °C

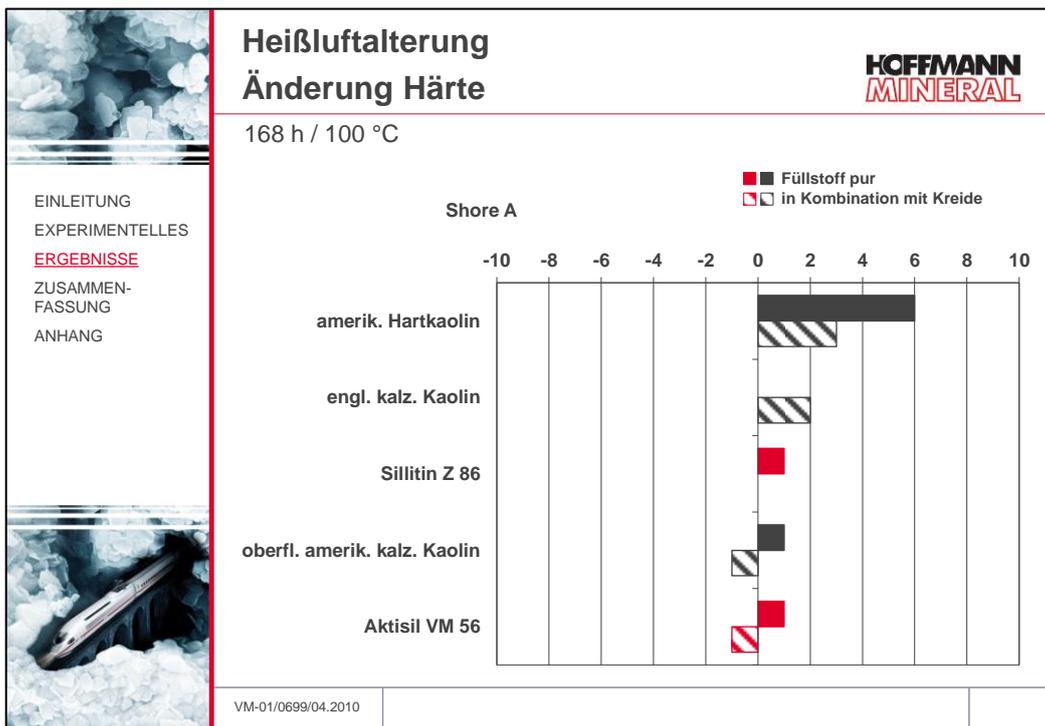


Abb. 19

Innerhalb der Gruppe ohne und auch mit Oberflächenbehandlung zeigen sich mit Ausnahme des Hartkaolin kaum signifikante Unterschiede. Die Kombination mit Kreide hat keinen nennenswerten Einfluss (Abb. 19).

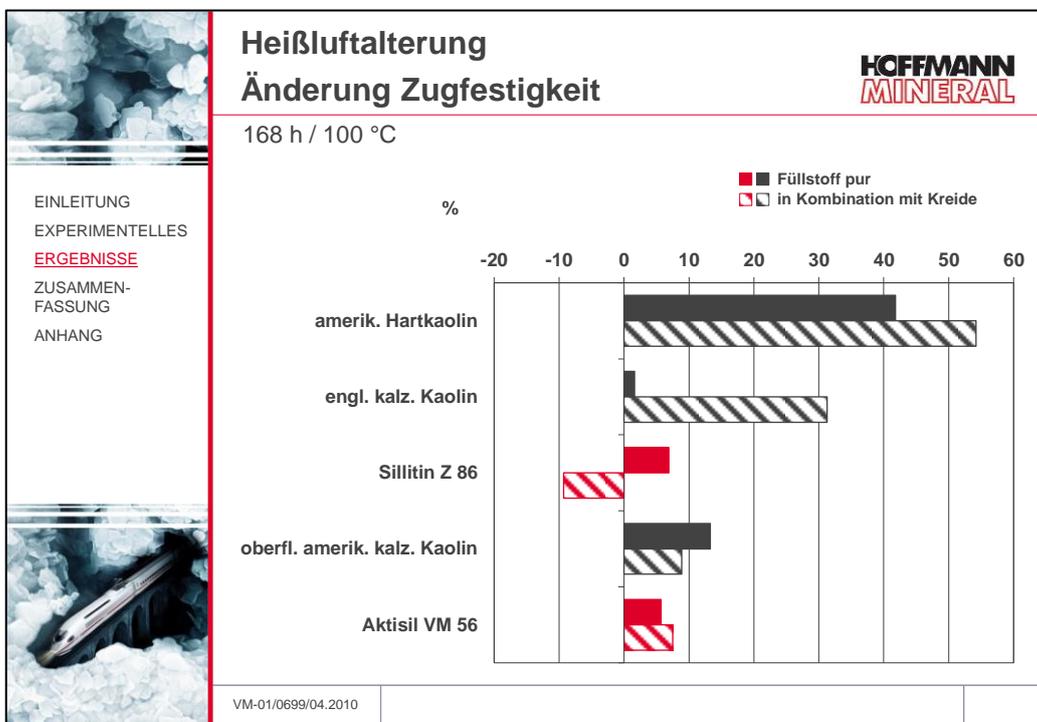


Abb. 20

Wie bereits bei der Härte zeigen sich innerhalb der Gruppe ohne und auch mit Oberflächenbehandlung mit Ausnahme des Hartkaolins und des kalzinierten Kaolins in Kombination mit Kreide kaum signifikante Unterschiede. Die Kombination mit Kreide hat keinen nennenswerten Einfluss (Abb. 20).

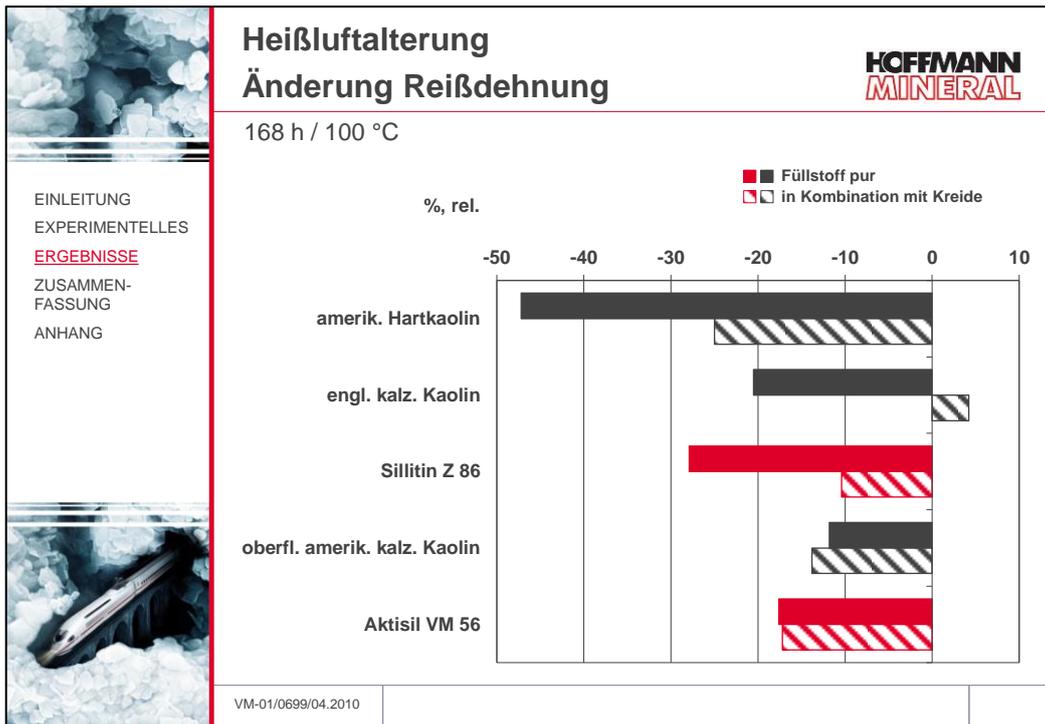


Abb. 21

Hartkaolin bedingt die größte Reißdehnungsänderung aller geprüften Füllstoffe, gefolgt von Sillitin Z 86. Eine Kombination mit Kreide führt zu geringeren Änderungen. Mit den oberflächenbehandelten Füllstoffen pur und in Kombination mit Kreide resultiert ein ähnliches Niveau der Reißdehnungsänderung (Abb. 21).

3.7 Mischungsrohstoffkostenindex

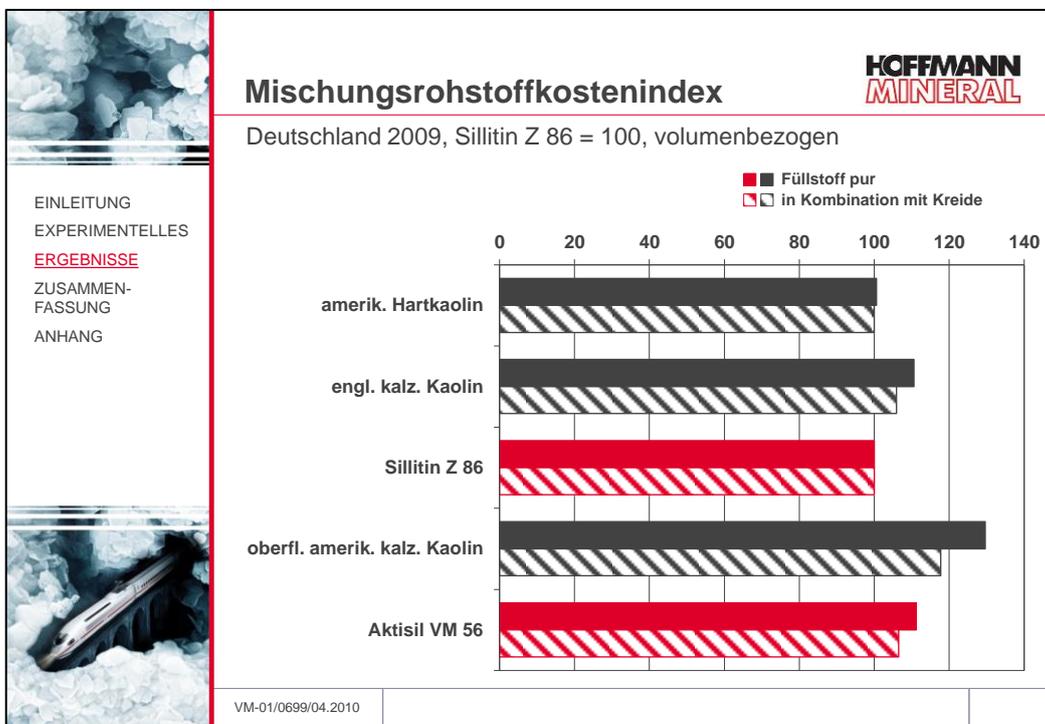


Abb. 22

Die Kosten der Mischung mit Sillitin Z 86 entsprechen jeweils 100 Indexpunkte. Vergleichbar hierzu liegt der Compound mit Hartkaolin, wogegen der kalzinierte Kaolin höhere Kosten verursacht. Noch ausgeprägter stellt sich der Unterschied bei den Füllstoffen mit Oberflächenbehandlung dar, wobei die oberflächenbehandelte Variante des kalzinierten Kaolins klar die höchsten Kosten der Mischung nach sich zieht. Aktisil VM 56 dagegen liegt deutlich niedriger und kann in Kombination mit Kreide sogar die Kosten des kalzinierten Kaolins ohne Oberflächenbehandlung unterbieten (Abb. 22).

4 Zusammenfassung

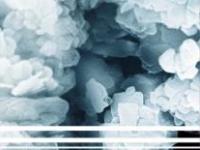
 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE <u>ZUSAMMEN- FASSUNG</u> ANHANG	<h3>Zusammenfassung</h3> <p style="text-align: right;">HOFFMANN MINERAL</p> <p>Nicht oberflächenbehandelte Füllstoffe</p> <ul style="list-style-type: none">Amerikanischer Hartkaolin verhält sich sowohl pur als auch in Kombination mit Kreide sehr unbefriedigend beim Einmischen und Verarbeiten, hat einen schlechten Druckverformungsrest, hohen Weiterreißwiderstand, niedrigen Durchgangswiderstand, schlechte Extrusionseigenschaften und hohe Änderungen nach der Alterung.Englischer kalzinierter Kaolin lässt sich gut einmischen und verarbeiten, hat einen sehr guten Druckverformungsrest, gute Extrusionseigenschaften, allerdings einen sehr starken Abfall des Durchgangswiderstandes nach Wasserlagerung.Sillitin Z 86 lässt sich ebenfalls gut einmischen, verarbeiten und gleicht insgesamt weitgehend dem kalzinierten Kaolin. In punkto Extrusion stellt sich Sillitin Z 86 jedoch deutlich positiver dar, insbesondere bei Kombination mit Kreide. Kostenaspekte sollten auch für Sillitin Z 86 sprechen.
	 <small>VM-01/0699/04.2010</small>

Abb. 23

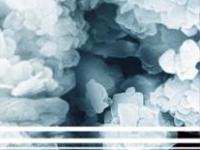
 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE <u>ZUSAMMEN- FASSUNG</u> ANHANG	<h3>Zusammenfassung</h3> <p style="text-align: right;">HOFFMANN MINERAL</p> <p>Oberflächenbehandelte Füllstoffe</p> <ul style="list-style-type: none">Oberflächenbehandelter amerikanischer kalzinierter Kaolin erzielt ein sehr gutes Eigenschaftsbild hinsichtlich der Einmischbarkeit, der Verarbeitung, den mechanischen und elektrischen Werten sowie der Extrusion. Jedoch liegen die Kosten hierfür auf einem sehr hohen Niveau.Aktisil VM 56 erreicht ebenso ein sehr gutes Eigenschaftsbild hinsichtlich der Einmischbarkeit, der Verarbeitung, den mechanischen und elektrischen Werten sowie der Extrusion auf. Das Preis- / Leistungsverhältnis spricht eindeutig für Aktisil VM 56.
	 <small>VM-01/0699/04.2010</small>

Abb. 24

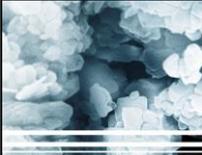
 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE <u>ZUSAMMEN- FASSUNG</u> ANHANG	HOFFMANN MINERAL	
	<h2>Zusammenfassung</h2>	
	Gesamt	
	<ul style="list-style-type: none"> Bei den nicht oberflächenbehandelten Füllstoffen erwies sich der amerikanische Hartkaolin sowohl allein und im Gemisch mit Kreide als der schwächste Füllstoff. Der englische kalzinierte Kaolin und das Sillitin Z 86 verhalten sich als alleinige Füllstoffe in etwa gleich. Im Gemisch mit Kreide zeigt sich das Sillitin Z 86 als besser geeignet. Bezieht man die Kosten mit ein, ist Sillitin Z 86 der am besten geeignete unbehandelte Füllstoff. Betrachtet man das gesamte Eigenschaftsbild der beiden oberflächenbehandelten Füllstoffe, ist Aktisil VM 56 als gleichwertig zum oberflächenbehandelten kalzinierten Kaolin anzusehen. Bezieht man die Kosten mit ein, ist Aktisil VM 56 als der beste Füllstoff in diesem Vergleich anzusehen. 	
VM-01/0699/04.2010		

Abb. 25

4.1 Wertetabellen

 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE ZUSAMMEN- FASSUNG <u>ANHANG</u>	HOFFMANN MINERAL																																																																																																																			
	<h2>Wertetabelle</h2>																																																																																																																			
	Eigenschaften Rohmischung																																																																																																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th rowspan="3"></th> <th colspan="4">nicht oberflächenbehandelt</th> <th colspan="4">oberflächenbehandelt</th> </tr> <tr> <th colspan="2">amerik. Hartkaolin</th> <th colspan="2">engl. kalz. Kaolin</th> <th colspan="2">SILLITIN Z 86</th> <th colspan="2">oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin</th> <th colspan="2">AKTISIL VM 56</th> </tr> <tr> <th>pur</th> <th>Kombi. Kreide</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mischzeit</td> <td>min.</td> <td>30</td> <td>25</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Mooney Viskosität DIN 53 523, T3 ML (1+4), 120 °C</td> <td>ME</td> <td>83</td> <td>52</td> <td>69</td> <td>52</td> <td>67</td> <td>44</td> <td>53</td> <td>45</td> <td>55</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Mooney Scorch DIN 53 523, T3 ML +5, 120 °C</td> <td>min.</td> <td>6,7</td> <td>25,6</td> <td>11,3</td> <td>38,2</td> <td>6,4</td> <td>22,6</td> <td>14,7</td> <td>26,3</td> <td>10,0</td> <td>14,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Linearschub-Vulkameter (Frank) DIN 53 529, A3 180 °C</td> <td>t_5</td> <td>min.</td> <td>0,6</td> <td>1,1</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,1</td> <td>1,3</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>t_{50}</td> <td>min.</td> <td>8,2</td> <td>11,6</td> <td>13,7</td> <td>14,5</td> <td>10,3</td> <td>8,6</td> <td>9,8</td> <td>9,7</td> <td>8,9</td> <td>8,9</td> </tr> <tr> <td>$t_{50} + 10\%$ (Vulkanisationszeit)</td> <td>min.</td> <td>9</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table>				nicht oberflächenbehandelt				oberflächenbehandelt				amerik. Hartkaolin		engl. kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56		pur	Kombi. Kreide	Mischzeit	min.	30	25	19	20	21	19	20	20	25	17	Mooney Viskosität DIN 53 523, T3 ML (1+4), 120 °C	ME	83	52	69	52	67	44	53	45	55	49	Mooney Scorch DIN 53 523, T3 ML +5, 120 °C	min.	6,7	25,6	11,3	38,2	6,4	22,6	14,7	26,3	10,0	14,0	Linearschub-Vulkameter (Frank) DIN 53 529, A3 180 °C	t_5	min.	0,6	1,1	1,3	1,4	1,1	1,3	1,3	1,4	1,1	1,2	t_{50}	min.	8,2	11,6	13,7	14,5	10,3	8,6	9,8	9,7	8,9	8,9	$t_{50} + 10\%$ (Vulkanisationszeit)	min.	9	13	15	16	11	10	11	11	10	10																			
		nicht oberflächenbehandelt				oberflächenbehandelt																																																																																																														
		amerik. Hartkaolin			engl. kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56																																																																																																									
		pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide																																																																																																									
Mischzeit	min.	30	25	19	20	21	19	20	20	25	17																																																																																																									
Mooney Viskosität DIN 53 523, T3 ML (1+4), 120 °C	ME	83	52	69	52	67	44	53	45	55	49																																																																																																									
Mooney Scorch DIN 53 523, T3 ML +5, 120 °C	min.	6,7	25,6	11,3	38,2	6,4	22,6	14,7	26,3	10,0	14,0																																																																																																									
Linearschub-Vulkameter (Frank) DIN 53 529, A3 180 °C	t_5	min.	0,6	1,1	1,3	1,4	1,1	1,3	1,3	1,4	1,1	1,2																																																																																																								
	t_{50}	min.	8,2	11,6	13,7	14,5	10,3	8,6	9,8	9,7	8,9	8,9																																																																																																								
	$t_{50} + 10\%$ (Vulkanisationszeit)	min.	9	13	15	16	11	10	11	11	10	10																																																																																																								
VM-01/0699/04.2010																																																																																																																				

Abb. 26

		Wertetabelle										HOFFMANN MINERAL	
		Eigenschaften Vulkanisat											
		nicht oberflächenbehandelt						oberflächenbehandelt					
M. 432		amerik. Hartkaolin		engl. kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56			
		pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide		
Härte DIN 53505- A	Shore A	71	67	73	66	72	67	73	69	74	69		
Zugfestigkeit DIN 53 504, S2	MPa	6,7	4,8	6,4	6,4	7,2	7,5	10,5	7,9	12,2	9,3		
Spannungswert 100 % DIN 53 504, S2	MPa	4,0	2,7	3,7	2,3	4,0	2,5	8,3	4,2	7,4	3,9		
Spannungswert 300 % DIN 53 504, S2	MPa	6,3	4,2	4,7	3,2	5,2	3,6	-	-	-	-		
Reißdehnung DIN 53 504, S2	%	360	400	440	480	430	480	170	290	170	290		
Rückprallelastizität DIN 53 512	%	43	51	54	57	55	56	52	55	53	57		
Weiterreißwiderstand DIN 53 507 A, Fmax 500 mm/min	N/mm	20	13	8	7	9	8	4	4	4	4		
Druckverformungsrest DIN 513 517 I, 24 h/100°C	%	58	34	11	10	17	16	8	8	10	10		
Dichte DIN 53 479	g/cm³	1,47	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,49	1,47	1,48		
VM-01/0699/04.2010													

Abb. 27

		Wertetabelle										HOFFMANN MINERAL	
		Extrusion ASTM D 2230											
		nicht oberflächenbehandelt						oberflächenbehandelt					
M. 432		amerik. Hartkaolin		engl. kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56			
		pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide		
1 m/min Abzugs- geschwindigkeit													
Beurteilung Drehmoment	Nm	3131 70	2111 60	3142 80	2132 70	3143 60	3142 80	3444 70	3142 80	3143 60	3142 80		
Drehzahl 50 U/min konstant													
Beurteilung		2111	2111	3142	2132	3142	3142	3142	3142	3142	3142		
Ausstoß	cm/min.	336	310	242	262	244	280	258	268	248	256		
Drehmoment	g/min. Nm	232 80	228 80	204 100	216 80	206 90	238 90	218 80	234 80	212 85	224 90		
VM-01/0699/04.2010													

Abb. 28

		Wertetabelle									
		Spezifischer Durchgangswiderstand, DIN IEC 93									
		nicht oberflächenbehandelt						oberflächenbehandelt			
M. 432		amerik. Hartkaolin		engl. kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56	
		pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide
Vulkanisat	Ωcm	5,6x 10 ¹⁴	4,1x 10 ¹⁵	1,7x 10 ¹⁶	1,3x 10 ¹⁶	2,3x 10 ¹⁵	4,9x 10 ¹⁵	8,0x 10 ¹⁵	9,3x 10 ¹⁵	5,0x 10 ¹⁵	4,6x 10 ¹⁵
Lagerung in deionisiertem Wasser bei 70 °C											
nach 7 Tagen	Ωcm	1,3x 10 ¹²	2,1x 10 ¹³	1,2x 10 ¹⁴	7,2x 10 ¹³	2,5x 10 ¹¹	4,2x 10 ¹²	6,6x 10 ¹⁵	4,3x 10 ¹⁵	6,3x 10 ¹⁴	9,8x 10 ¹⁴
nach 14 Tagen	Ωcm	5,9x 10 ¹¹	1,1x 10 ¹³	4,8x 10 ¹²	1,2x 10 ¹⁴	6,3x 10 ¹¹	1,5x 10 ¹³	1,1x 10 ¹⁶	8,0x 10 ¹⁵	9,6x 10 ¹⁴	8,7x 10 ¹⁴
nach 28 Tagen	Ωcm	1,2x 10 ¹¹	4,4x 10 ¹²	3,2x 10 ⁹	1,3x 10 ¹²	2,9x 10 ¹⁰	3,1x 10 ¹²	3,1x 10 ¹⁵	1,8x 10 ¹⁵	4,5x 10 ¹⁴	5,2x 10 ¹⁴
VM-01/0699/04.2010											

Abb. 29

		Wertetabelle									
		Eigenschaften nach Alterung in Heißluft 168 h / 100 °C									
		nicht oberflächenbehandelt						oberflächenbehandelt			
M. 432		amerik. Hartkaolin		engl. kalz. Kaolin		SILLITIN Z 86		oberfl.-beh. amerik. kalz. Kaolin		AKTISIL VM 56	
		pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide	pur	Kombi. Kreide
Härte Änderung	Shore A Shore A	77 +6	70 +3	73 ±0	68 +2	73 +1	67 ±0	74 +1	68 -1	75 +1	68 -1
Zugfestigkeit Änderung	MPa %	9,5 +42	7,4 +54	6,5 +2	8,4 +31	7,7 +7	6,8 -9	11,9 +13	8,6 +9	12,9 +6	10,0 +8
Spannungsw. 100 % Änderung	MPa %	7,2 +80	4,6 +70	4,5 +22	3,0 +30	5,6 +40	3,1 +24	9,4 +13	4,8 +14	8,4 +14	4,7 +21
Reißdehnung Änderung	% %, rel.	190 -47	300 -25	350 -21	500 +4	310 -28	430 -10	150 -12	250 -14	140 -18	240 -17
VM-01/0699/04.2010											

Abb. 30

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.