HOFFMANN MINERAL
Unternehmensgruppe Hoffmann

Neuburger Kieselerde

in bisphenolvernetztem FKM

Verfasser: Nicole Holzmayr
Hubert Oggermüller

VM-2/0216/04.2019

HOFFMANN MINERAL GmbH · Münchener Straße 75 · D-86633 Neuburg (Donau) · Telefon 08431 53-0
www.hoffmann-mineral.com · E-Mail: info@hoffmann-mineral.com

Inhalt

1 Einleitung

2 Experimentelles

2.1 Füllstoffe, Rezeptur und Mischungsherstellung

2.2 Prüfungen

3 Ergebnisse – Dyneon FC 2181Z

3.1 Neuburger Kieselerde gegen N990

3.2 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit AST

3.3 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit EST

3.4 Neuburger Kieselerde gegen Bariumsulfat

4 Ergebnisse – Viton A-201C

4.1 Neuburger Kieselerde gegen N990

4.2 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit AST

4.3 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit EST

4.4 Neuburger Kieselerde gegen Bariumsulfat

5 Anwendungsbeispiele

6 Vorteile der einzelnen Neuburger Kieselerde Typen

7 Zusammenfassung

8 Alle numerischen Ergebnisse tabellarisch

1 Einleitung

Fluorpolymere sind allgemein bekannt für hohe Temperatur- und Medienbeständigkeit. Daher werden sie bevorzugt in Dichtungs- oder Medienführungsanwendungen verwendet, wo die Eigenschaften von anderen Polymeren nicht mehr ausreichend sind.

Durch den Einsatz von Füllstoffen kann das Eigenschaftsprofil eines Fluorpolymers verbessert werden.

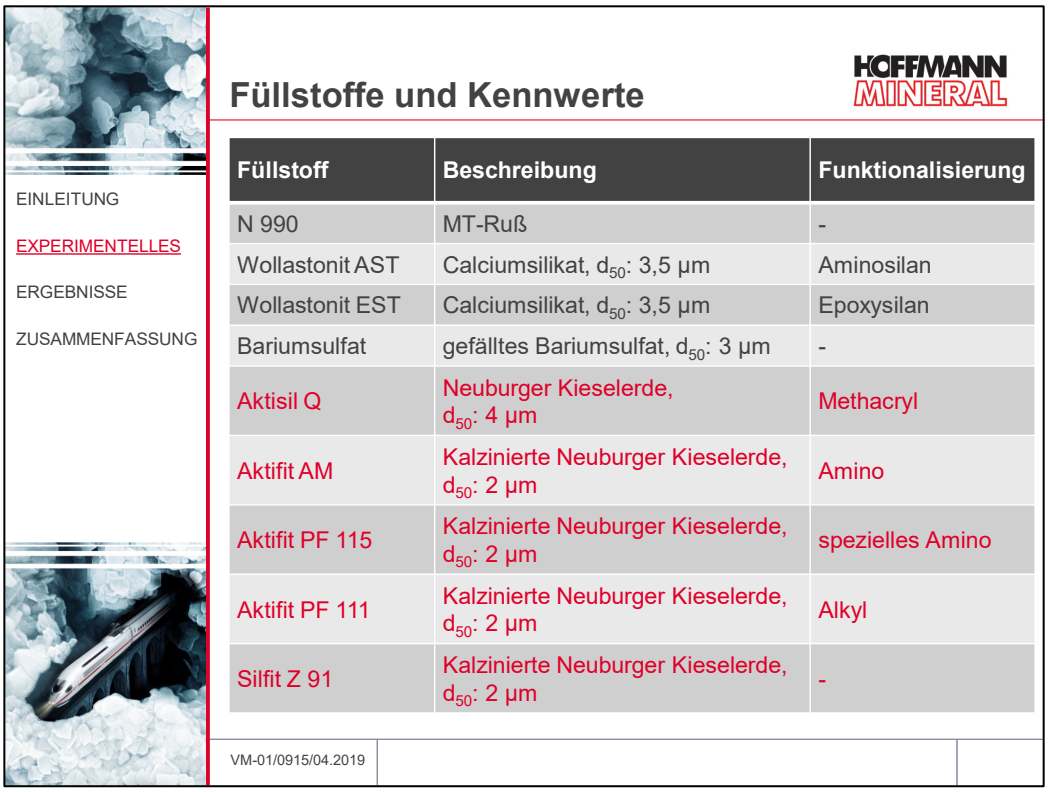
Bisher wurden hier entweder Ruß N990 oder mineralische Füllstoffe wie z.B. Wollastonit oder Bariumsulfat verwendet.

In dieser Ausarbeitung werden nun verschiedene Typen der Neuburger Kieselerde diesen bevorzugt eingesetzten Füllstoffen in bisphenolvernetztem FKM gegenübergestellt und Beispiele für ihre Anwendungsgebiete gegeben.

Die Vergleiche beinhalten zwei verschiedene FKM-Typen, um den Einfluss unterschiedlicher Polymere bzw. deren Ausprägung in Bezug auf Viskosität und Vernetzergehalt zu untersuchen.

2 Experimentelles

2.1 Füllstoffe, Rezeptur und Mischungsherstellung



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

Füllstoffe und Kennwerte

HOFFMANN MINERAL

Füllstoff	Beschreibung	Funktionalisierung
N 990	MT-Ruß	-
Wollastonit AST	Calciumsilikat, d_{50}: 3,5 µm	Aminosilan
Wollastonit EST	Calciumsilikat, d_{50}: 3,5 µm	Epoxysilan
Bariumsulfat	gefälltes Bariumsulfat, d_{50}: 3 µm	-
Aktisil Q	Neuburger Kieselerde, d_{50}: 4 µm	Methacryl
Aktifit AM	Kalzinierte Neuburger Kieselerde, d_{50}: 2 µm	Amino
Aktifit PF 115	Kalzinierte Neuburger Kieselerde, d_{50}: 2 µm	spezielles Amino
Aktifit PF 111	Kalzinierte Neuburger Kieselerde, d_{50}: 2 µm	Alkyl
Silfit Z 91	Kalzinierte Neuburger Kieselerde, d_{50}: 2 µm	-

VM-01/0915/04.2019

Abb. 1

Typischerweise werden Ruß N990, amino- oder epoxysilanbehandelter Wollastonit oder gefälltes Bariumsulfat für FKM verwendet.

Diese werden in dieser Untersuchung verschiedensten Neuburger Kieselerde-Typen gegenübergestellt, deren mittlere Korngröße d_{50}-Wert zwischen 2 und 4 µm liegen.

Neben dem nicht oberflächenbehandelten kalzinierten Silfit Z 91 sind hier die Ergebnisse dargestellt, die mit der amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerde Aktifit AM erzielt wurden. Des Weiteren wurde Aktifit PF 115, das basierend auf der Kalzinierten Neuburger Kieselerde mit einer speziellen amino-funktionellen Gruppe oberflächenbehandelt wurde, geprüft. Mit Aktifit PF 111 wurde eine weitere Kalzinierte Neuburger Kieselerde getestet, die eine alkyl-funktionelle Gruppe auf der Oberfläche trägt. Aktisil Q stellt eine nicht-kalzinierte Neuburger Kieselerde dar, die durch eine methacryl-funktionelle Gruppe modifiziert ist und deren Korngröße etwa doppelt so hoch ist wie die der anderen Kieselerdeprodukte und sich damit auch den mineralischen Wettbewerbsfüllstoffen annähert.

Die verwendete Basisrezeptur in Abb. 2 zeigt den typischen Rezepturaufbau mit Magnesiumoxid und Calciumhydroxid als Stabilisatoren und veränderlichen Füllstoffanteilen, die je nach Füllstoffeinfluss auf die resultierende Härte des Vulkanisates in unterschiedlicher Dosierung von 30 bis zu 74 phr angepasst wurden.

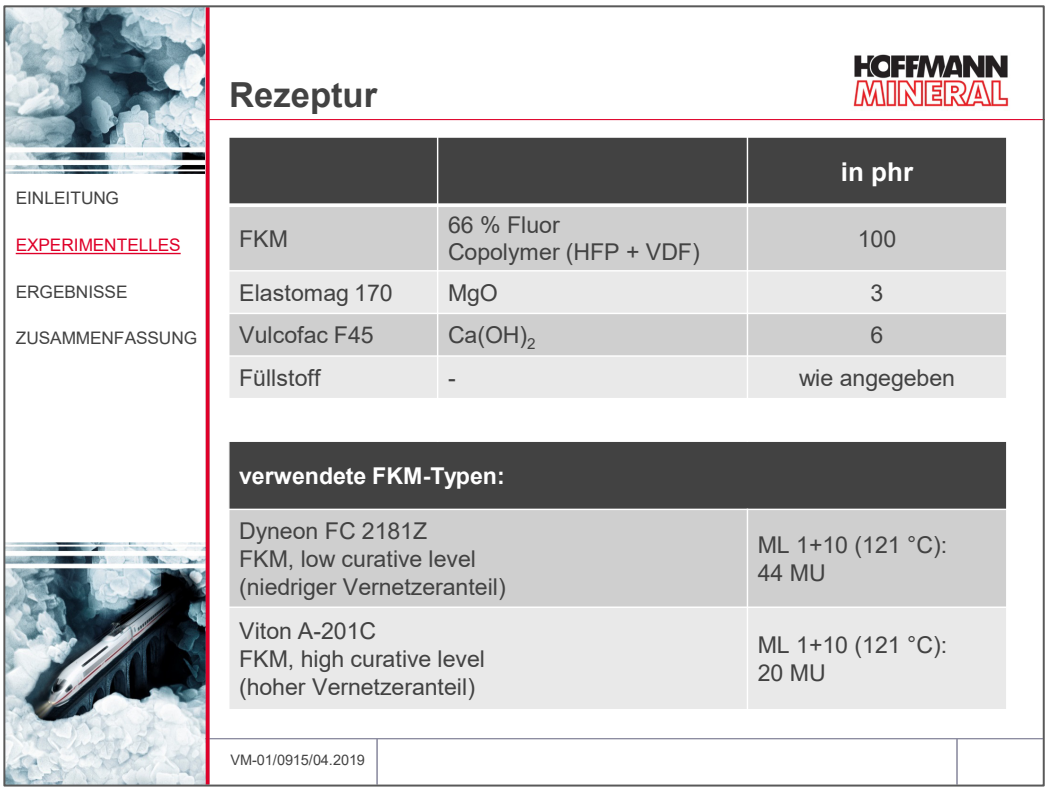
Es wurden zwei verschiedene FKM-Typen für die Untersuchung verwendet:

- Dyneon FC 2181Z: mittlere Viskosität niedriger Anteil an Bisphenol-Vernetzer
- Viton A-201C: niedrige Viskosität hoher Anteil an Bisphenol-Vernetzer

Die Compoundierung erfolgte auf einem Laborwalzwerk (Schwabenthan Polymix 150 L). Der Kautschuk wurde bei 50 °C auf die Walze gegeben und zu einem gleichmäßigen Fell gewalzt. Anschließend wurde der Füllstoff zusammen mit dem Magnesiumoxid und Calciumhydroxid eingearbeitet. Um eine gute Verteilung der Mischungsbestandteile zu gewährleisten, wurde die Mischung 10 Mal gepuppt. Aufgrund der starken Klebrigkeit auf der Walzenoberfläche wurden die Walzen auf 30 °C heruntergekühlt. Die typische Mischzeit betrug 15 Minuten.

Die Vulkanisation in der Presse wurde 7 Minuten bei 177 °C für Dyneon FC 2181Z, bzw. 10 Minuten bei 177 °C für Viton A-201C durchgeführt.

Die Mischungen basierend auf Dyneon FC 2181Z wurden 16 Stunden bei 230 °C getempert, die basierend auf Viton A-201C 24 Stunden bei 230 °C.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

Rezeptur

HOFFMANN MINERAL

		in phr
FKM	66 % Fluor Copolymer (HFP + VDF)	100
Elastomag 170	MgO	3
Vulcofac F45	$Ca(OH)_2$	6
Füllstoff	-	wie angegeben

verwendete FKM-Typen:	
Dyneon FC 2181Z FKM, low curative level (niedriger Vernetzeranteil)	ML 1+10 (121 °C): 44 MU
Viton A-201C FKM, high curative level (hoher Vernetzeranteil)	ML 1+10 (121 °C): 20 MU

VM-01/0915/04.2019

Abb. 2

2.2 Prüfungen

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf getemperte Probekörper .

Standardmäßig wurden die Härte bestimmt und Zugversuche durchgeführt. Neben dem Druckverformungsrest wurde auch die Abriebbeständigkeit der Vulkanisate geprüft.

Die Medienbeständigkeit wurde wie folgt untersucht:

- Heißluft 70 Stunden / 232 °C
- Motoröl OS206304 168 Stunden / 150 °C
- Kraftstoff FAM B (DIN 51604) 70 Stunden / 23 °C
- destilliertes Wasser 168 Stunden / 60 °C

Als Maß für die Medienbeständigkeit wurde die Änderung der Zugfestigkeit herangezogen. Die Werte der Gewichts- und Volumenquellung zeigten weitgehend ähnliche Werte, wenn nicht als Diagramm dargestellt.

Ergebnisse aller untersuchten Compounds und aller Prüfungen befinden sich am Ende des Berichts in tabellarischer Form.

3 Ergebnisse – Dyneon FC 2181Z

3.1 Neuburger Kieselerde gegen N990

Füllstoffdosierung:

Ruß N990	30 phr
Neuburger Kieselerde (NKE)	45 phr
resultierender Härtebereich	80 ± 5 Shore A

3.1.1 Mechanische Eigenschaften

Alle hier geprüften NKE-Typen erzielen höhere Zugfestigkeiten als Ruß N990 (Abb. 3), wobei Aktifit PF 111 mit rund 4 MPa mehr diese am deutlichsten übertrifft.

Der Einsatz sämtlicher NKE-Typen führt gegenüber N990 grundsätzlich zu einer Verbesserung des Druckverformungsrestes nach ISO (Abb. 4). Am stärksten wird er mit Aktisil Q bzw. Aktifit PF 111 reduziert. Diese beiden NKE-Typen erreichen auch bei der Prüfung des Druckverformungsrestes nach VW die niedrigsten Werte (Abb. 5).

Trägt man die Reißdehnung gegen den Druckverformungsrest (ISO) auf (Abb. 6) – setzt also zwei gegenläufige Eigenschaften in Relation zueinander, so wird die Stärke von Aktisil Q noch etwas deutlicher.
Es erreicht nicht nur einen besseren Druckverformungsrest als N990, sondern kann mit diesem auf einem vergleichbaren Niveau bleiben, was die Reißdehnung angeht. Silfit Z 91 erreicht bezüglich der Reißdehnung das gute Niveau von Aktisil Q, während der Druckverformungsrest etwas höher ist. Aktifit PF 111 schneidet bezüglich der Reißdehnung ähnlich gut ab wie N990, während die zwei amino-funktionellen NKE-Typen hier etwas nachteiliger herauskommen.

Diese beiden Typen eignen sich hingegen besonders gut für Anwendungen, die eine verbesserte Abriebbeständigkeit benötigen (Abb. 7). Aktifit AM und das Aktifit PF 115 bewirken hier einen deutlich niedrigeren Volumenverlust. Auch Silfit Z 91, Aktifit PF 111 und Aktisil Q ergeben eine bessere Abriebbeständigkeit als der Ruß.

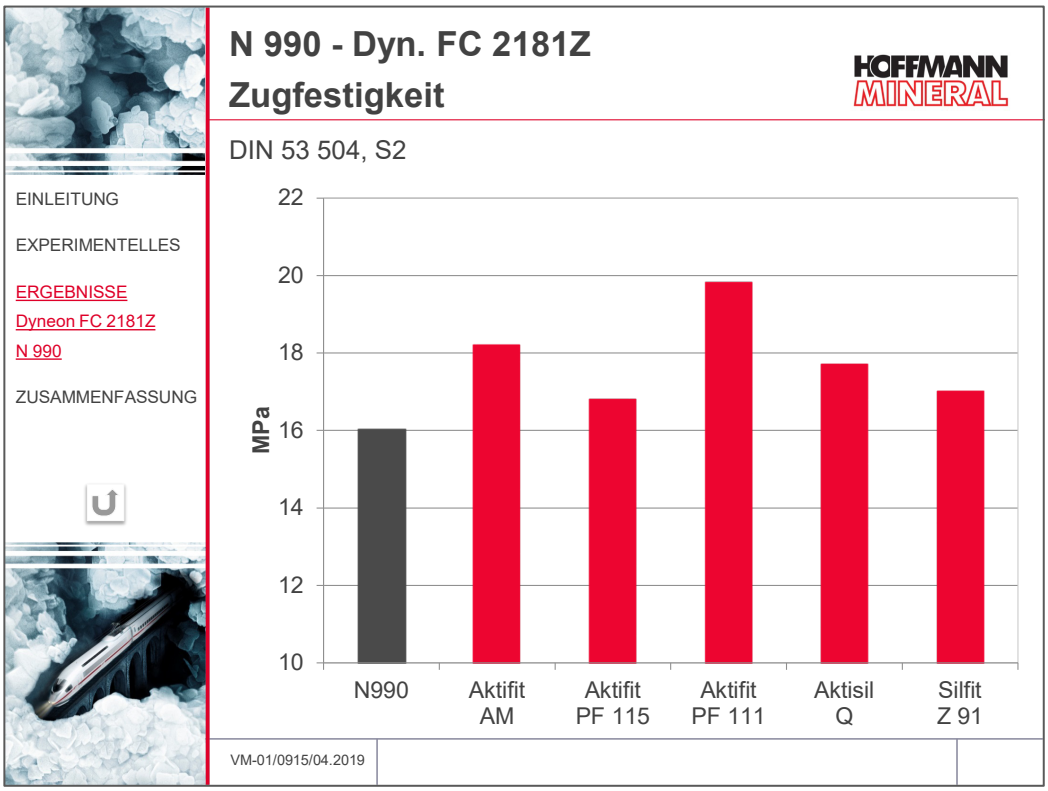


Abb. 3

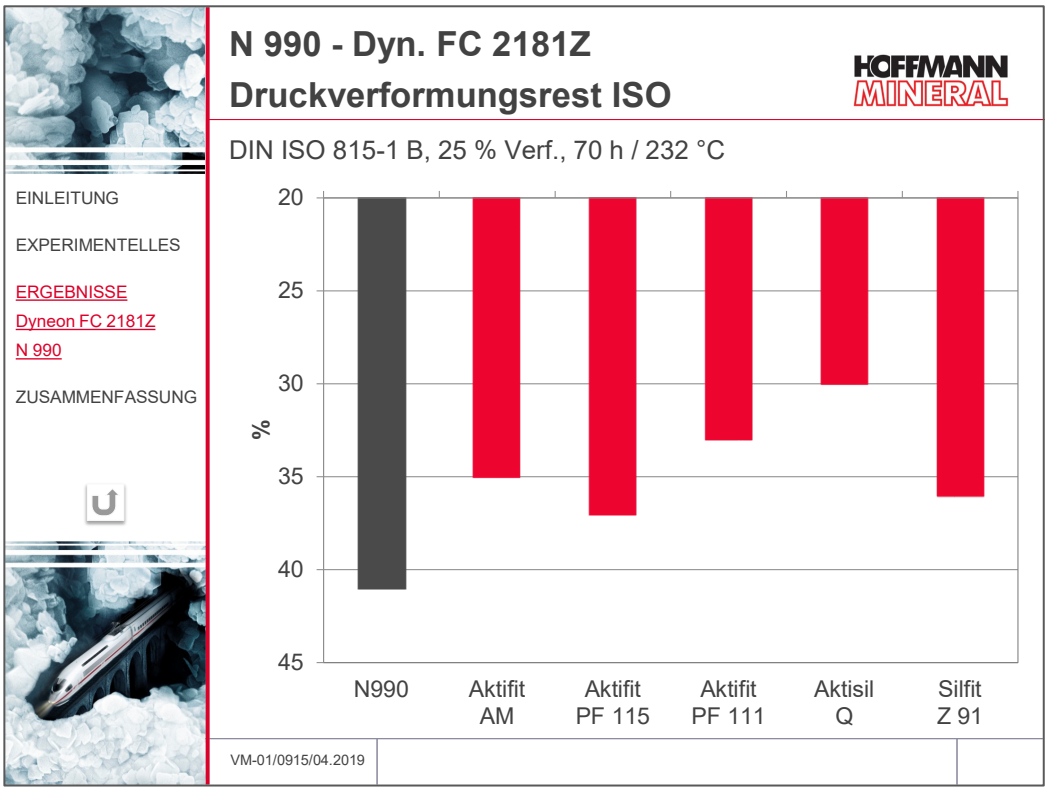

N 990 - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
%
20
25
30
35
40
45
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 4

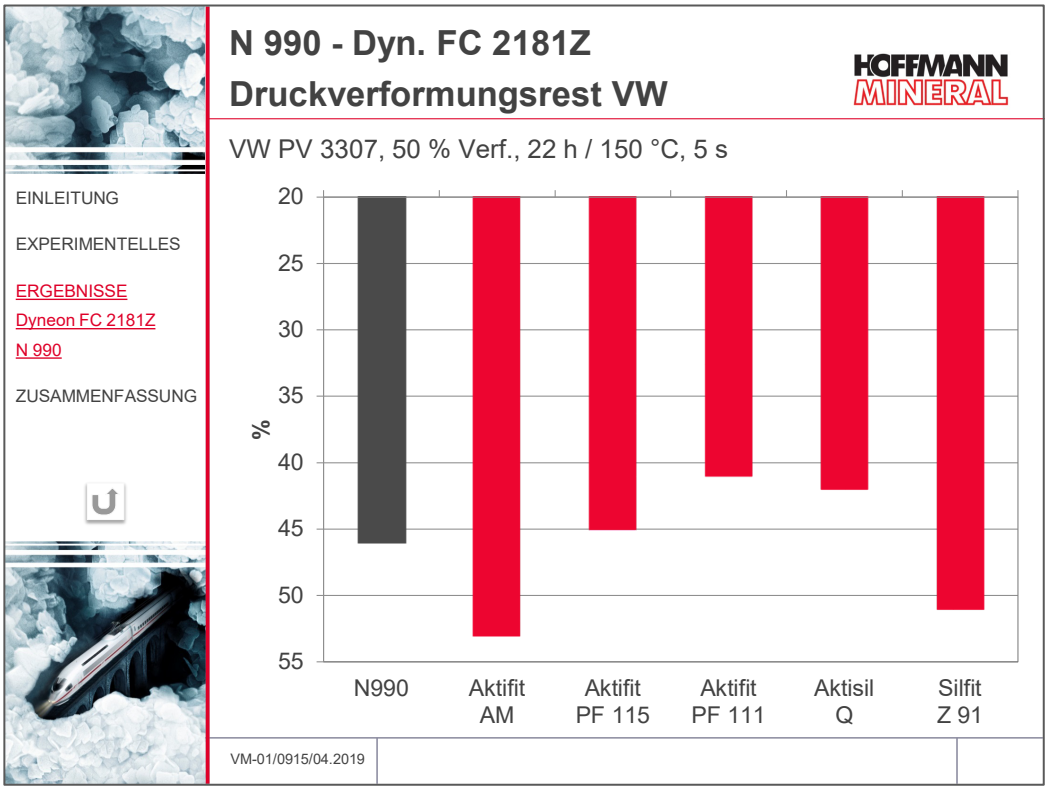

N 990 - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest VW
HOFFMANN MINERAL
VW PV 3307, 50 % Verf., 22 h / 150 °C, 5 s
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
%
20
25
30
35
40
45
50
55
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 5

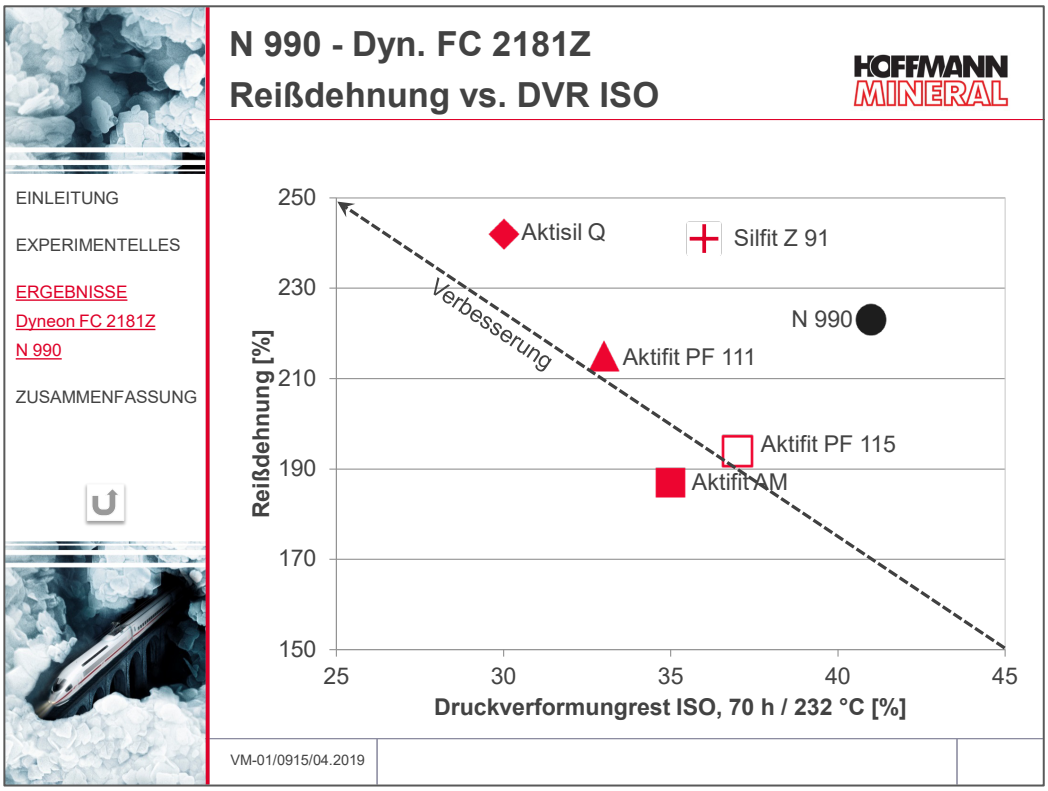

N 990 - Dyn. FC 2181Z
Reißdehnung vs. DVR ISO
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Aktisil Q
Silfit Z 91
N 990
Aktifit PF 111
Aktifit PF 115
Aktifit AM
Verbesserung
Reißdehnung [%]
250
230
210
190
170
150
25
30
35
40
45
Druckverformungrest ISO, 70 h / 232 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 6

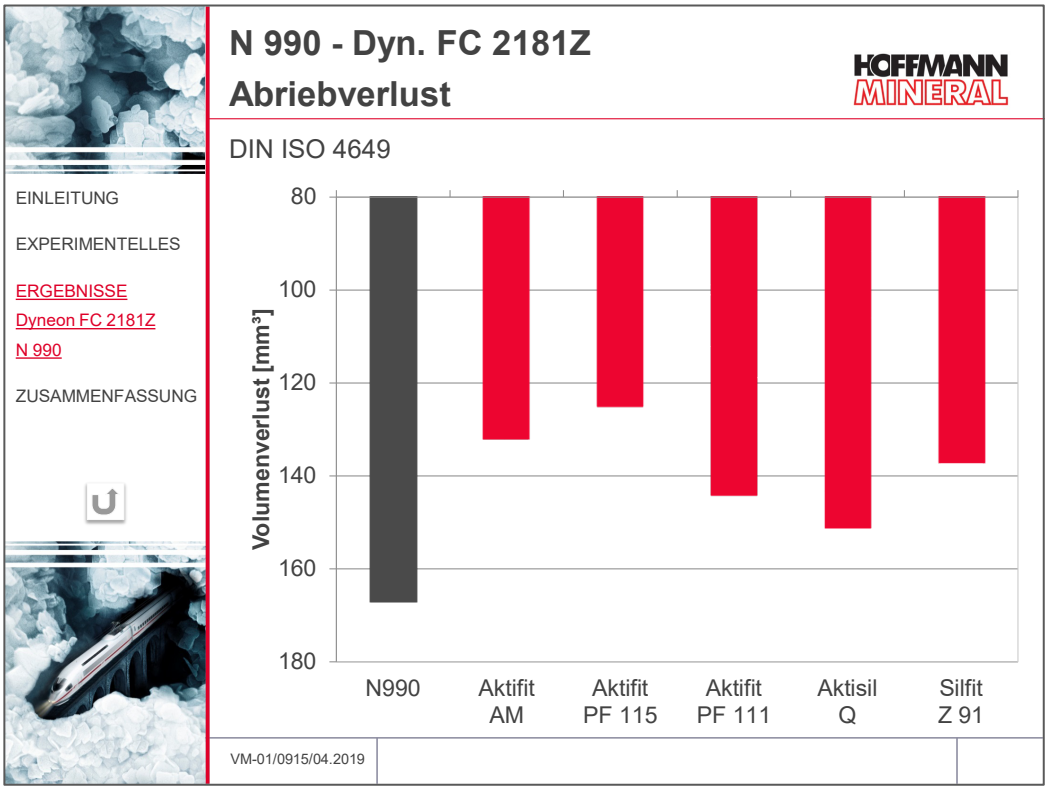

N 990 - Dyn. FC 2181Z
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
80
100
120
140
160
180
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 7

3.1.2 Medienbeständigkeit

Auf die Beständigkeit gegen Heißluft (Abb. 8) hat die Wahl des Füllstoffes keinen signifikanten Einfluss.

Silfit Z 91 und Aktifit PF 111 erhöhen gegenüber Ruß N990 die Ölbeständigkeit, weisen allerdings Schwächen auf, wenn es um die Beständigkeit gegen polare Medien – hier Kraftstoff mit Alkohol (Methanol) und Wasser – geht.

Aktifit AM resultiert dafür in mit N990 vergleichbarer Beständigkeit gegen Wasser und Kraftstoff, ergibt jedoch eine leicht niedrigere Beständigkeit gegen Öl.

Mit Aktisil Q wird die Beständigkeit gegen Wasser auf ein mit Ruß vergleichbares Niveau gebracht (Abb. 9). Gleichzeitig führt es zu einer verbesserten Ölbeständigkeit.

Das Aktifit PF 115 kann gegenüber Ruß die Beständigkeit sowohl gegen polare, als auch gegen unpolare Medien erhöhen und erzielt somit die besten Ergebnisse.

Dies wird noch einmal besonders deutlich, wenn man diese Eigenschaften zueinander in Bezug setzt. In Abb. 10 ist die Ölbeständigkeit der Vulkanisate mit den verschiedenen Füllstoffen gegen die Wasserbeständigkeit aufgetragen.

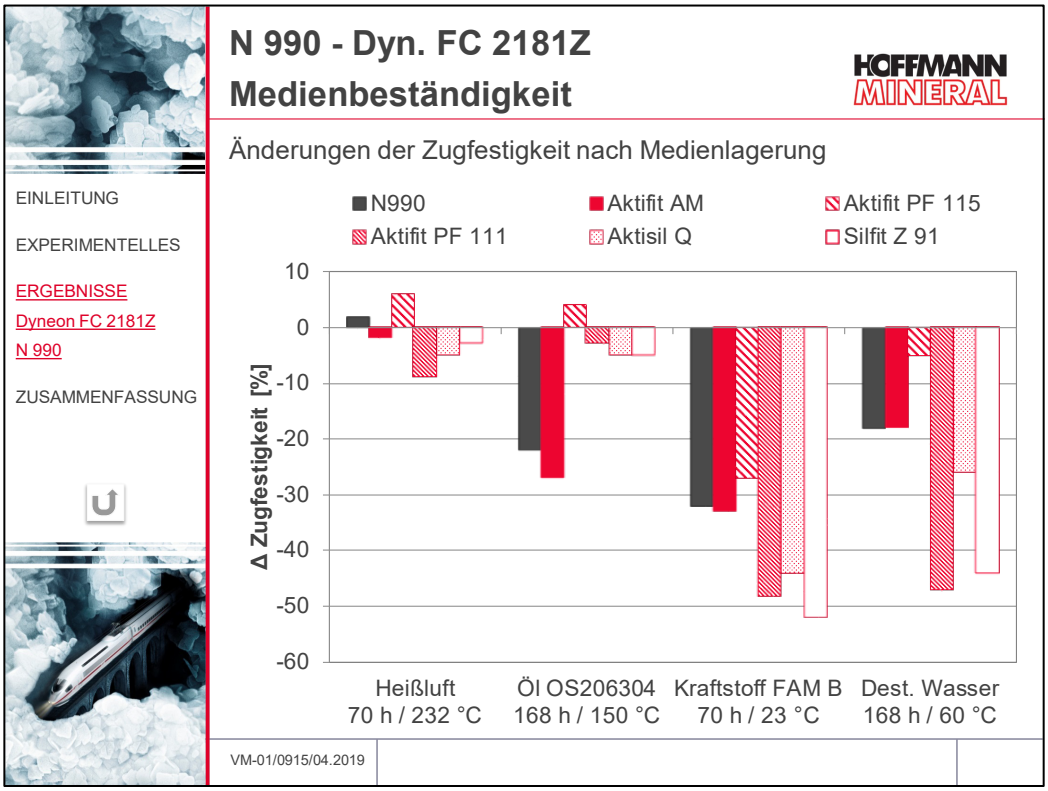


Abb. 8

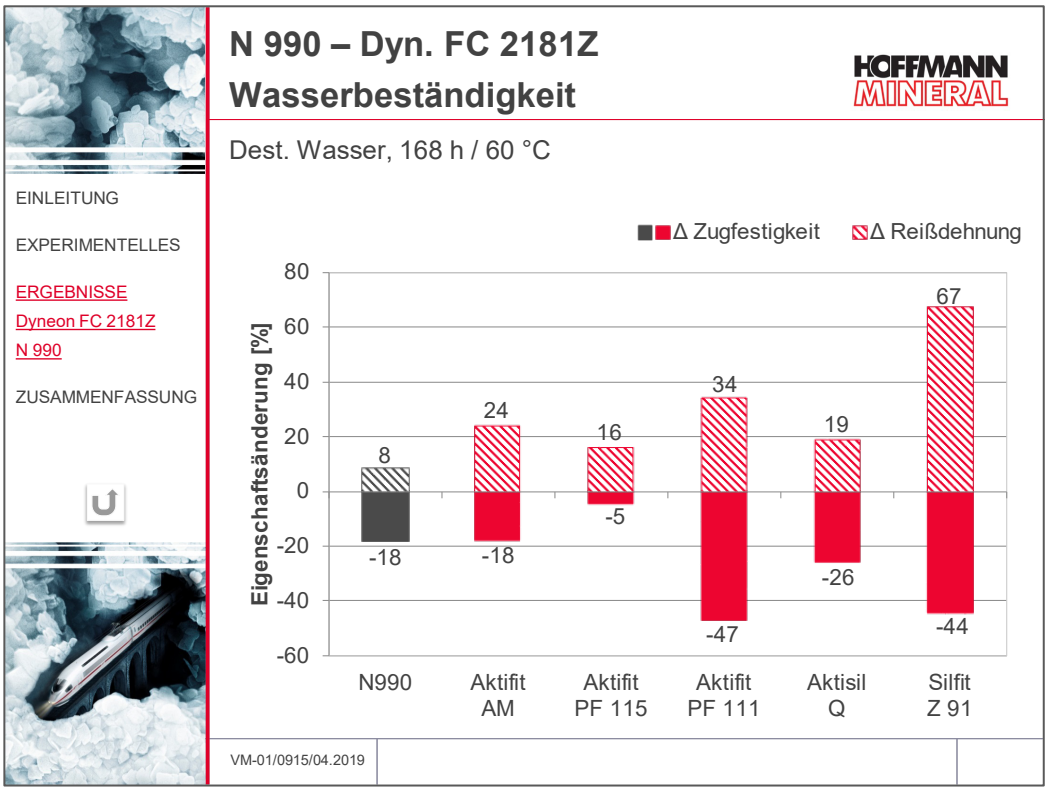

N 990 – Dyn. FC 2181Z
Wasserbeständigkeit
HOFFMANN MINERAL
Dest. Wasser, 168 h / 60 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Δ Zugfestigkeit
Δ Reißdehnung
Eigenschaftsänderung [%]
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
8
-18
24
-18
16
-5
34
-47
19
-26
67
-44
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 9

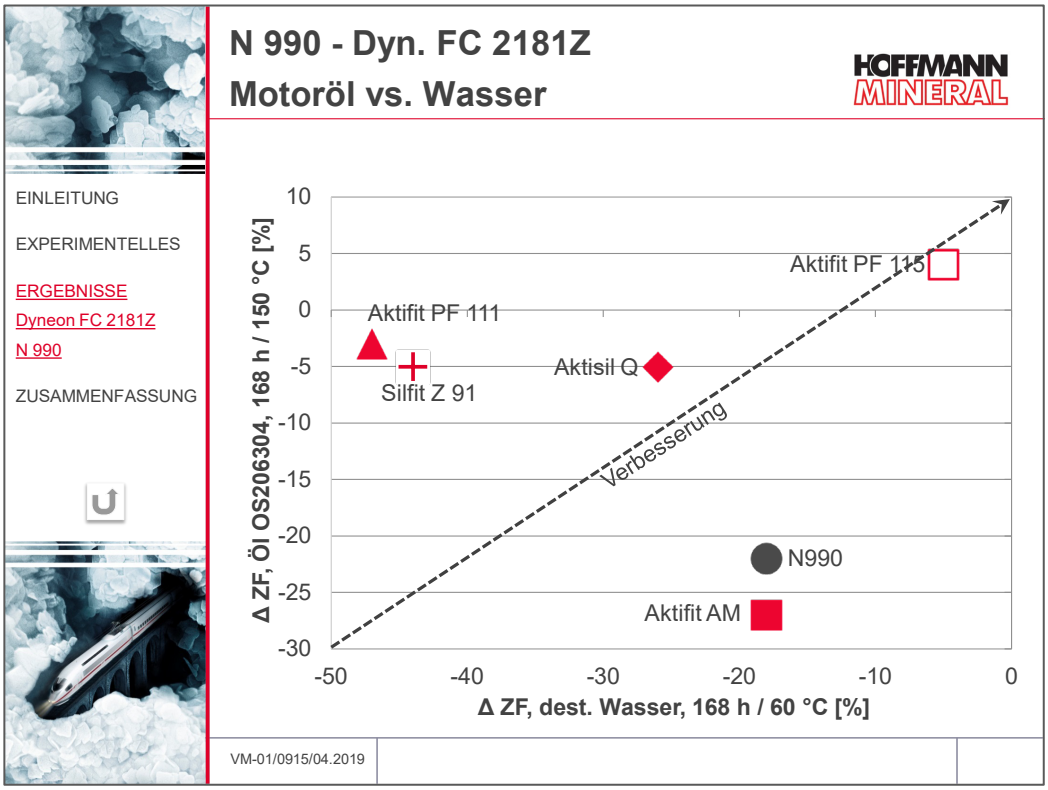
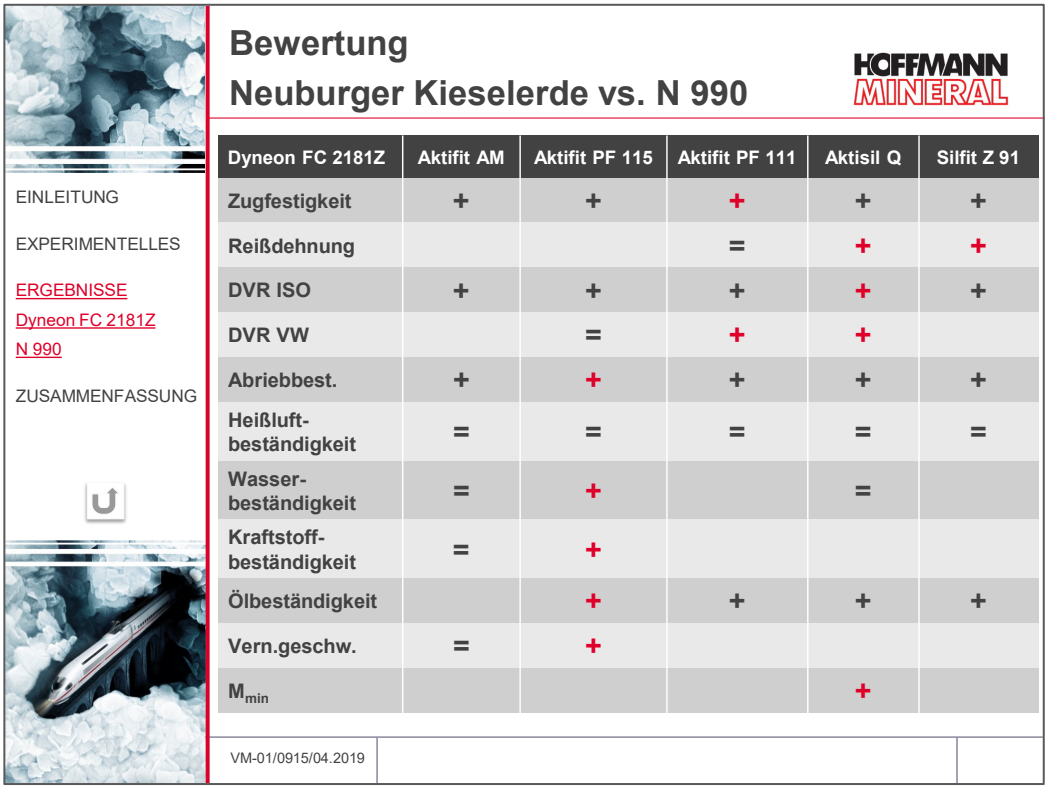

N 990 - Dyn. FC 2181Z
Motoröl vs. Wasser
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Δ ZF, Öl OS206304, 168 h / 150 °C [%]
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
Verbesserung
N990
Aktifit AM
-50
-40
-30
-20
-10
0
Δ ZF, dest. Wasser, 168 h / 60 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 10

3.1.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
N 990

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
Neuburger Kieselerde vs. N 990

HOFFMANN MINERAL

	Dyneon FC 2181Z	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit	+	+	+	+	+
Reißdehnung			=	+	+
DVR ISO	+	+	+	+	+
DVR VW		=	+	+	
Abriebbest.	+	+	+	+	+
Heißluft-beständigkeit	=	=	=	=	=
Wasser-beständigkeit	=	+		=	
Kraftstoff-beständigkeit	=	+			
Ölbeständigkeit		+	+	+	+
Vern.geschw.	=	+			
M_{min}				+	

VM-01/0915/04.2019

Abb. 11

Abb. 11 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber N990 entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Die beiden amino-funktionellen NKE-Typen Aktifit AM und Aktifit PF 115 beschleunigen zusätzlich die Vernetzung. Letzteres erhöht die Vernetzungsgeschwindigkeit auch gegenüber dem Ruß.

Aktisil Q ergibt eine für den Spritzguss vorteilhaftere Viskosität.

3.2 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit AST

Füllstoffdosierung:

Wollastonit AST	45 phr
Neuburger Kieselerde	30 phr
resultierender Härtebereich	70 ± 5 Shore A

3.2.1 Mechanische Eigenschaften

Der Austausch des aminosilanbehandelten Wollastonits durch Neuburger Kieselerde ändert praktisch nichts an der Zugfestigkeit (Abb. 12).

Die beiden amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerden Aktifit AM und Aktifit PF 115, aber auch Silfit Z 91 ergeben gegenüber dem Wollastonit nur einen leicht höheren Druckverformungsrest nach ISO (Abb. 13), während Aktifit PF 111 und Aktisil Q ein vergleichbares Niveau erreichen.
Der Druckverformungsrest nach VW (Abb. 14) zeigt, dass Aktisil Q auch hier mit dem aminosilanbehandelten Wollastonit gleich ziehen kann.

Wie in Abb. 15 zu sehen ist, können Aktifit PF 111 und Aktisil Q bei einem zum Wollastonit vergleichbaren Druckverformungsrest (ISO) zusätzlich eine verbesserte Reißdehnung realisieren.
Auch die übrigen NKE-Typen ergeben eine höhere Reißdehnung, mit Silfit Z 91 an der Spitze.

Soll die Abriebbeständigkeit gegenüber dem aminosilanbehandelten Wollastonit erhöht werden, so empfiehlt sich der Einsatz von Aktifit AM (Abb. 16).

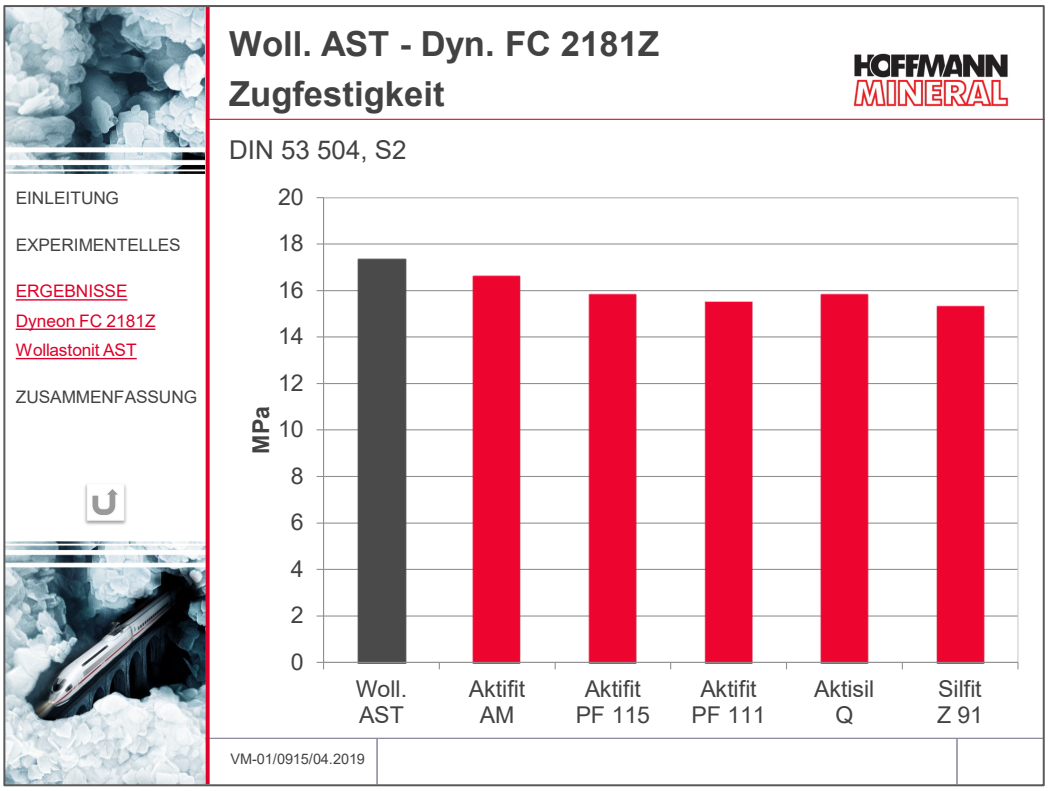


Abb. 12

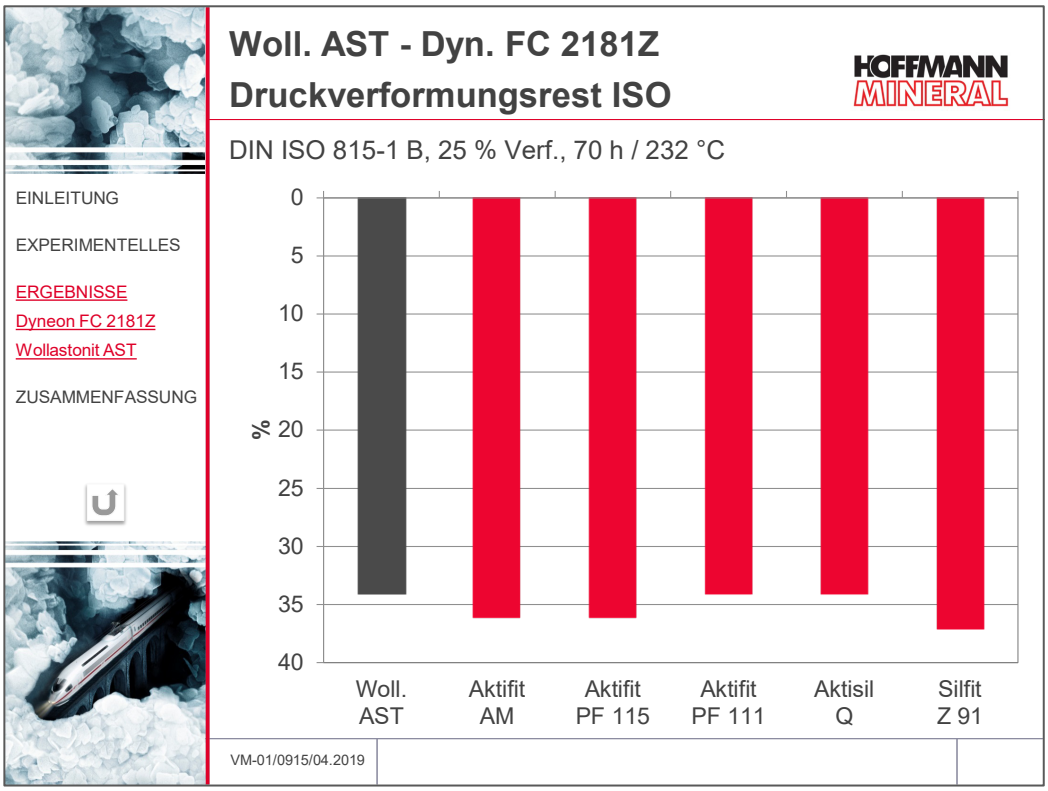

Woll. AST - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit AST
ZUSAMMENFASSUNG
%
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Woll. AST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 13

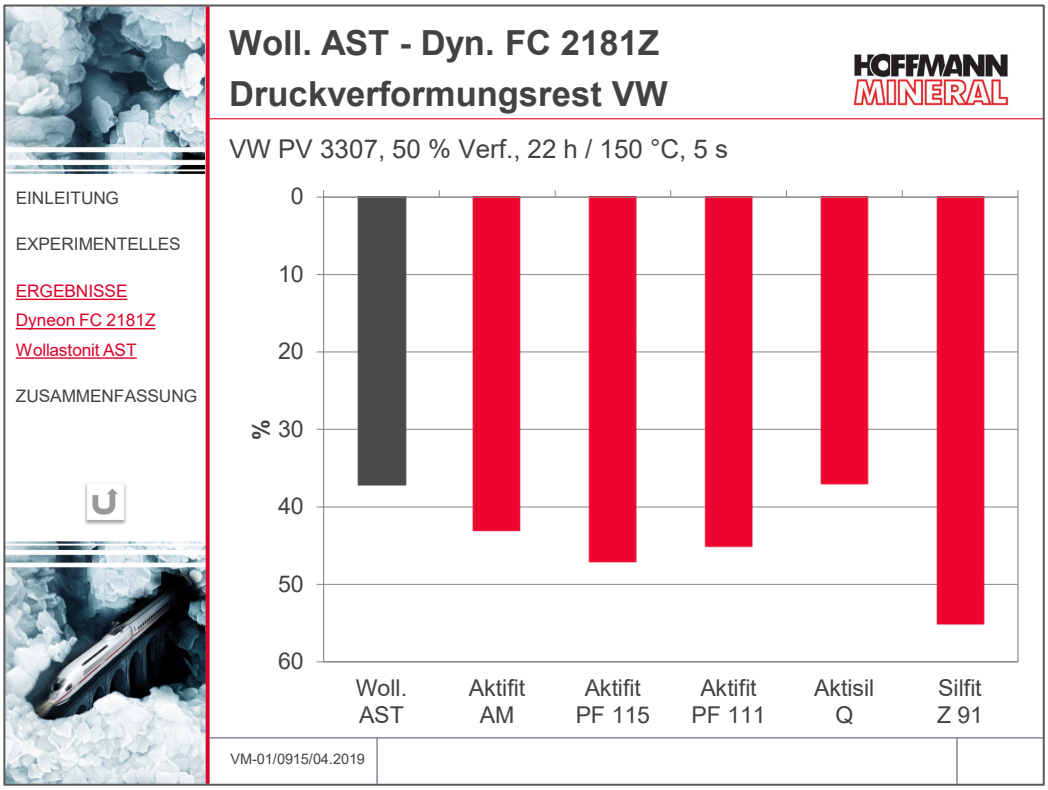

Woll. AST - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest VW
HOFFMANN MINERAL
VW PV 3307, 50 % Verf., 22 h / 150 °C, 5 s
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit AST
ZUSAMMENFASSUNG
%
0
10
20
30
40
50
60
Woll. AST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 14

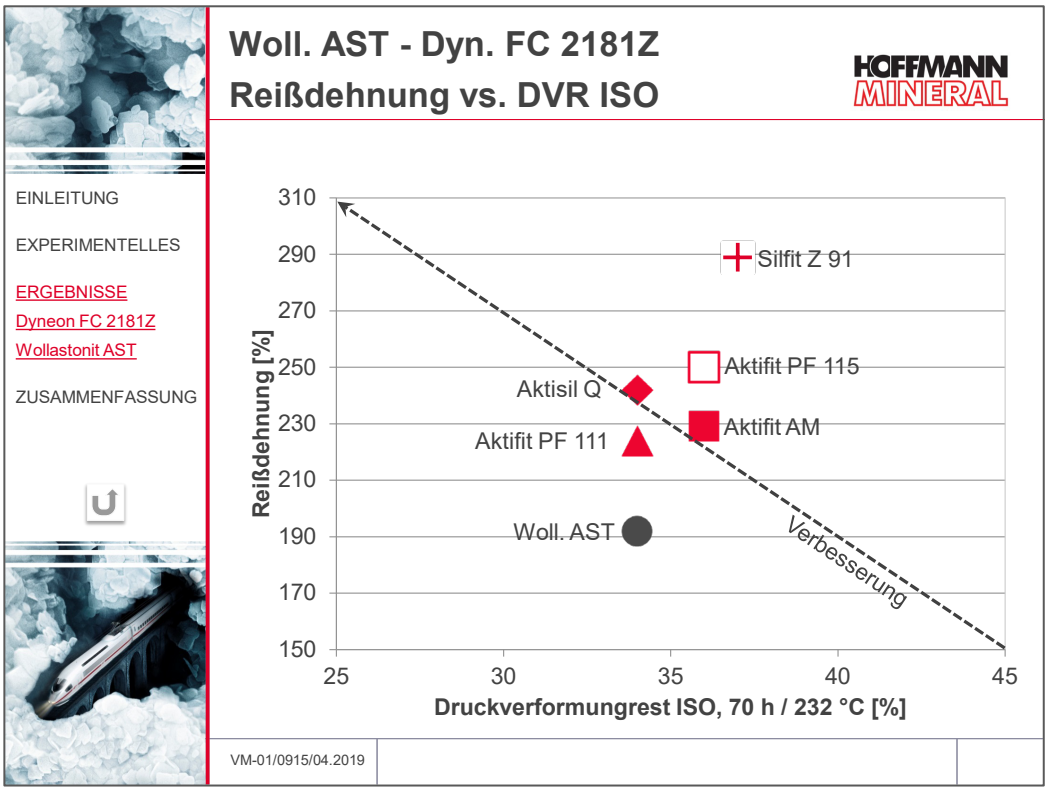

Woll. AST - Dyn. FC 2181Z
Reißdehnung vs. DVR ISO
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit AST
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
310
290
270
250
230
210
190
170
150
25
30
35
40
45
Druckverformungrest ISO, 70 h / 232 °C [%]
Silfit Z 91
Aktifit PF 115
Aktisil Q
Aktifit AM
Aktifit PF 111
Woll. AST
Verbesserung
VM-01/0915/04.2019

Abb. 15

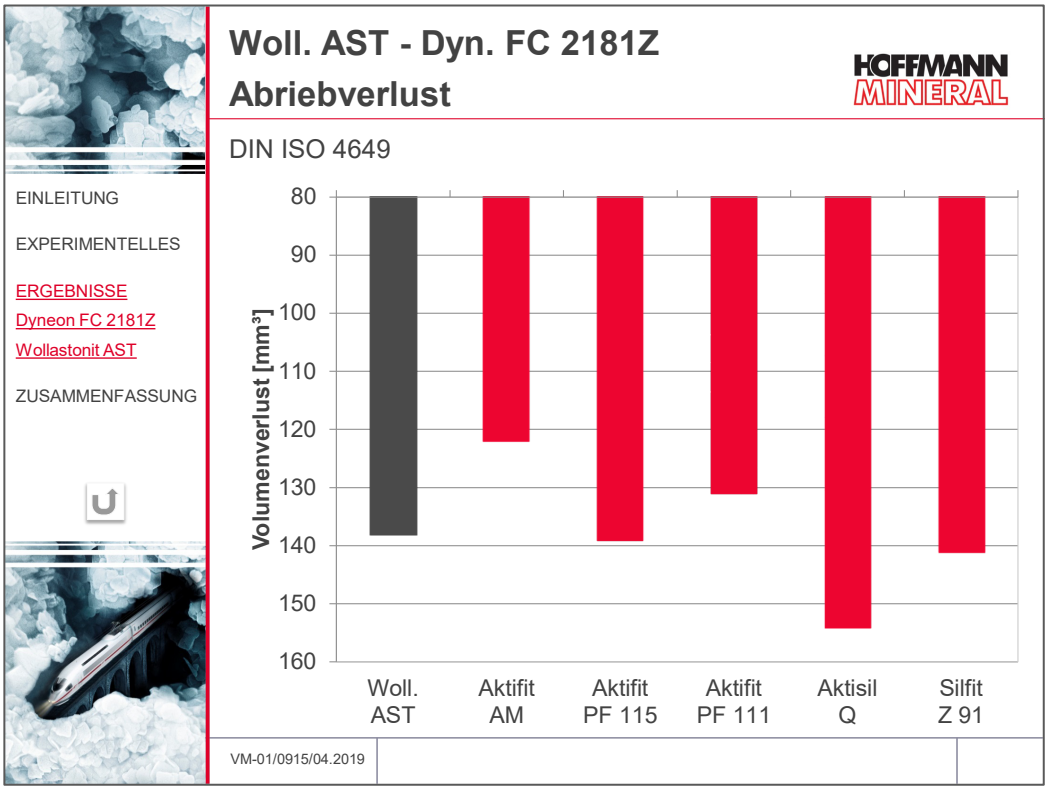

Woll. AST - Dyn. FC 2181Z
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit AST
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
80
90
100
110
120
130
140
150
160
Woll. AST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 16

3.2.2 Medienbeständigkeit

Mit Aktifit AM, Aktifit PF 115 und Silfit Z 91 ist die Beständigkeit der Vulkanisate gegen Heißluft vergleichbar mit der des mit aminosilanbehandelten Wollastonit gefüllten (Abb. 17).

Die Ölbeständigkeit, die sich durch den Wollastonit ergibt, ist auf einem sehr gutem Niveau, das durch Silfit Z 91, Aktifit PF 111 sowie den beiden amino-funktionellen Kieselerden Aktifit AM und Aktifit PF 115 sogar noch etwas übertroffen werden kann.

Mit den beiden letzteren NKE-Typen lassen sich gegenüber dem Wollastonit auch die Beständigkeit gegen Kraftstoff und Wasser verbessern.

Vor allem Aktifit PF 115 weist eine sehr gute Kombination der Beständigkeit gegen unpolare und polare Medien auf (siehe auch Abb. 18) und erweist sich somit als bestes Produkt für eine Breitbandbeständigkeit.

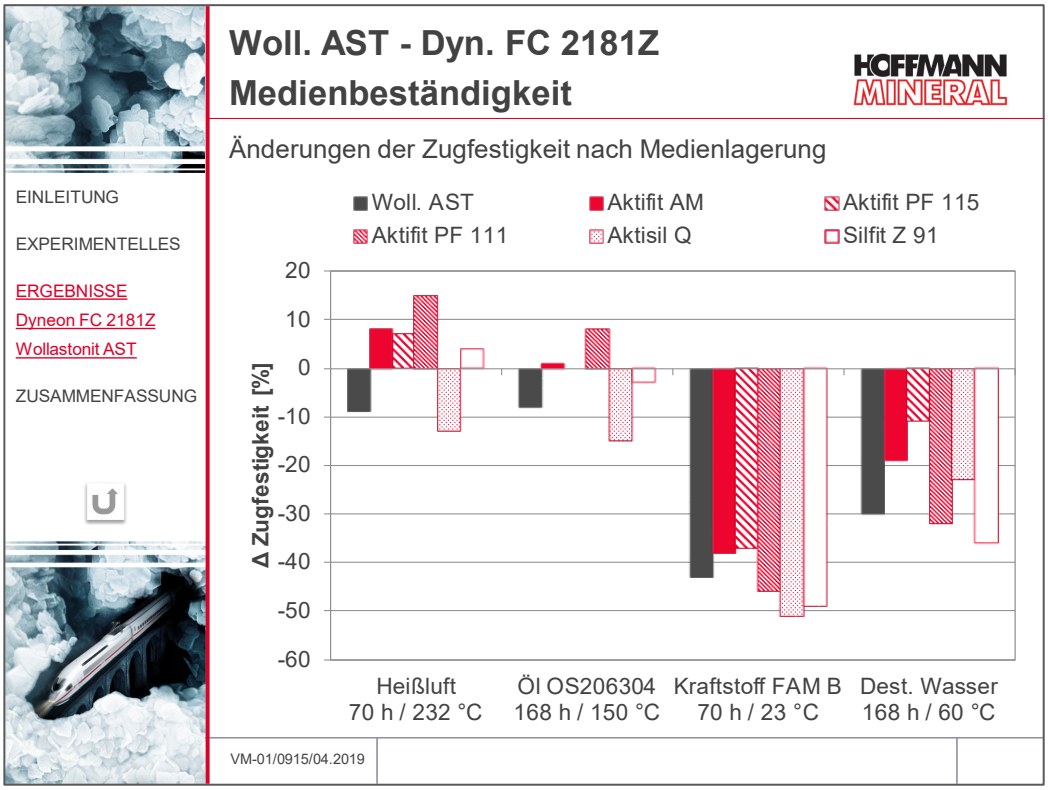


Abb. 17

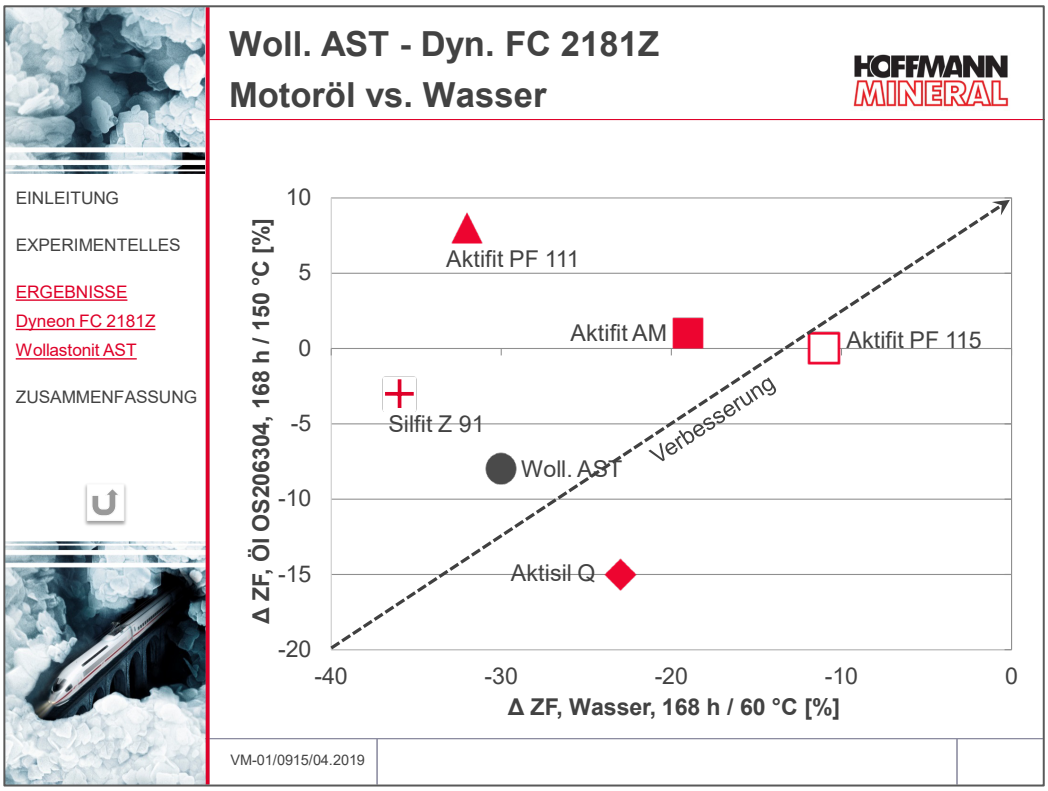
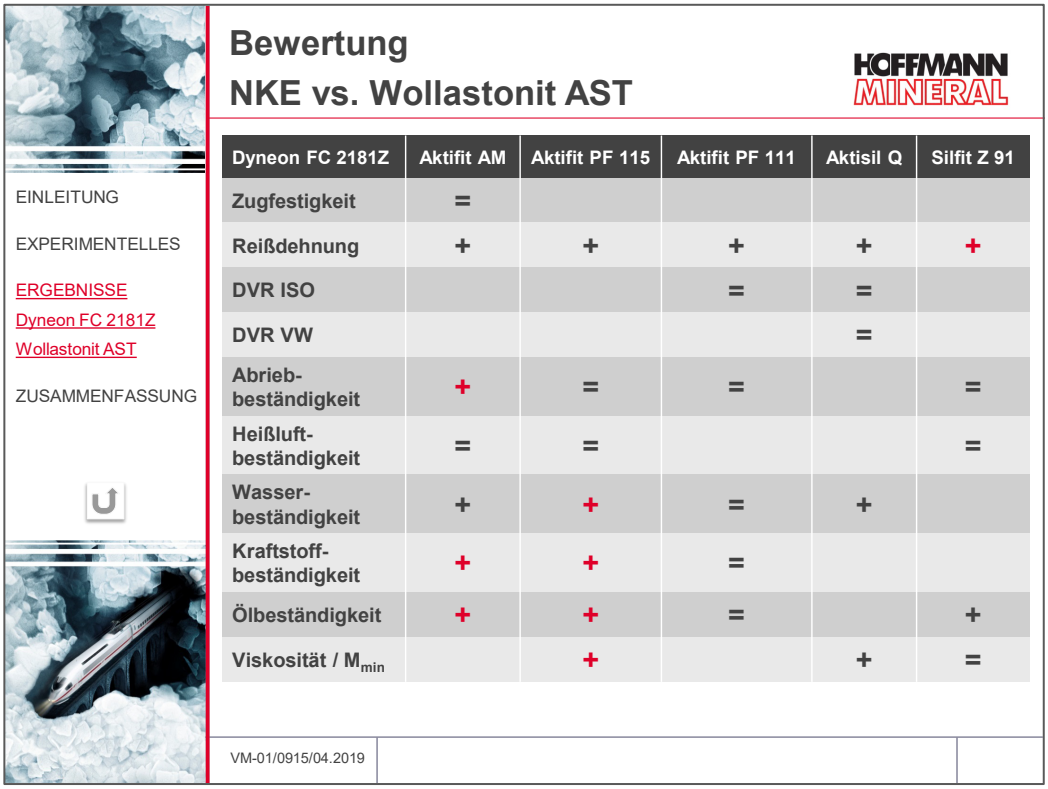

Woll. AST - Dyn. FC 2181Z
Motoröl vs. Wasser
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit AST
ZUSAMMENFASSUNG
Aktifit PF 111
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Silfit Z 91
Woll. AST
Aktisil Q
Verbesserung
Δ ZF, Öl OS206304, 168 h / 150 °C [%]
Δ ZF, Wasser, 168 h / 60 °C [%]
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-40
-30
-20
-10
0
VM-01/0915/04.2019

Abb. 18

3.2.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit AST

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. Wollastonit AST

HOFFMANN MINERAL

Dyneon FC 2181Z	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit	=				
Reißdehnung	+	+	+	+	+
DVR ISO			=	=	
DVR VW				=	
Abrieb-beständigkeit	+	=	=		=
Heißluft-beständigkeit	=	=			=
Wasser-beständigkeit	+	+	=	+	
Kraftstoff-beständigkeit	+	+	=		
Ölbeständigkeit	+	+	=		+
Viskosität / M_{min}		+		+	=

VM-01/0915/04.2019

Abb. 19

Abb. 19 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber aminosilan-behandeltem Wollastonit entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Mit dem Aktifit PF 115 und Aktisil Q ergibt sich eine für den Spritzguss vorteilhaftere Viskosität.

3.3 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit EST

Füllstoffdosierung:

Wollastonit EST	45 phr
Neuburger Kieselerde	30 phr
resultierender Härtebereich	70 ± 5 Shore A

3.3.1 Mechanische Eigenschaften

Gegenüber dem epoxysilanbehandelten Wollastonit kann Aktifit AM die Zugfestigkeit etwas erhöhen, die übrigen NKE-Typen liegen mit ihm auf einem vergleichbaren Niveau (Abb. 20).

Der Druckverformungsrest nach ISO reagiert praktisch nicht auf den Austausch des Wollastonits durch die verschiedenen Neuburger Kieselerde Typen (Abb. 21).

Abb. 22 zeigt wieder die Stärke von Aktisil Q bezüglich des Druckverformungsrestes, der nach der VW-Prüfung mit dem des Wollastonits auf einem vergleichbaren Niveau herauskommt.

Bei vergleichbarem Druckverformungsrest (ISO) kann mit allen NKE-Typen die Reißdehnung, die mit dem epoxysilanbehandelten Wollastonit erreicht wird, deutlich verbessert werden (Abb. 23).

Für hohe Anforderungen an die Abriebbeständigkeit ist Aktifit AM einsetzbar, das den Wollastonit übertrifft (Abb. 24).

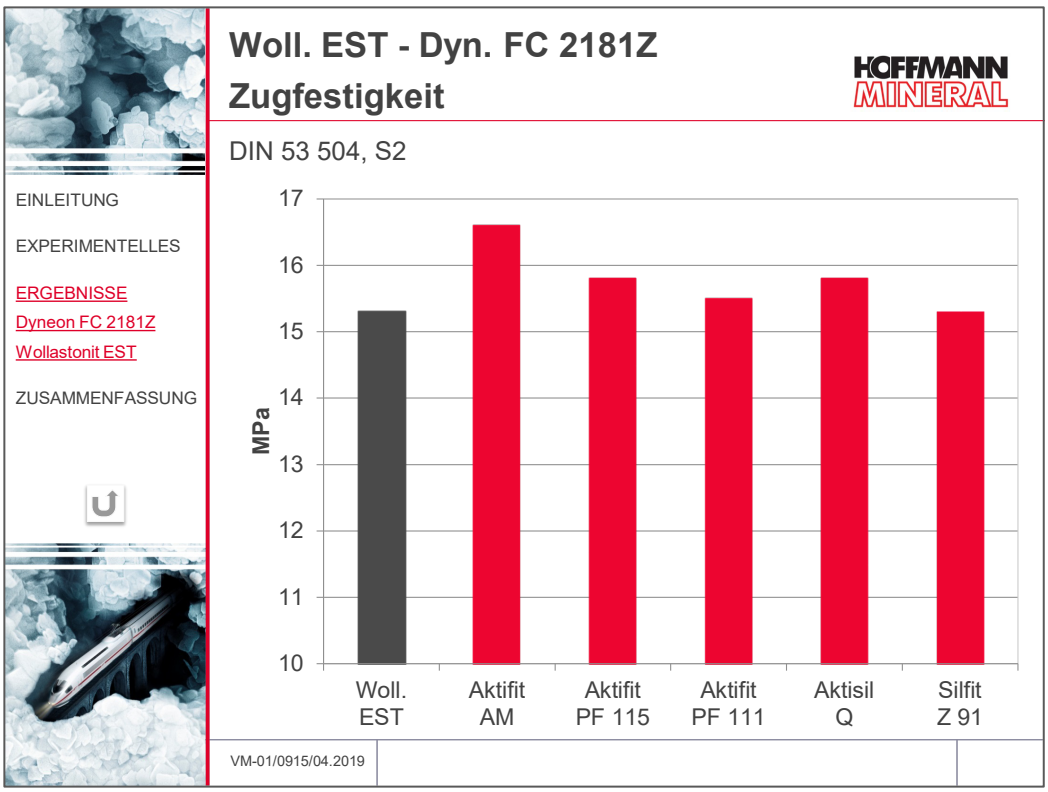


Abb. 20

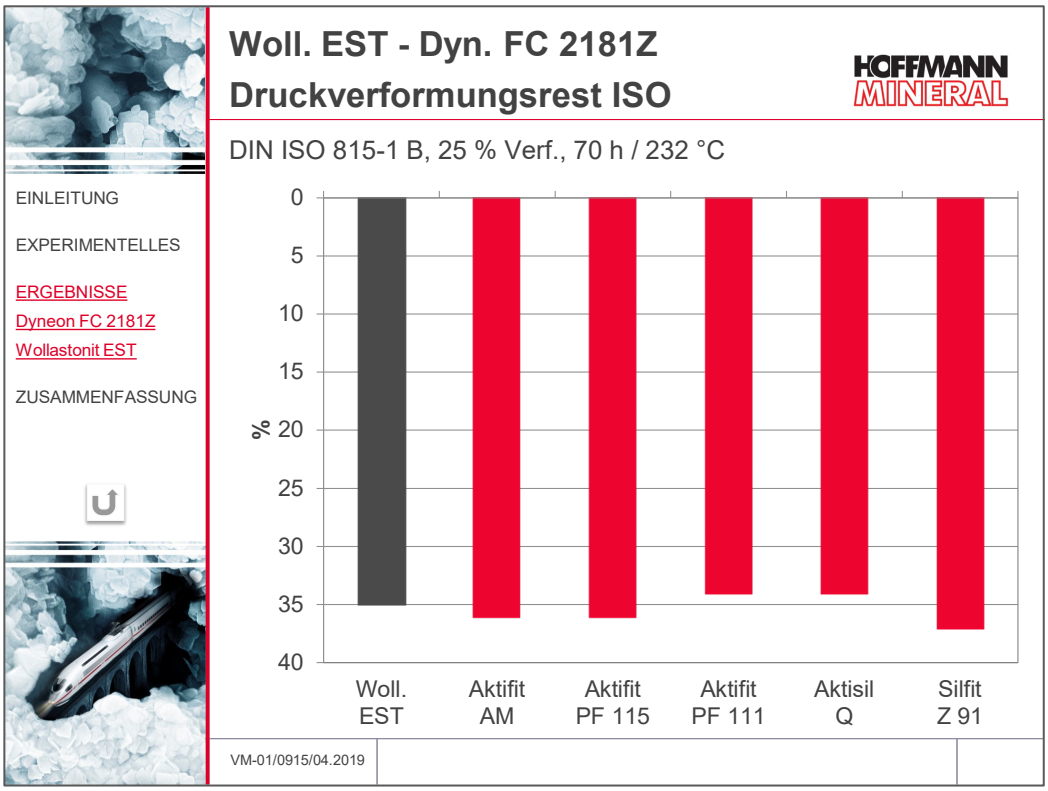

Woll. EST - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
%
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Woll. EST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 21

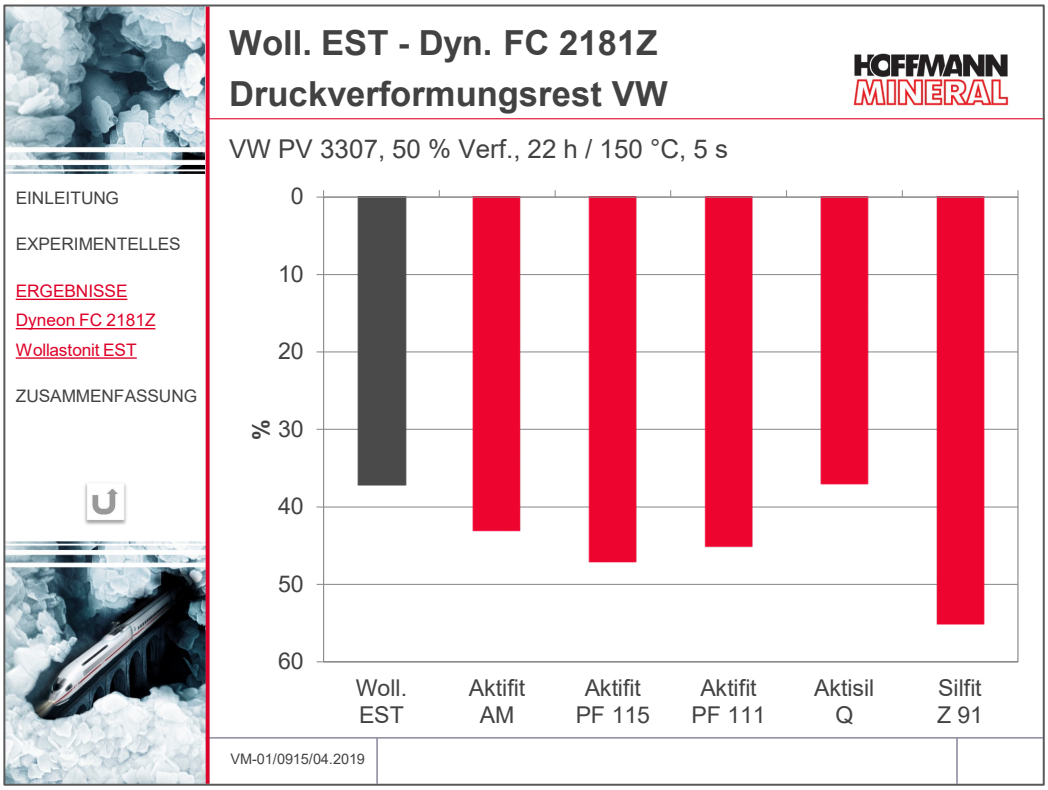

Woll. EST - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest VW
HOFFMANN MINERAL
VW PV 3307, 50 % Verf., 22 h / 150 °C, 5 s
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
%
0
10
20
30
40
50
60
Woll. EST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 22

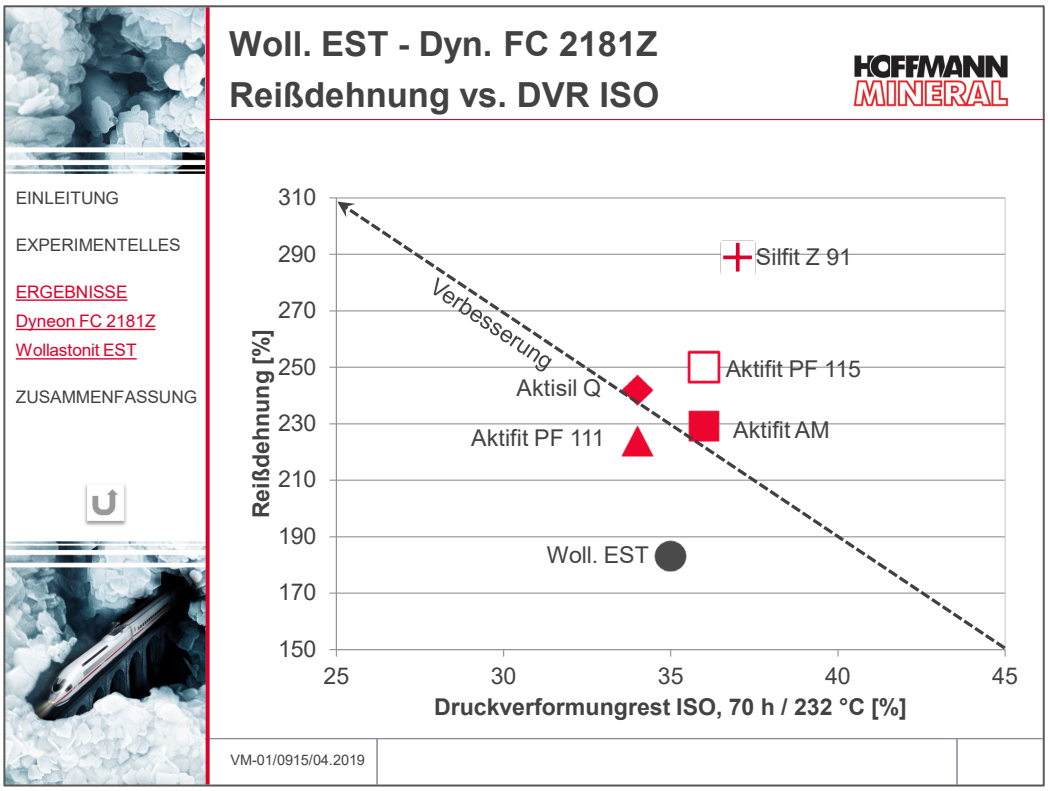

Woll. EST - Dyn. FC 2181Z
Reißdehnung vs. DVR ISO
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
310
290
270
250
230
210
190
170
150
25
30
35
40
45
Druckverformungrest ISO, 70 h / 232 °C [%]
Verbesserung
Silfit Z 91
Aktifit PF 115
Aktisil Q
Aktifit AM
Aktifit PF 111
Woll. EST
VM-01/0915/04.2019

Abb. 23

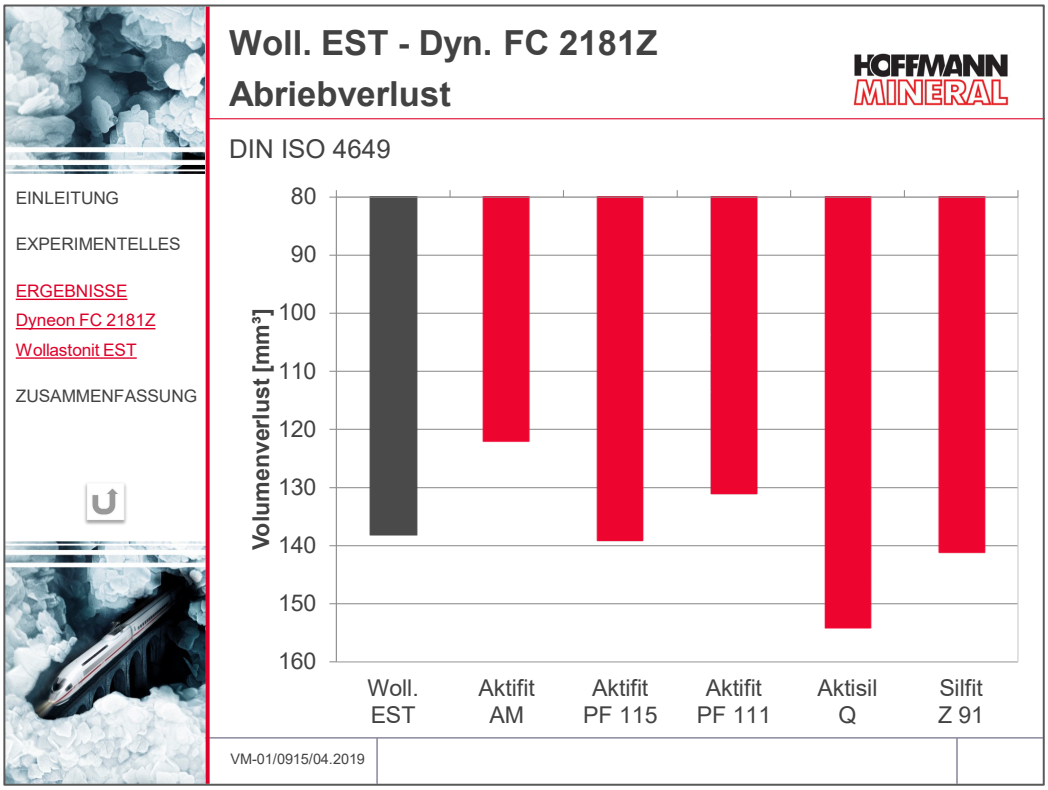

Woll. EST - Dyn. FC 2181Z
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
80
90
100
110
120
130
140
150
160
Woll. EST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 24

3.3.2 Medienbeständigkeit

Mit Aktifit AM, Aktifit PF 115 und Silfit Z 91 ist die Beständigkeit der Vulkanisate gegen Heißluft vergleichbar mit der des epoxysilanbehandelten Wollastonit gefüllten (Abb. 25).

Die Kraftstoffbeständigkeit des Compounds mit dem epoxysilanbehandelten Wollastonit wird durch die beiden amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerden Aktifit AM und Aktifit PF 115 leicht erreicht.

Diese beiden Füllstoffe sind, wie auch Aktisil Q in der Lage, die Wasserbeständigkeit gegenüber dem Wollastonit noch einmal deutlich zu erhöhen, während Aktifit PF 111 und Silfit Z 91 hier mit ihm gleichauf liegen.

Insbesondere das Aktifit PF 115 ergibt eine gute Kombination aus Wasser- und Ölbeständigkeit (Abb. 26) und erweist sich somit als bestes Produkt für eine Breitbandbeständigkeit.

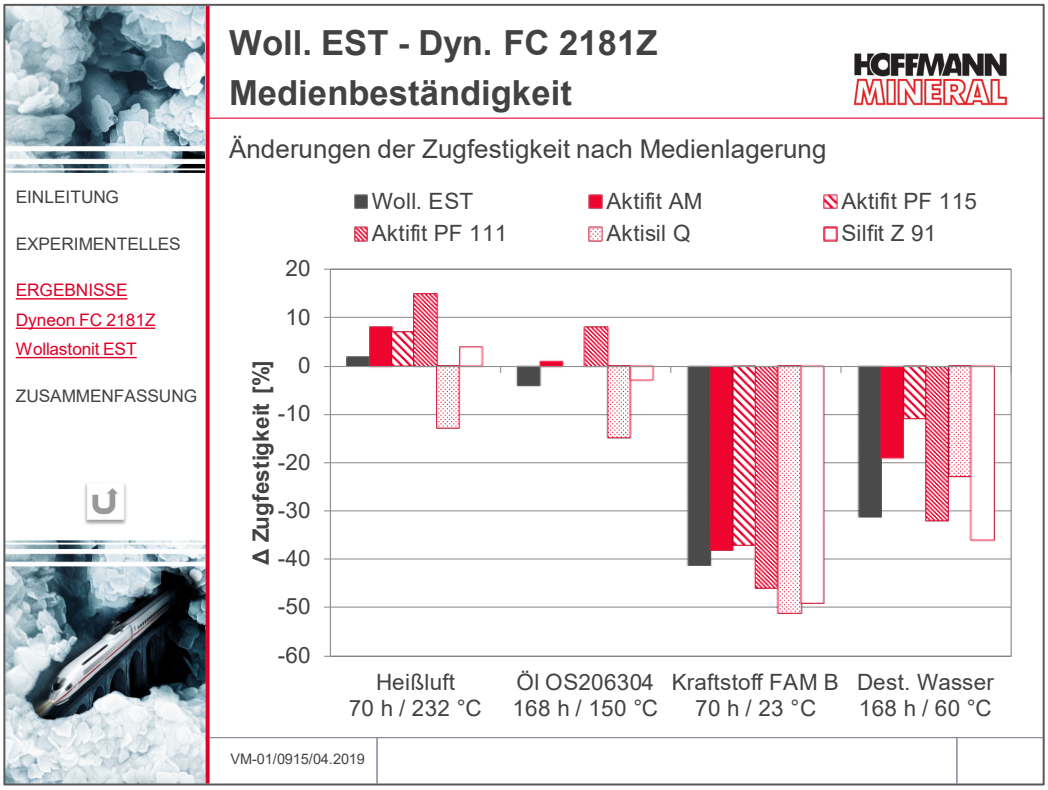


Abb. 25

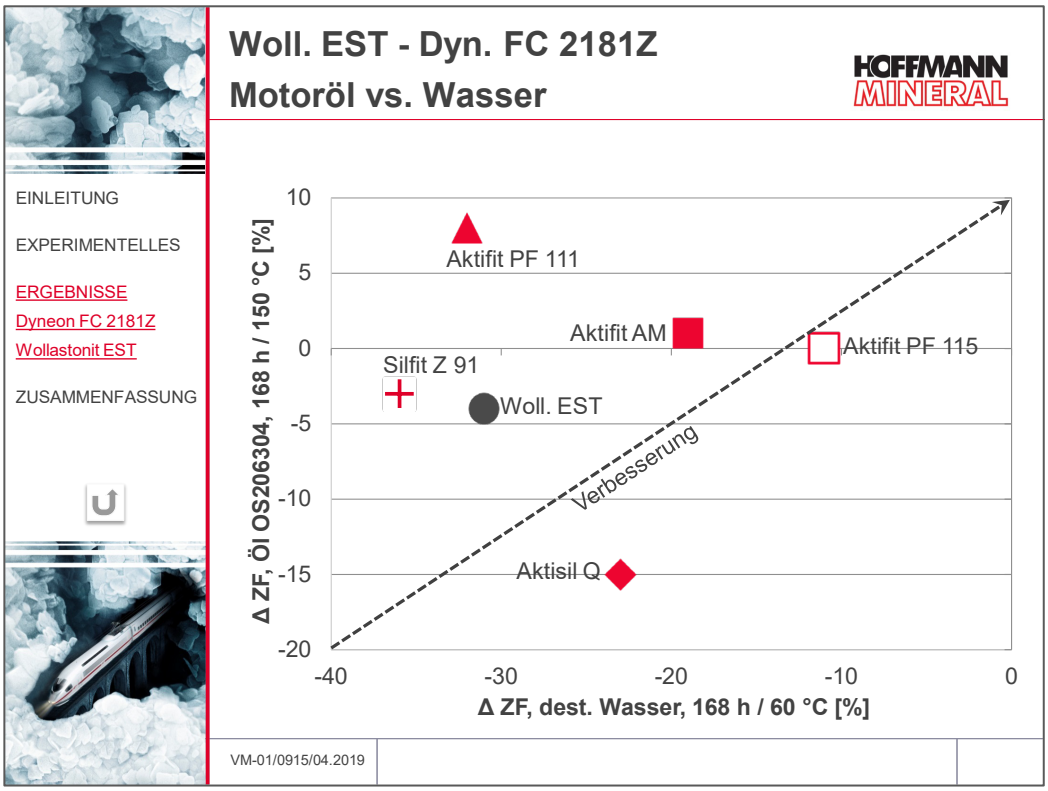
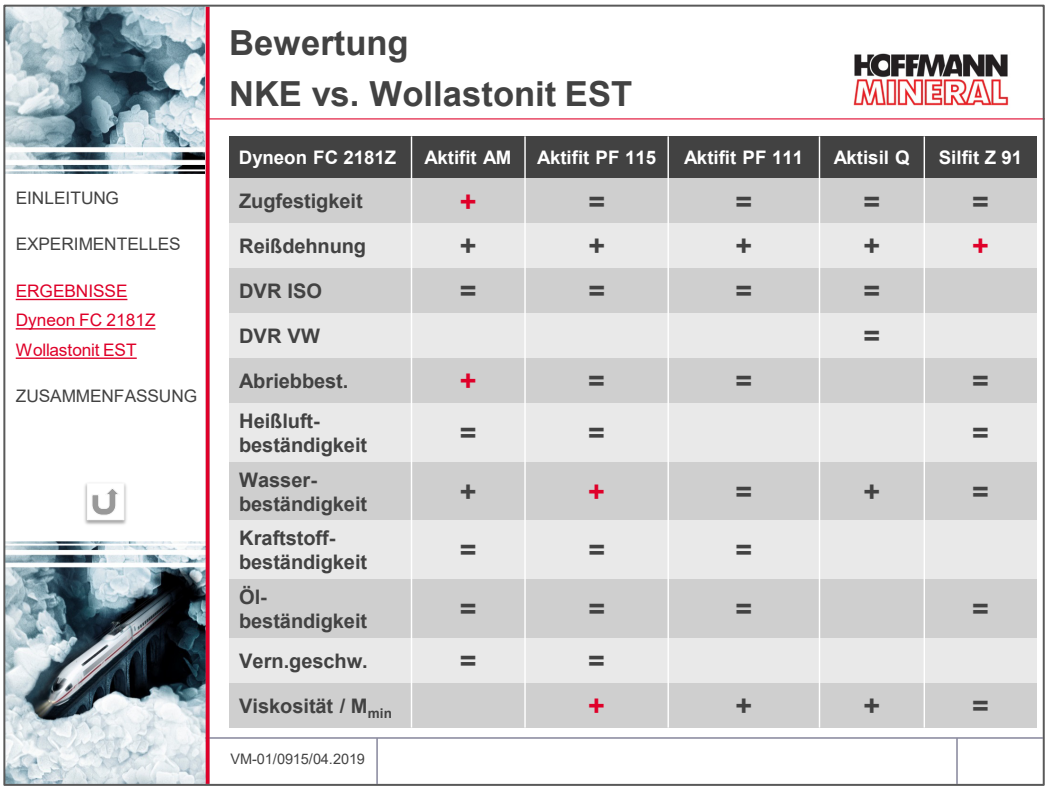

Woll. EST - Dyn. FC 2181Z
Motoröl vs. Wasser
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Aktifit PF 111
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Silfit Z 91
Woll. EST
Verbesserung
Aktisil Q
Δ ZF, Öl OS206304, 168 h / 150 °C [%]
Δ ZF, dest. Wasser, 168 h / 60 °C [%]
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-40
-30
-20
-10
0
VM-01/0915/04.2019

Abb. 26

Bewertung der Ergebnisse:
Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Wollastonit EST

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. Wollastonit EST

HOFFMANN MINERAL

Dyneon FC 2181Z	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit	+	=	=	=	=
Reißdehnung	+	+	+	+	+
DVR ISO	=	=	=	=	
DVR VW				=	
Abriebbest.	+	=	=		=
Heißluft-beständigkeit	=	=			=
Wasser-beständigkeit	+	+	=	+	=
Kraftstoff-beständigkeit	=	=	=		
Öl-beständigkeit	=	=	=		=
Vern.geschw.	=	=			
Viskosität / M_{min}		+	+	+	=

VM-01/0915/04.2019

Abb. 27

Abb. 27 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber epoxysilan-behandeltem Wollastonit entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Die beiden amino-funktionellen NKE-Typen Aktifit AM und Aktifit PF 115 beschleunigen gegenüber den übrigen Neuburger Kieselerden die Vernetzung, wodurch sie hier mit dem Wollastonit gleichziehen.

Eine für den Spritzguss vorteilhaftere Viskosität ergibt sich mit dem Aktifit PF 115, Aktifit PF 111 und Aktisil Q.

3.4 Neuburger Kieselerde gegen Bariumsulfat

Füllstoffdosierung:

Bariumsulfat (gefällt)	74 phr
Neuburger Kieselerde	30 phr
resultierender Härtebereich	70 ± 5 Shore A

3.4.1 Mechanische Eigenschaften

Die Zugfestigkeit, die sich durch den Einsatz des Bariumsulfats ergibt, kann mit allen Neuburger Kieselerden deutlich übertroffen werden (Abb. 28).

In Abb. 29 ist die Reißdehnung gegen den Abrieb als Volumenverlust aufgetragen. Die nicht oberflächenbehandelte Kalzinierte Neuburger Kieselerde Silfit Z 91 stellt das direkte Pendant zum Bariumsulfat dar. Sie kann bei einer leicht verbesserten Reißdehnung die Abriebbeständigkeit deutlich erhöhen.

Letzteres gilt auch für die oberflächenbehandelten NKE-Typen, deren Reißdehnung trotz der Oberflächenmodifizierung noch auf einem sehr guten Niveau herauskommt.

Abb. 30 zeigt noch einmal die Volumenverluste der einzelnen Vulkanisate im Detail. So erzielt Aktifit AM mit einer Halbierung der Werte gegenüber Bariumsulfat das beste Resultat.

Der Druckverformungsrest nach ISO ist mit den beiden amino-funktionellen Neuburger Kieselerden auf einem mit dem Bariumsulfat vergleichbaren Niveau (Abb. 31). Aktifit PF 111 und Aktisil Q senken ihn etwas und führen damit zu einer leichten Verbesserung gegenüber dem Bariumsulfat.

Aktisil Q ergibt auch bei der Prüfung des Druckverformungsrestes nach VW einen etwas besseren Wert (Abb. 32).

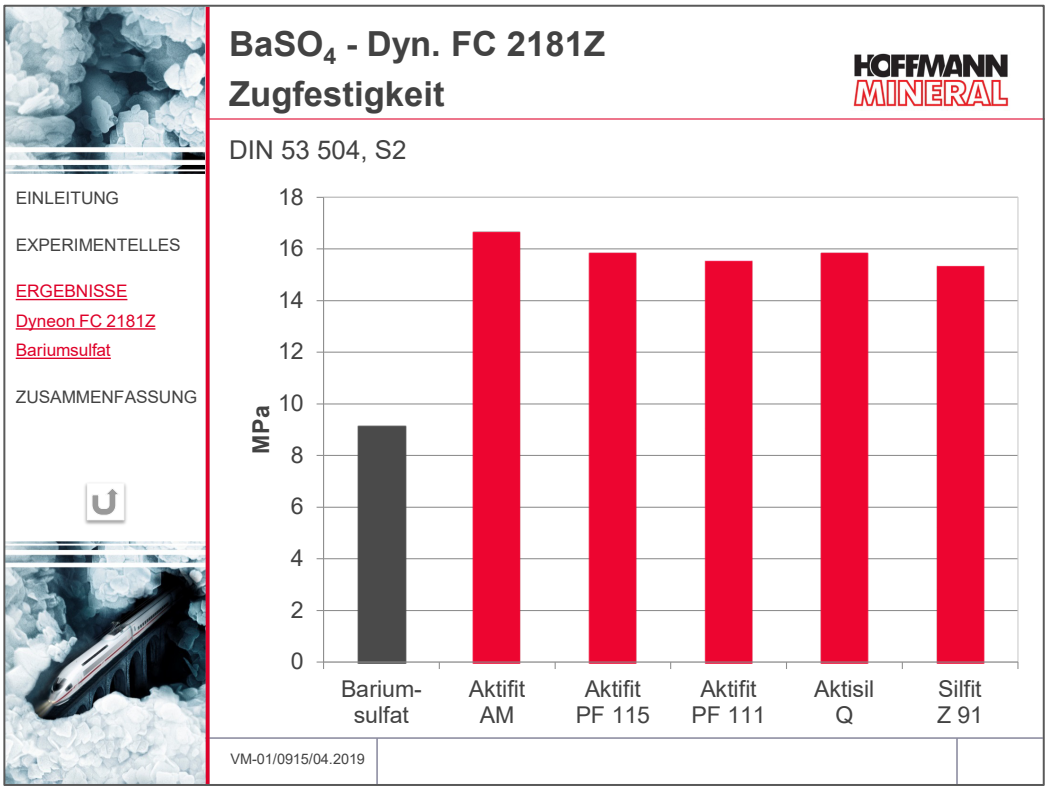


Abb. 28

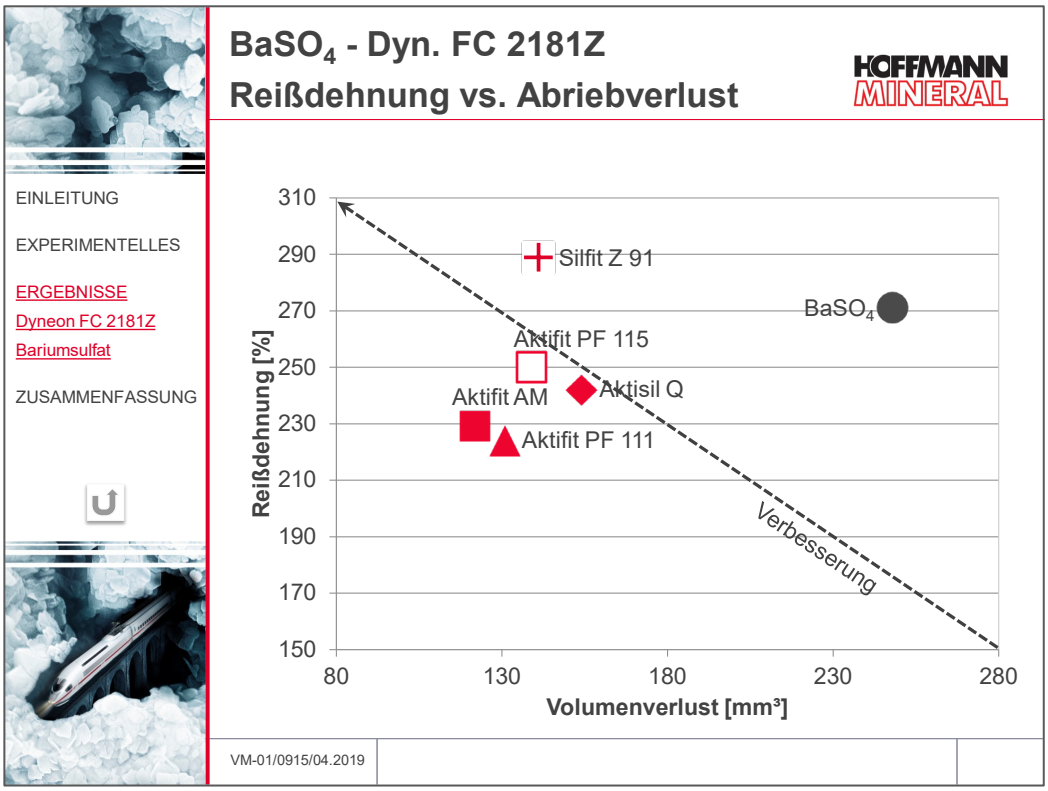

BaSO4 - Dyn. FC 2181Z
Reißdehnung vs. Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
310
290
270
250
230
210
190
170
150
80
130
180
230
280
Volumenverlust [mm³]
Silfit Z 91
BaSO4
Aktifit PF 115
Aktifit AM
Aktisil Q
Aktifit PF 111
Verbesserung
VM-01/0915/04.2019

Abb. 29

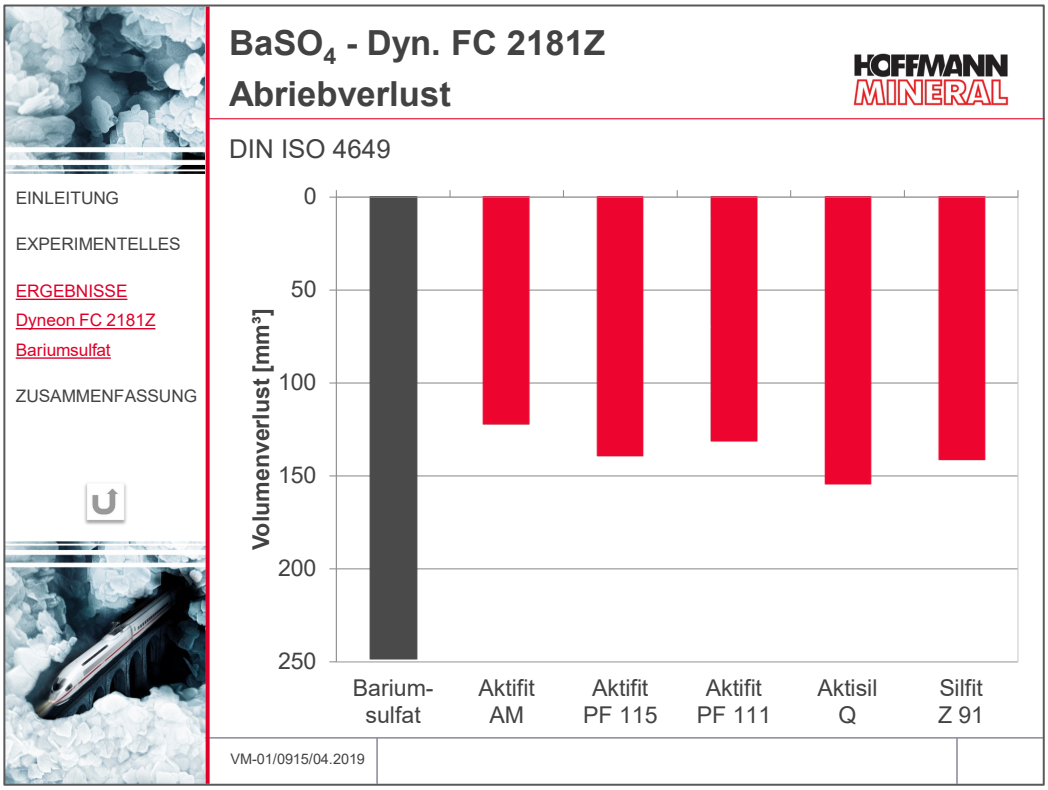

BaSO4 - Dyn. FC 2181Z
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
0
50
100
150
200
250
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 30

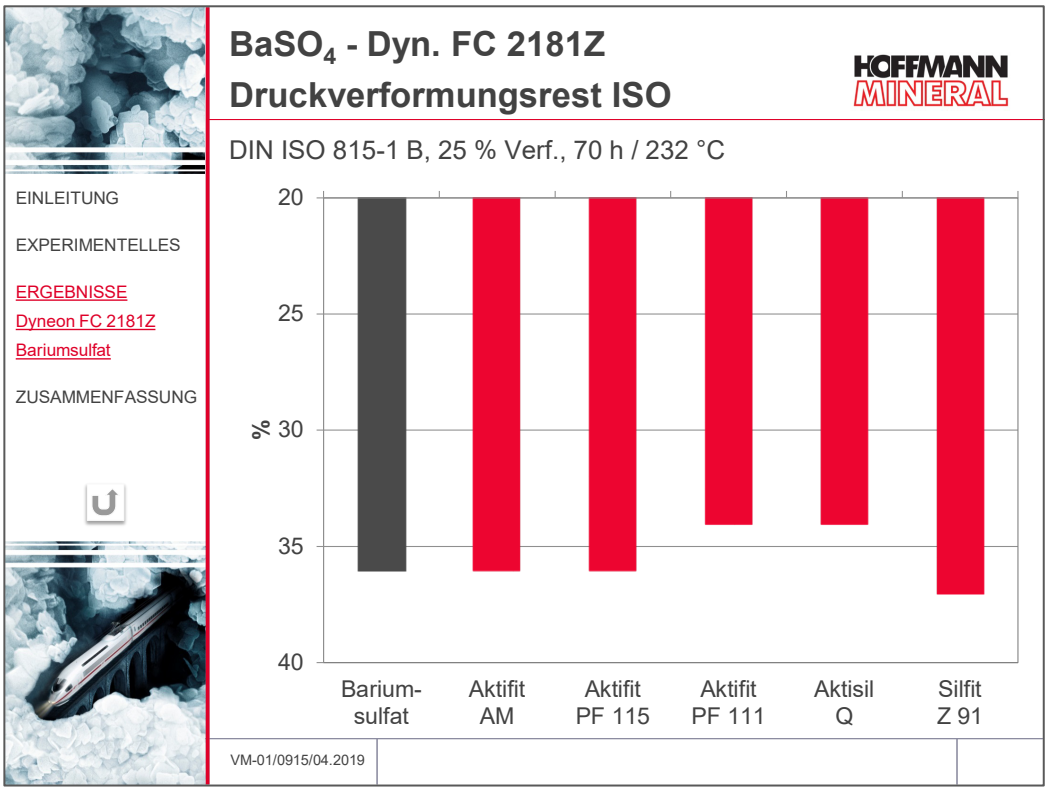

BaSO4 - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
%
20
25
30
35
40
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 31

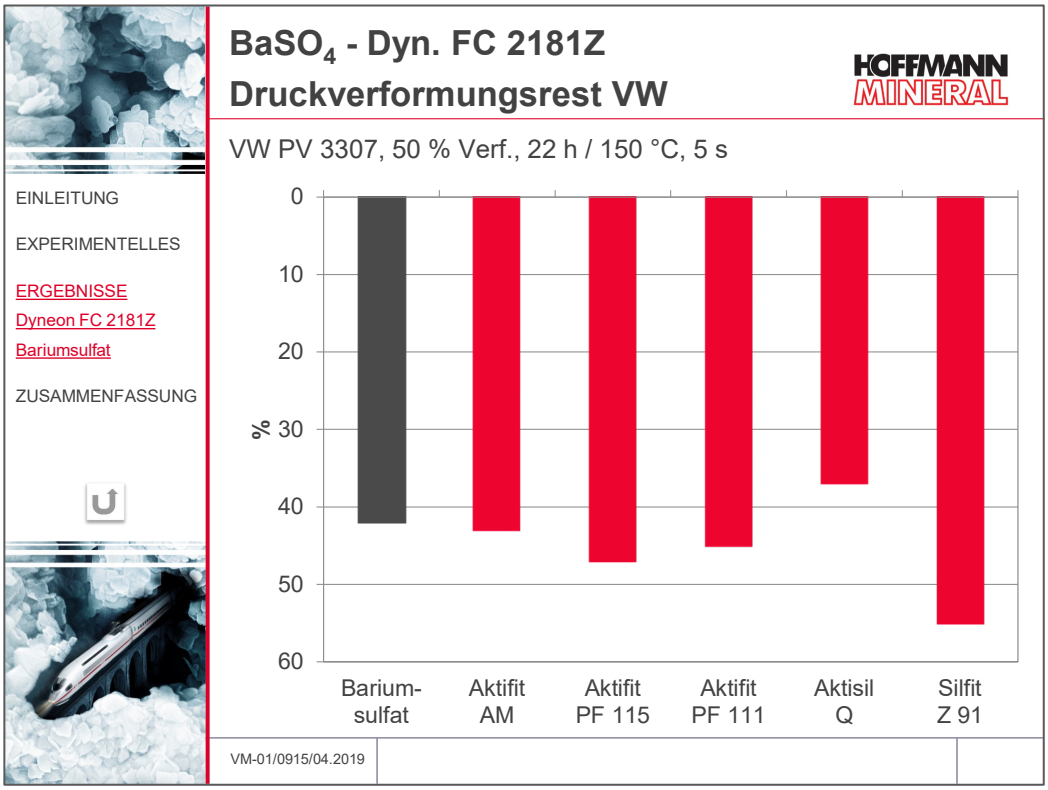

BaSO4 - Dyn. FC 2181Z
Druckverformungsrest VW
HOFFMANN MINERAL
VW PV 3307, 50 % Verf., 22 h / 150 °C, 5 s
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
%
0
10
20
30
40
50
60
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 32

3.4.2 Medienbeständigkeit

Auf die Beständigkeit gegen Heißluft (Abb. 33) hat die Wahl des Füllstoffes keinen signifikanten Einfluss.

Die beiden amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerden Aktifit AM und Aktifit PF 115 bewirken eine Erhöhung der Kraftstoffbeständigkeit nicht nur gegenüber den übrigen getesteten NKE-Typen, sondern auch gegenüber dem Bariumsulfat.

Aktifit AM, Aktifit PF 115 und Silfit Z 91 heben die Ölbeständigkeit gegenüber Bariumsulfat an, was besonders deutlich wird, wenn man die Änderung der Reißdehnung ebenfalls berücksichtigt (Abb. 34).

Während Aktifit AM mit Bariumsulfat gleichzieht, was die Wasserbeständigkeit anbelangt, so realisiert Aktifit PF 115 hier noch eine weitere Verbesserung. In Abb. 35 wird das besonders gut sichtbar.

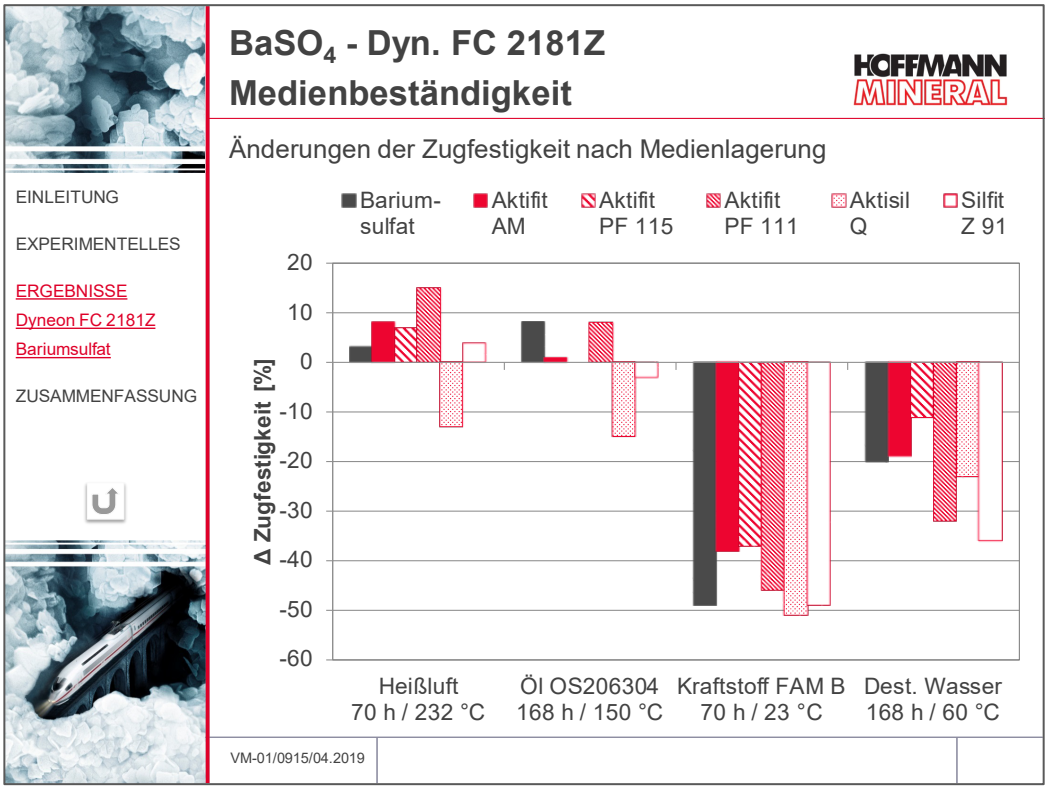


Abb. 33

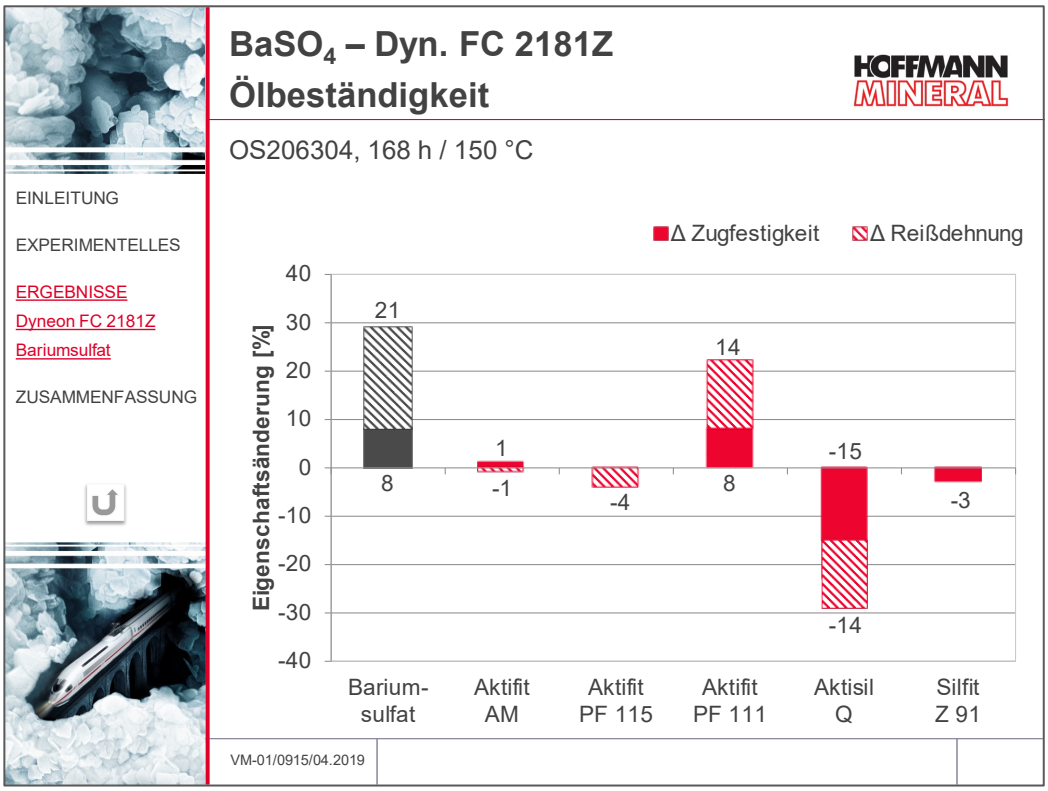

BaSO4 – Dyn. FC 2181Z
Ölbeständigkeit
HOFFMANN MINERAL
OS206304, 168 h / 150 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Δ Zugfestigkeit
Δ Reißdehnung
Eigenschaftsänderung [%]
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
21
8
1
-1
-4
14
8
-15
-14
-3
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 34

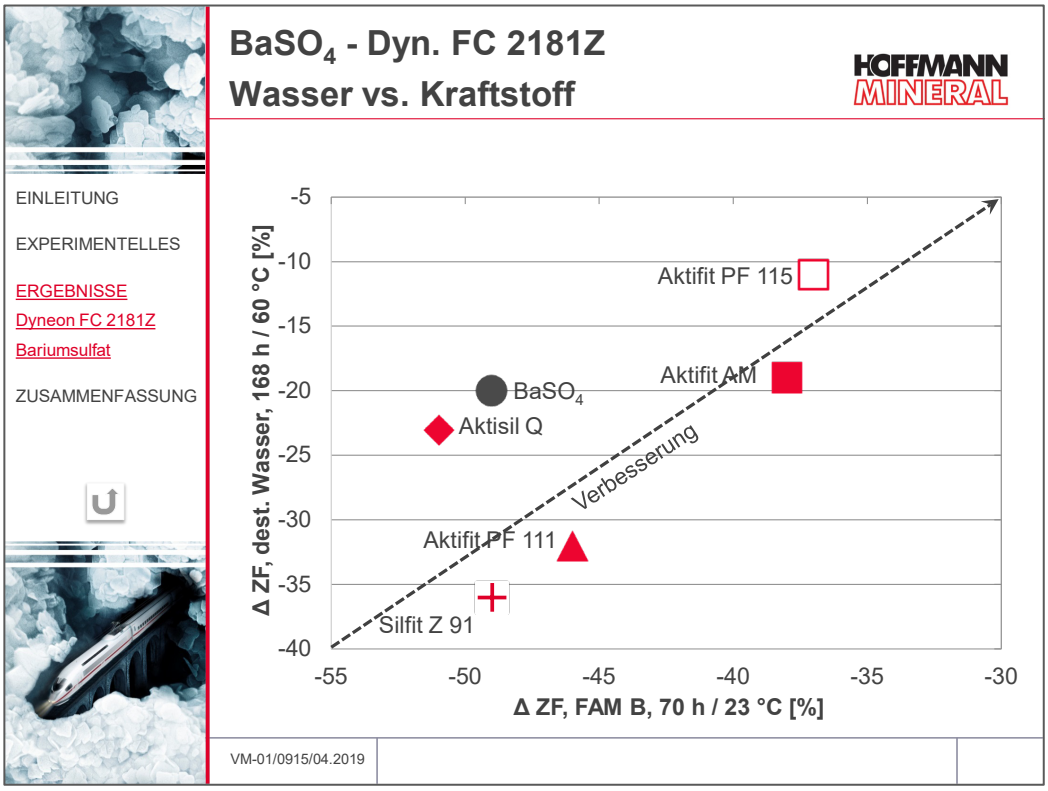
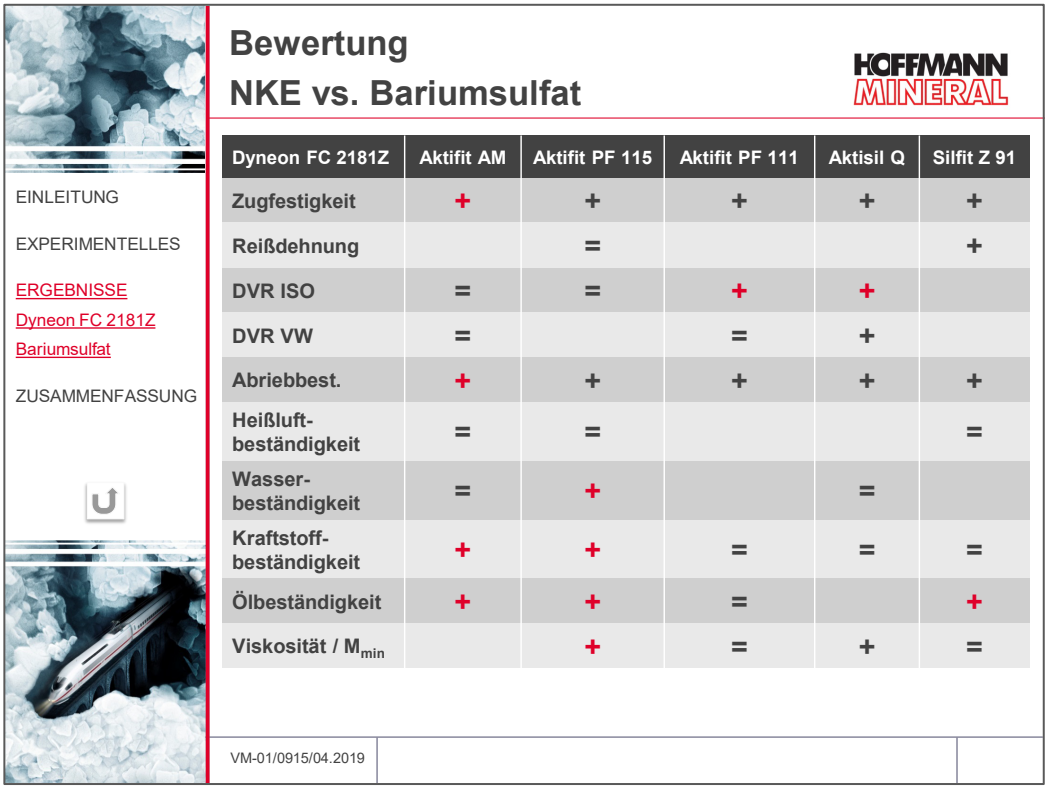

BaSO4 - Dyn. FC 2181Z
Wasser vs. Kraftstoff
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Δ ZF, dest. Wasser, 168 h / 60 °C [%]
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
Aktifit PF 115
Aktifit AM
BaSO4
Aktisil Q
Verbesserung
Aktifit PF 111
Silfit Z 91
-55
-50
-45
-40
-35
-30
Δ ZF, FAM B, 70 h / 23 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 35

3.4.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Dyneon FC 2181Z
Bariumsulfat

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. Bariumsulfat

HOFFMANN MINERAL

Dyneon FC 2181Z	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit	+	+	+	+	+
Reißdehnung		=			+
DVR ISO	=	=	+	+	
DVR VW	=		=	+	
Abriebbest.	+	+	+	+	+
Heißluft-beständigkeit	=	=			=
Wasser-beständigkeit	=	+		=	
Kraftstoff-beständigkeit	+	+	=	=	=
Ölbeständigkeit	+	+	=		+
Viskosität / M_{min}		+	=	+	=

VM-01/0915/04.2019

Abb. 36

Abb. 36 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber Bariumsulfat entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Eine für den Spritzguss vorteilhaftere Viskosität ergibt sich aus dem Einsatz von Aktifit PF 115 und Aktisil Q.

4 Ergebnisse – Viton A-201C

4.1 Neuburger Kieselerde gegen N990

Füllstoffdosierung:

Ruß N990	30 phr
Neuburger Kieselerde	45 phr
resultierender Härtebereich	80 ± 5 Shore A

4.1.1 Mechanische Eigenschaften

Die mit Ruß realisierbare Zugfestigkeit (Abb. 37) kann mit allen getesteten oberflächenbehandelten Neuburger Kieselerden übertroffen werden. Die höchste Festigkeit ergibt das mit der speziellen amino-funktionellen Gruppe modifizierte Aktifit PF 115. Silfit Z 91 kommt auf einem mit Ruß vergleichbaren Niveau heraus.

Abb. 38 zeigt den Druckverformungsrest nach ISO, der durch den Einsatz von Aktisil Q mit N990 vergleichbar ist. Wird der Ruß durch Silfit Z 91 ausgetauscht, so senkt das den Druckverformungsrest etwas und bewirkt so eine leichte Verbesserung.

Abb. 39 zeigt den Druckverformungsrest nach VW, der durch die beiden amino-funktiionellen Neuburger Kieselerden Aktifit AM und Aktifit PF 115 gegenüber dem Ruß schon leicht reduziert wird. Aktifit PF 111, Aktisil Q und Silfit Z 91 bringen noch eine weitere, deutliche Verbesserung.

Letzteres ergibt auch eine höhere Reißdehnung (Abb. 40), was gerade vor dem Hintergrund des verringerten Druckverformungsrestes besonders bemerkenswert ist.

Wieder sind die am besten geeigneten Produkte der getesteten Neuburger Kieselerden für eine Erhöhung der Abriebbeständigkeit die beiden mit amino-funktionellen Gruppe behandelten Typen Aktifit AM und Aktifit PF 115, wie aus Abb. 41 hervorgeht.

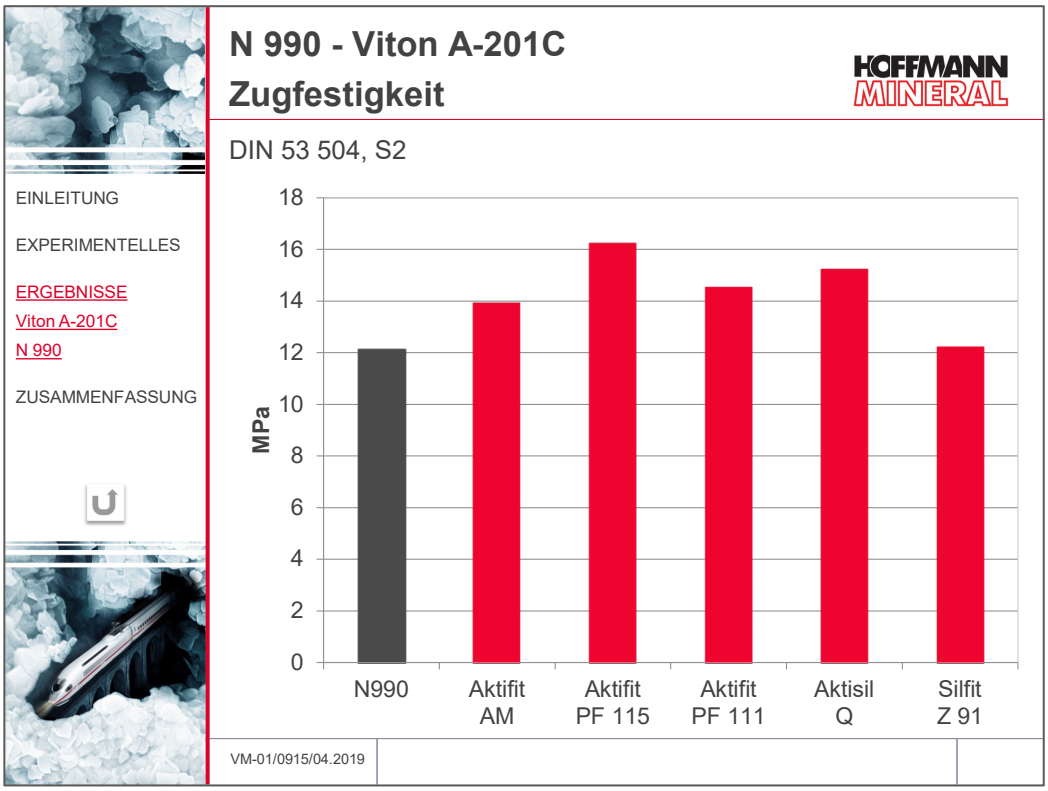


Abb. 37

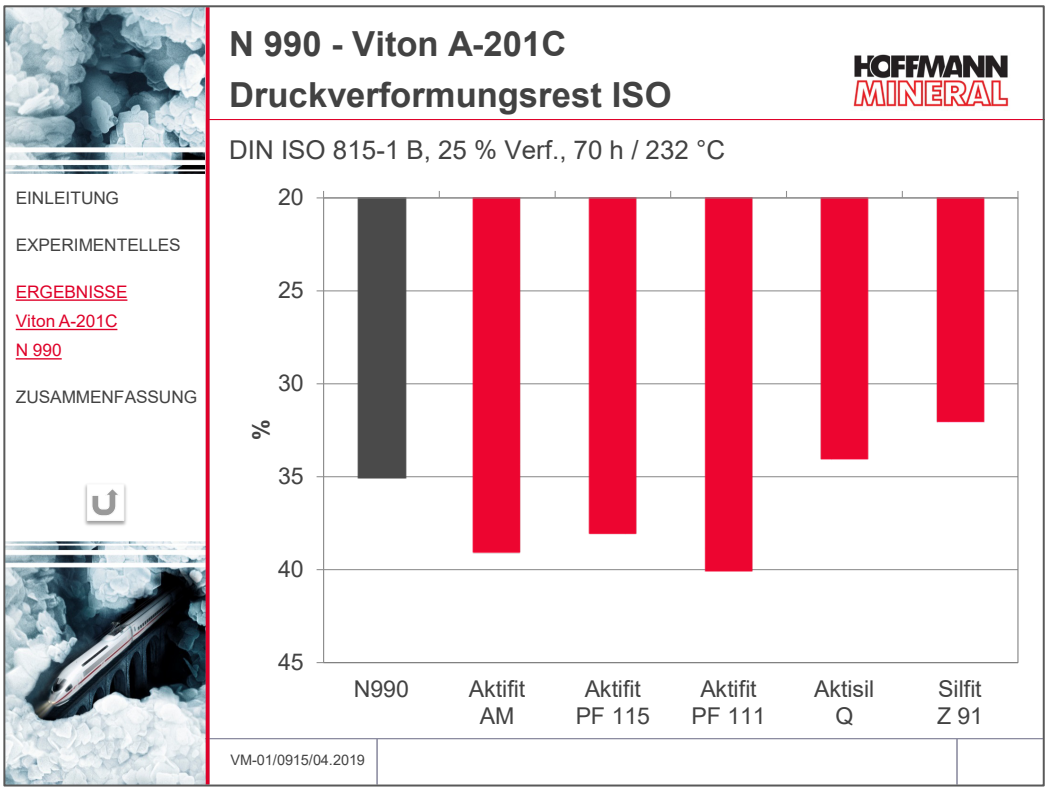

N 990 - Viton A-201C
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
%
20
25
30
35
40
45
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 38

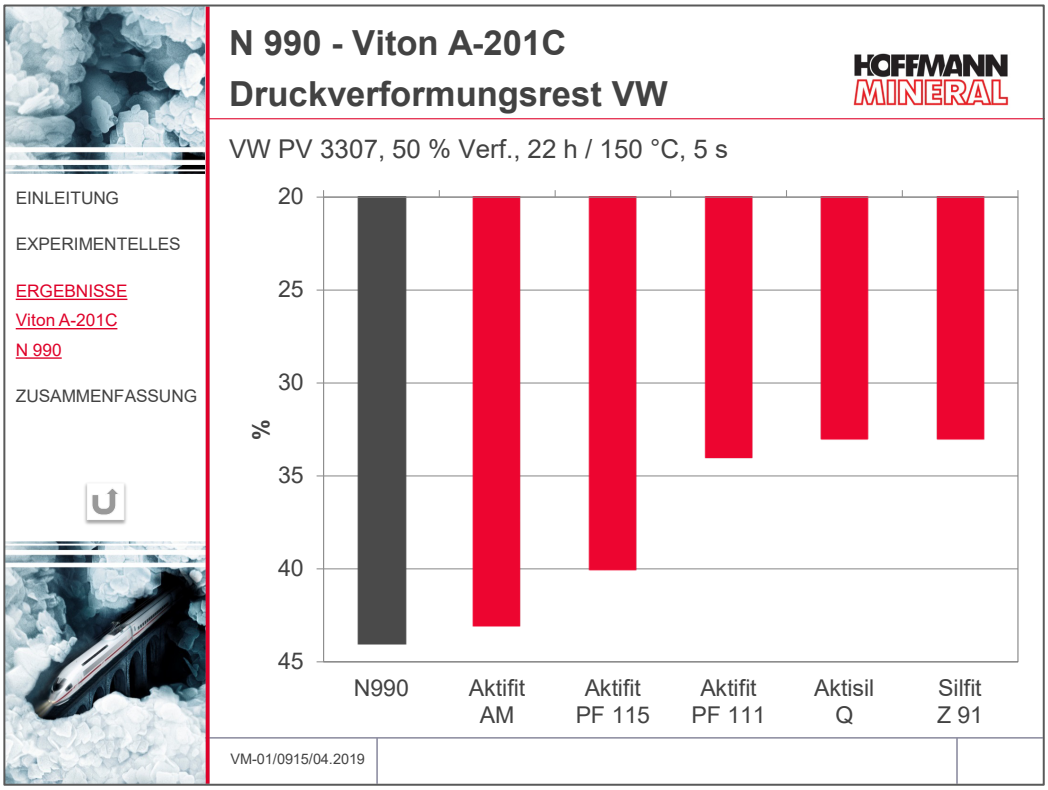

N 990 - Viton A-201C
Druckverformungsrest VW
HOFFMANN MINERAL
VW PV 3307, 50 % Verf., 22 h / 150 °C, 5 s
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
%
20
25
30
35
40
45
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 39

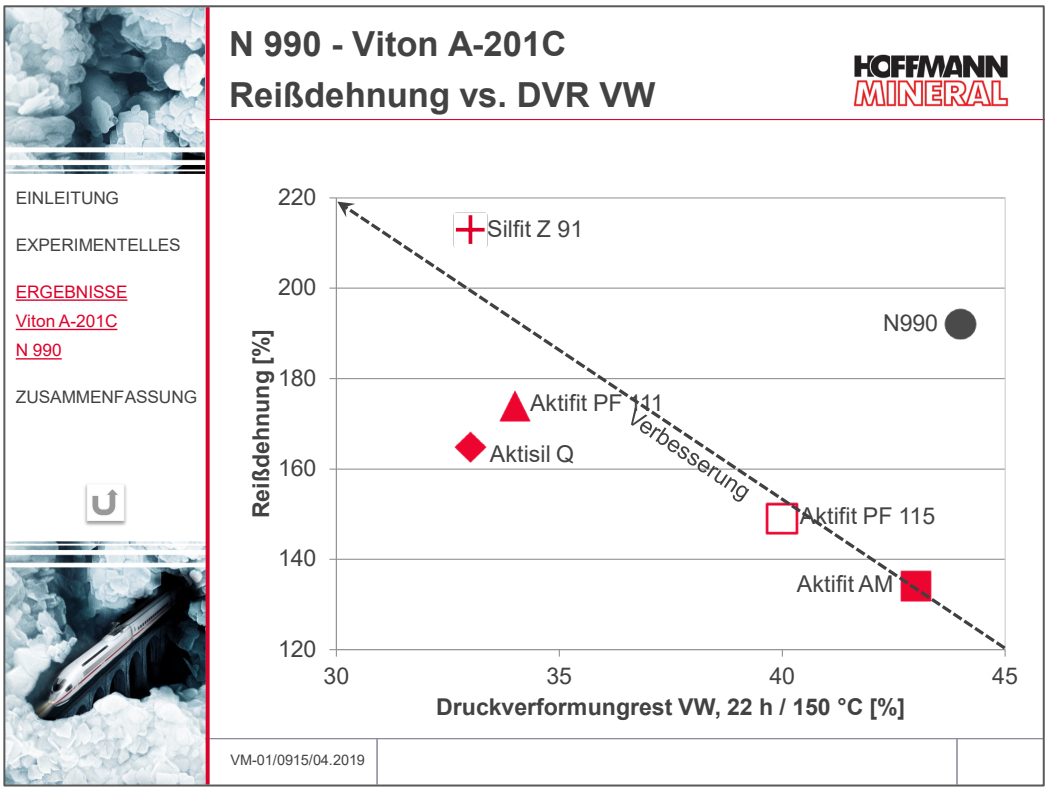

N 990 - Viton A-201C
Reißdehnung vs. DVR VW
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Silfit Z 91
N990
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Verbesserung
Aktifit PF 115
Aktifit AM
Reißdehnung [%]
220
200
180
160
140
120
30
35
40
45
Druckverformungrest VW, 22 h / 150 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 40

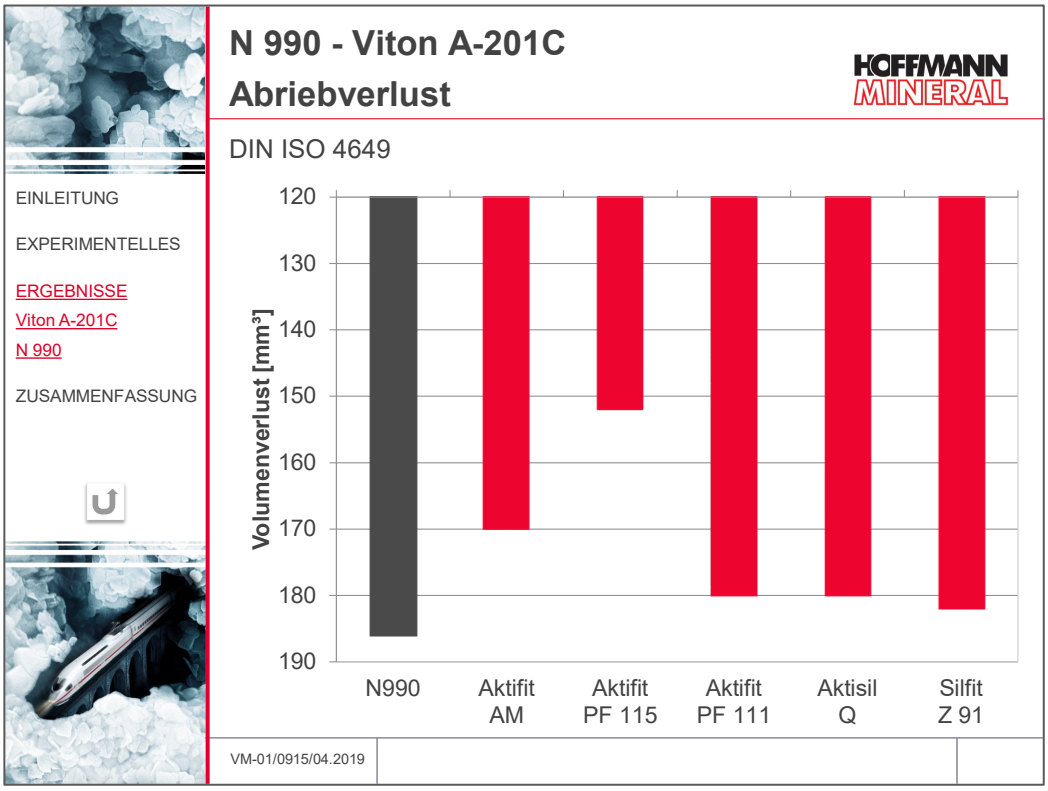

N 990 - Viton A-201C
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
120
130
140
150
160
170
180
190
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 41

4.1.2 Medienbeständigkeit

Die Heißluft- und Ölbeständigkeit können mit den Neuburger Kieselerden gegenüber dem Ruß verbessert werden (Abb. 42).

Durch die Verwendung der amino-funktionellen Varianten Aktifit AM oder Aktifit PF 115 können die Resistenzen der Vulkanisate gegenüber Wasser auf ein mit N990 vergleichbares Niveau gebracht werden.

Aktifit AM bzw. Aktifit PF 115 stellen bezüglich der Medienbeständigkeit in allen Prüfflüssigkeiten hervorragende Alternativen gegenüber dem Ruß in diesem Polymer dar, was sich besonders positiv in der verbesserten Ölbeständigkeit widerspiegelt, wie Abb. 43 unterstreicht.

Betrachtet man bezüglich der Kraftstoffbeständigkeit zusätzlich zur Änderung der Zugfestigkeit auch noch die Gewichts- und Volumenänderung (Abb. 44), so wird die Stärke von Aktifit AM bzw. Aktifit PF 115 besonders deutlich. Aktifit PF 111 ist ebenfalls ein Kandidat, der für eine Verbesserung der Kraftstoffbeständigkeit gegenüber N990 in Frage kommt.

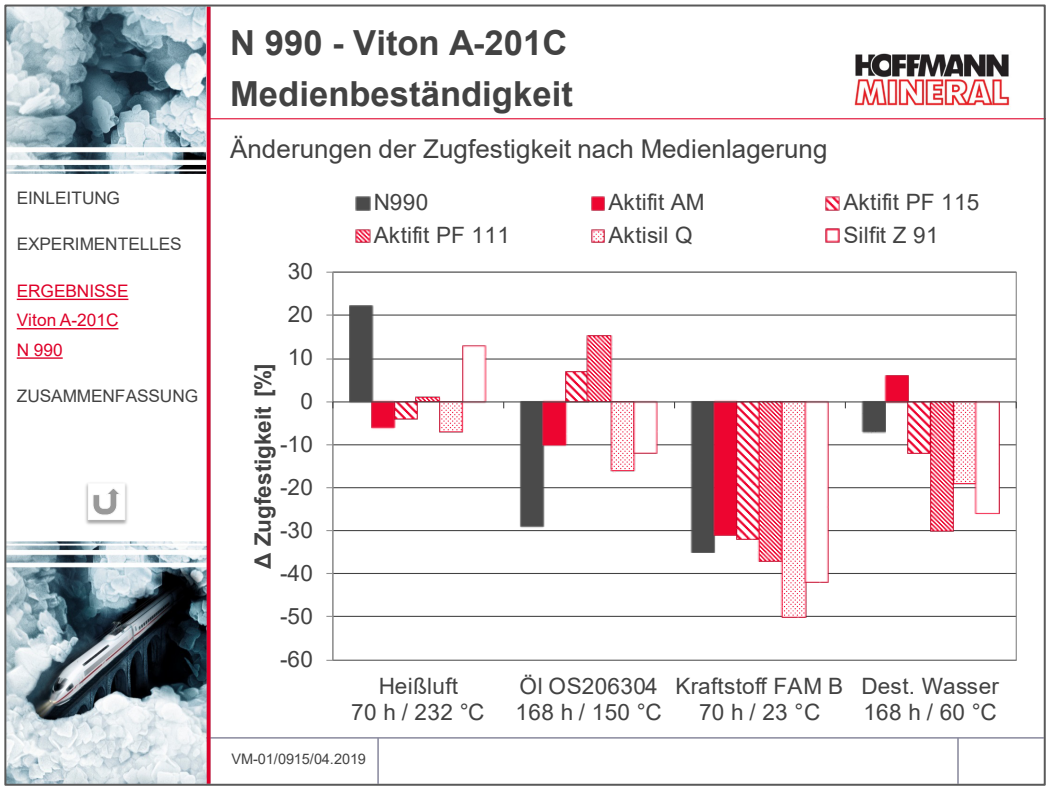


Abb. 42

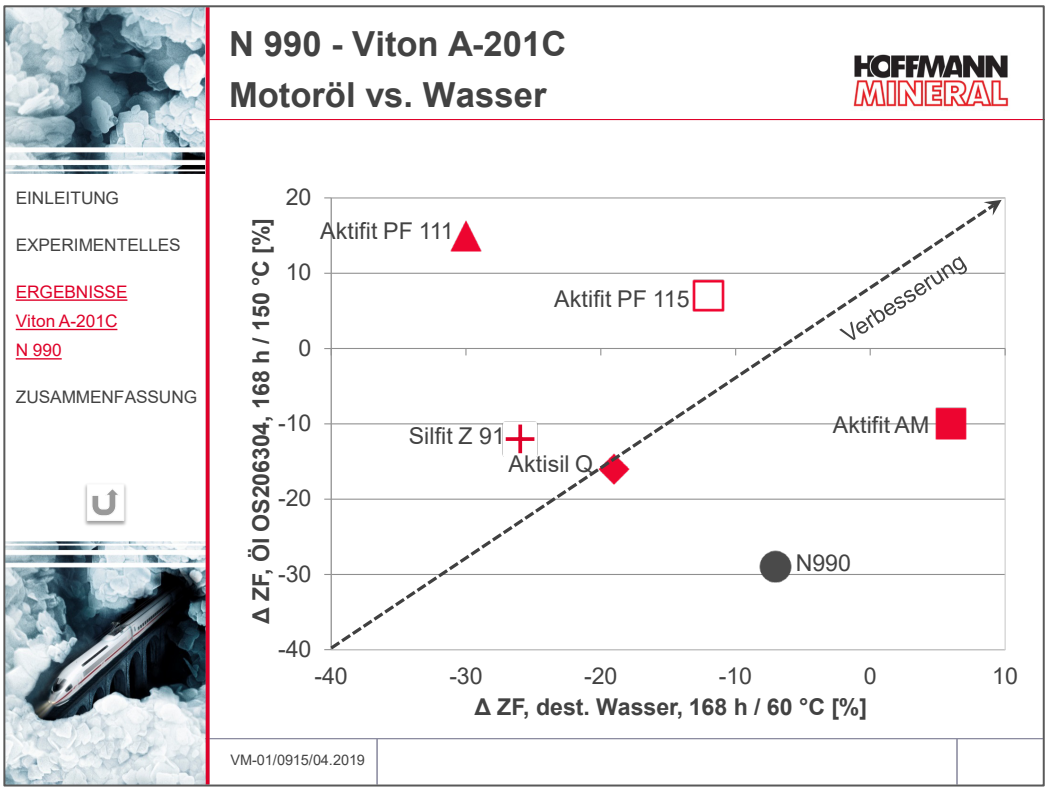

N 990 - Viton A-201C
Motoröl vs. Wasser
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Aktifit PF 111
Aktifit PF 115
Verbesserung
Silfit Z 91
Aktisil Q
Aktifit AM
N990
Δ ZF, Öl OS206304, 168 h / 150 °C [%]
Δ ZF, dest. Wasser, 168 h / 60 °C [%]
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-40
-30
-20
-10
0
10
VM-01/0915/04.2019

Abb. 43

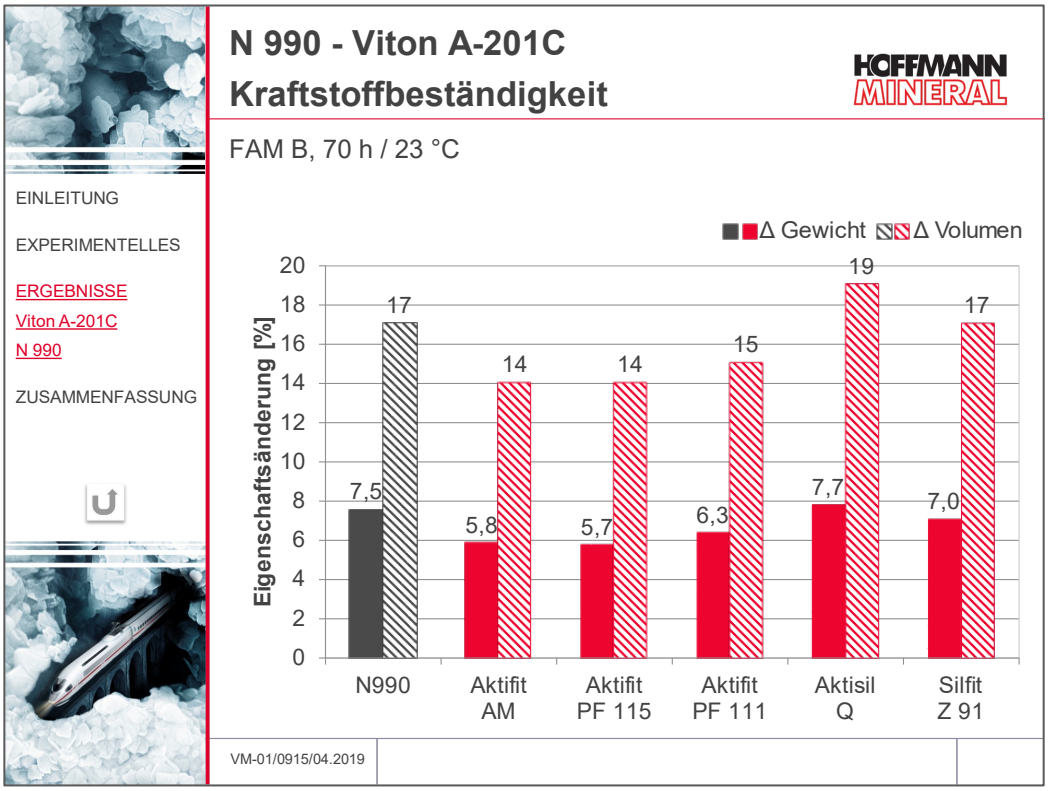
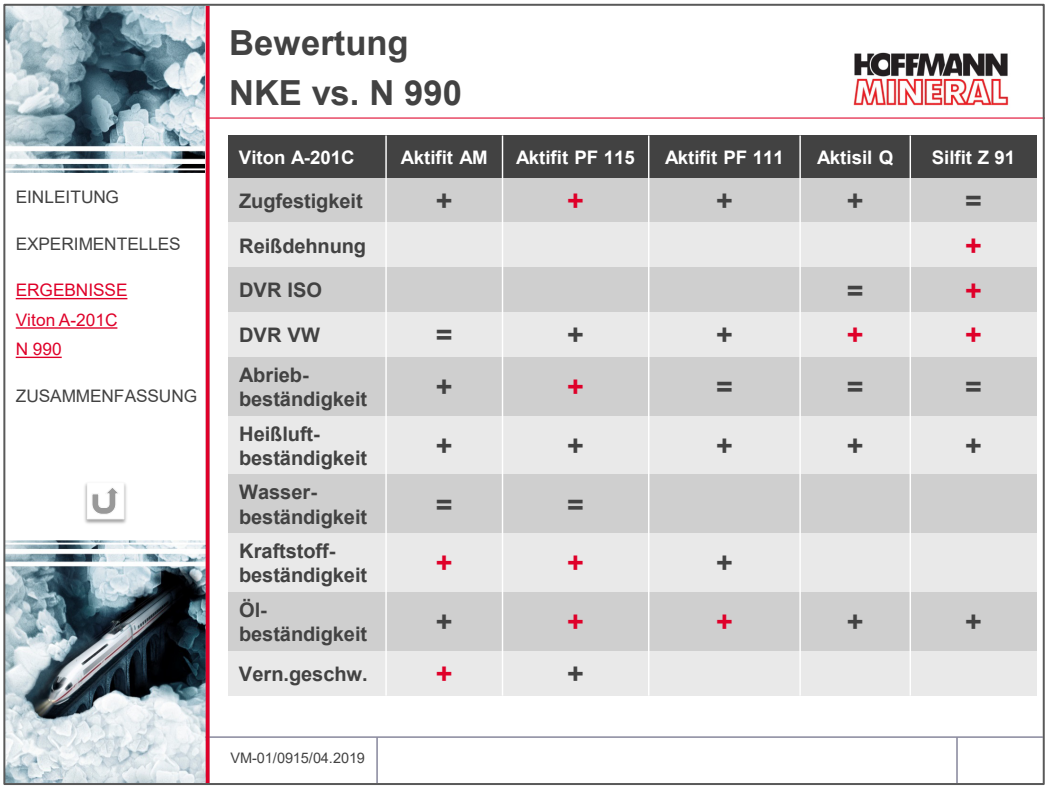

N 990 - Viton A-201C
Kraftstoffbeständigkeit
HOFFMANN MINERAL
FAM B, 70 h / 23 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Δ Gewicht
Δ Volumen
Eigenschaftsänderung [%]
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
7,5
17
5,8
14
5,7
14
6,3
15
7,7
19
7,0
17
N990
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 44

4.1.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. N 990

HOFFMANN MINERAL

Viton A-201C	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit	+	+	+	+	=
Reißdehnung					+
DVR ISO				=	+
DVR VW	=	+	+	+	+
Abrieb-beständigkeit	+	+	=	=	=
Heißluft-beständigkeit	+	+	+	+	+
Wasser-beständigkeit	=	=			
Kraftstoff-beständigkeit	+	+	+		
Öl-beständigkeit	+	+	+	+	+
Vern.geschw.	+	+			

VM-01/0915/04.2019

Abb. 45

Abb. 45 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber N990 entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Die beiden amino-funktionellen NKE-Typen Aktifit AM und Aktifit PF 115 beschleunigen gegenüber Ruß die Vernetzung.

4.2 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit AST

Füllstoffdosierung:

Wollastonit AST	45 phr
Neuburger Kieselerde	30 phr
resultierender Härtebereich	70 ± 5 Shore A

4.2.1 Mechanische Eigenschaften

Mit Silfit Z 91, Aktifit PF 111 und Aktisil Q kann die Zugfestigkeit (Abb. 46), die mit dem aminosilanbehandelten Wollastonit erreicht wird, nicht eingehalten werden. Die beiden amino-funktionellen NKE-Typen Aktifit AM und Aktifit PF 115 hingegen kommen fast an das Niveau des Wollastonits heran.

Alle NKE-Typen verbessern die Reißdehnung gegenüber dem aminosilanbehandelten Wollastonit (Abb. 47). Der beste Wert wird mit Silfit Z 91 erreicht, welches auch den besten Druckverformungsrest nach ISO (Abb. 48) markiert.

Liegt der Fokus auf dem Druckverformungsrest nach VW PV 3307 (Abb. 49), dann bietet sich der Einsatz von Aktisil Q an, welches hier mit dem aminosilanbehandelten Wollastonit gleichauf liegt, während es eine höhere Reißdehnung ergibt.

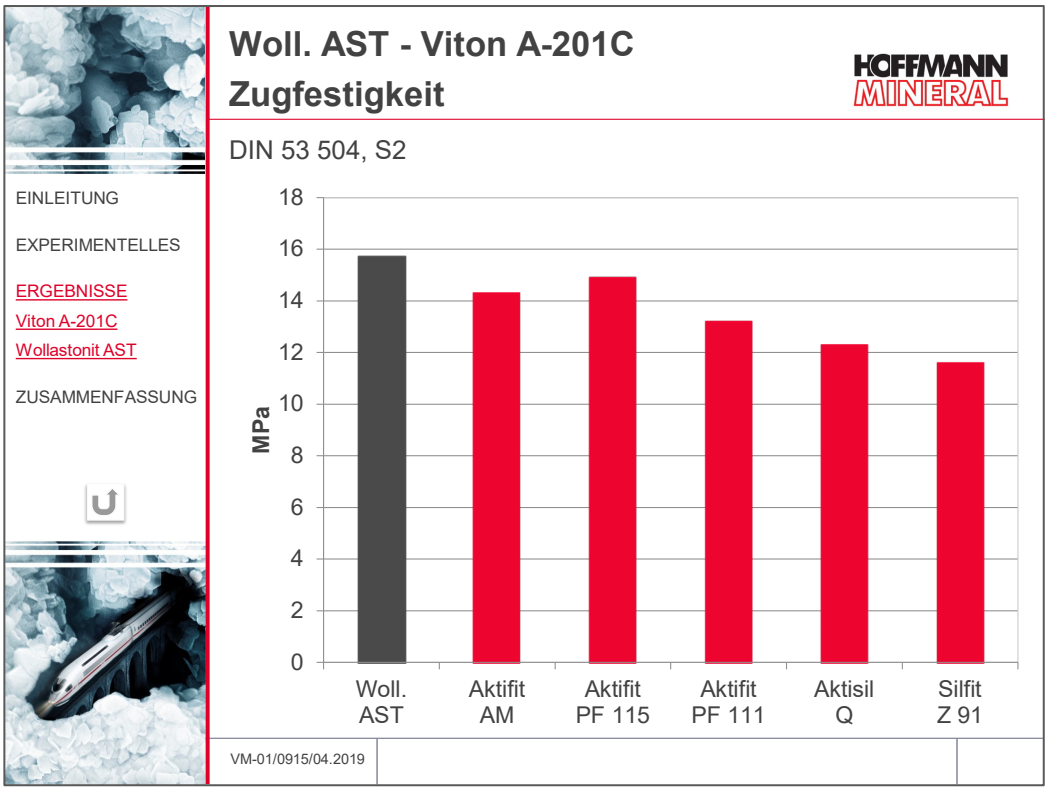


Abb. 46

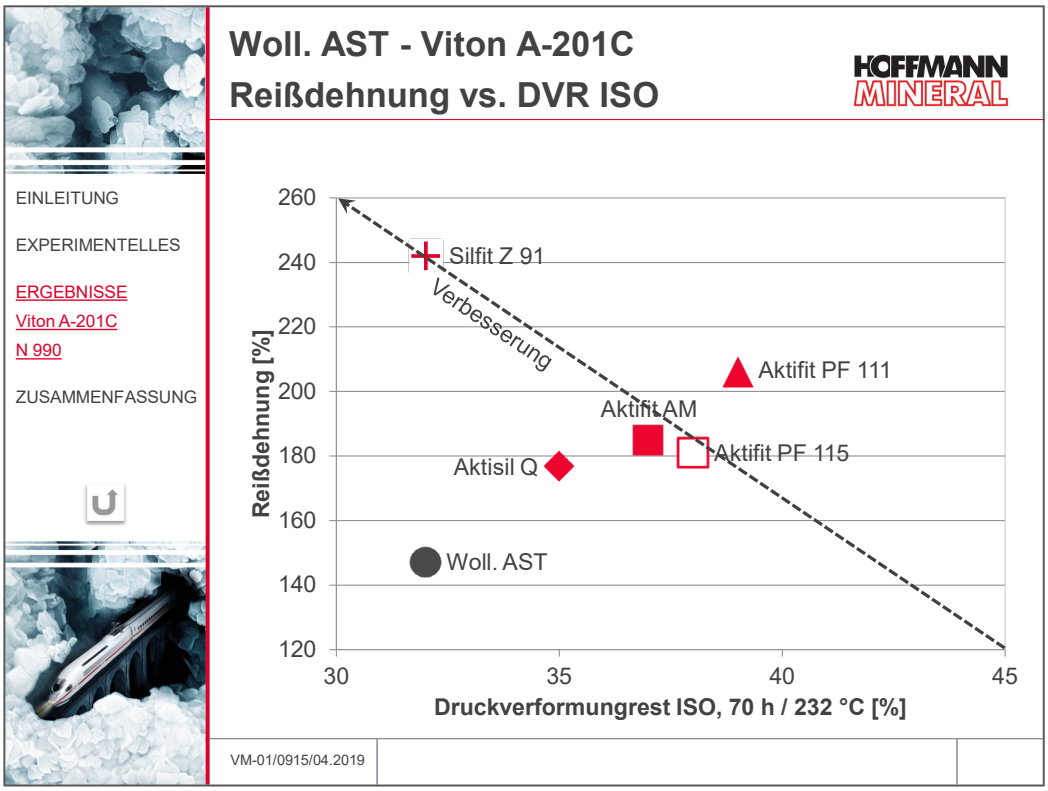

Woll. AST - Viton A-201C
Reißdehnung vs. DVR ISO
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
260
240
220
200
180
160
140
120
30
35
40
45
Druckverformungrest ISO, 70 h / 232 °C [%]
Silfit Z 91
Verbesserung
Aktifit PF 111
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktisil Q
Woll. AST
VM-01/0915/04.2019

Abb. 47

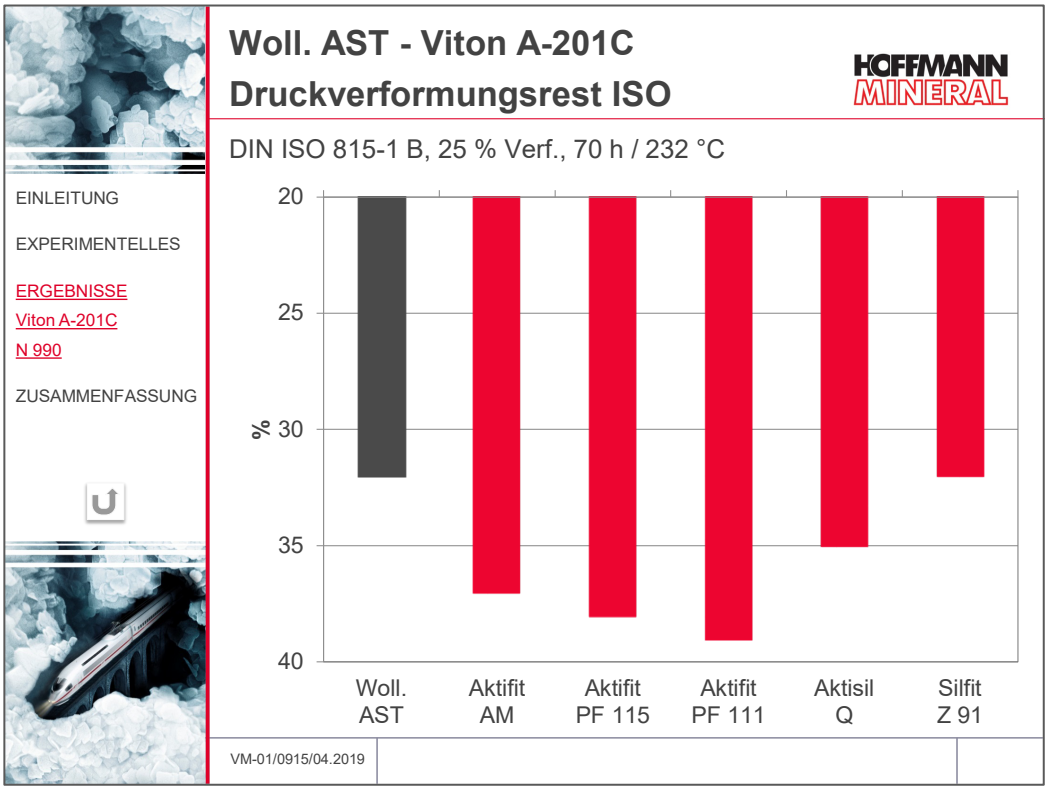

Woll. AST - Viton A-201C
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
%
20
25
30
35
40
Woll. AST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 48

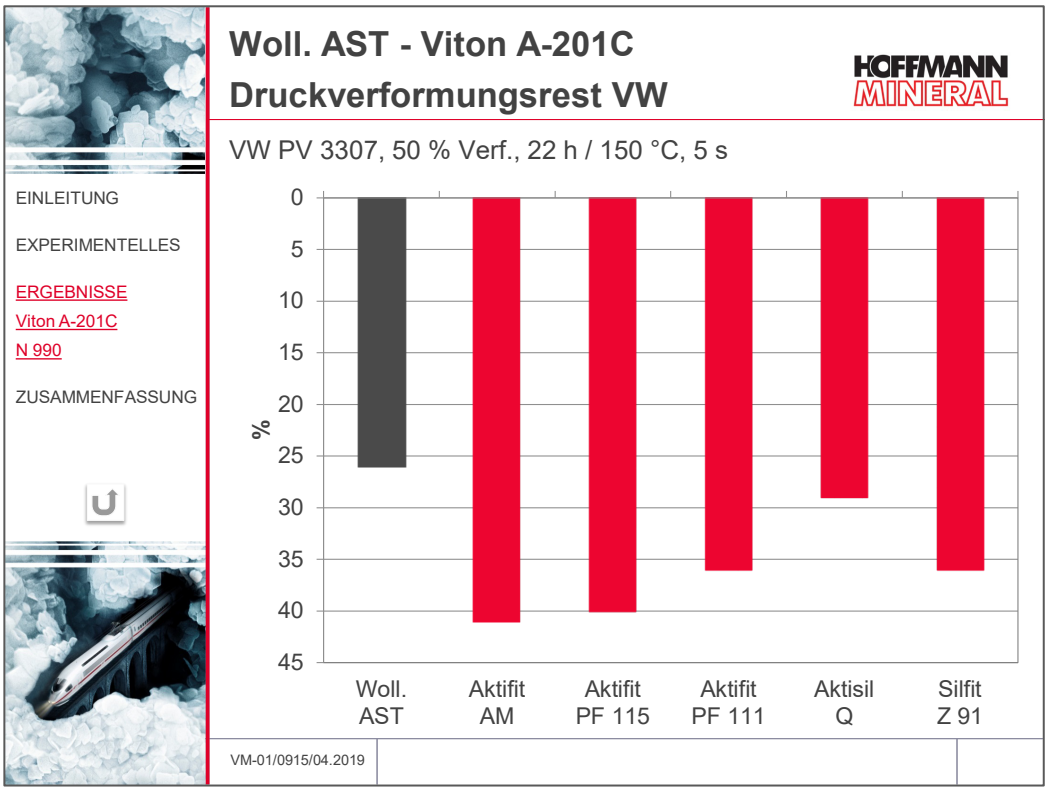

Woll. AST - Viton A-201C
Druckverformungsrest VW
HOFFMANN MINERAL
VW PV 3307, 50 % Verf., 22 h / 150 °C, 5 s
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
%
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
Woll. AST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 49

4.2.2 Medienbeständigkeit

Auf die Beständigkeit gegen Heißluft (Abb. 50) hat die Wahl des Füllstoffes keinen signifikanten Einfluss.

Aktifit AM kombiniert eine verbesserte Kraftstoff- und Wasserbeständigkeit gegenüber dem aminosilanbehandelten Wollastonit, kann aber dessen Ölbeständigkeit nicht ganz erreichen.

Das mit der speziellen amino-funktionellen Gruppe modifizierte Aktifit PF 115 vereint bei einer mit dem Wollastonit ebenfalls vergleichbaren Kraftstoffbeständigkeit eine erhöhte Wasser- und Ölbeständigkeit (Abb. 51) und bietet damit ein ausgewogeneres Eigenschaftsprofil.

Als positiven Effekt für Aktisil Q lässt sich bei einer mit dem Wollastonit vergleichbaren Beständigkeit gegen Öl eine verbesserte Wasserbeständigkeit feststellen.

Sowohl Silfit Z 91 als auch Aktifit PF 111 ergeben Vulkanisate, deren Kraftstoff- und Wasserbeständigkeit vergleichbar sind mit den Ergebnissen von aminosilanbehandeltem Wollastonit.

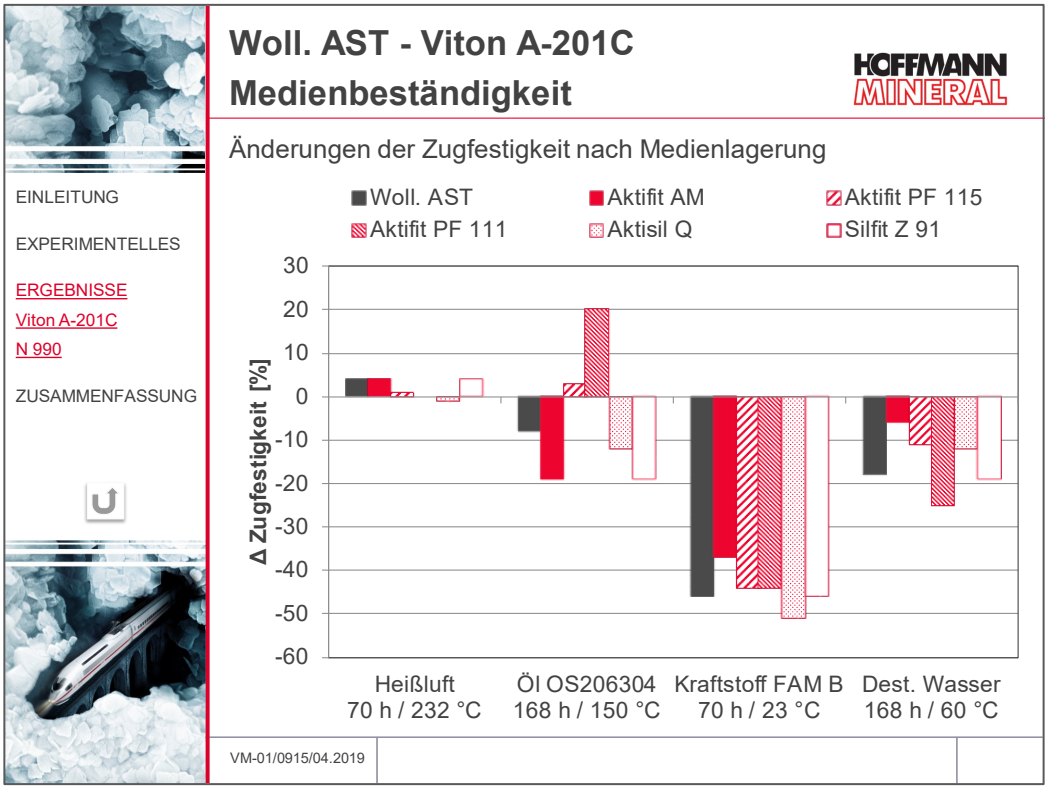


Abb. 50

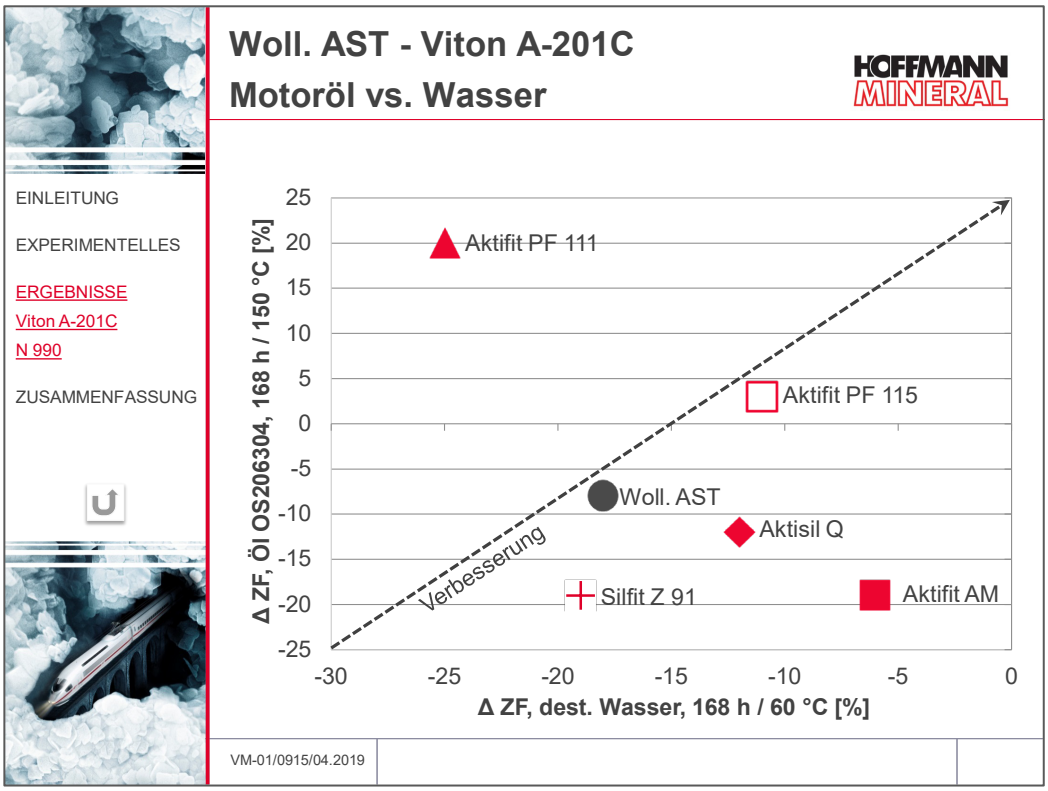
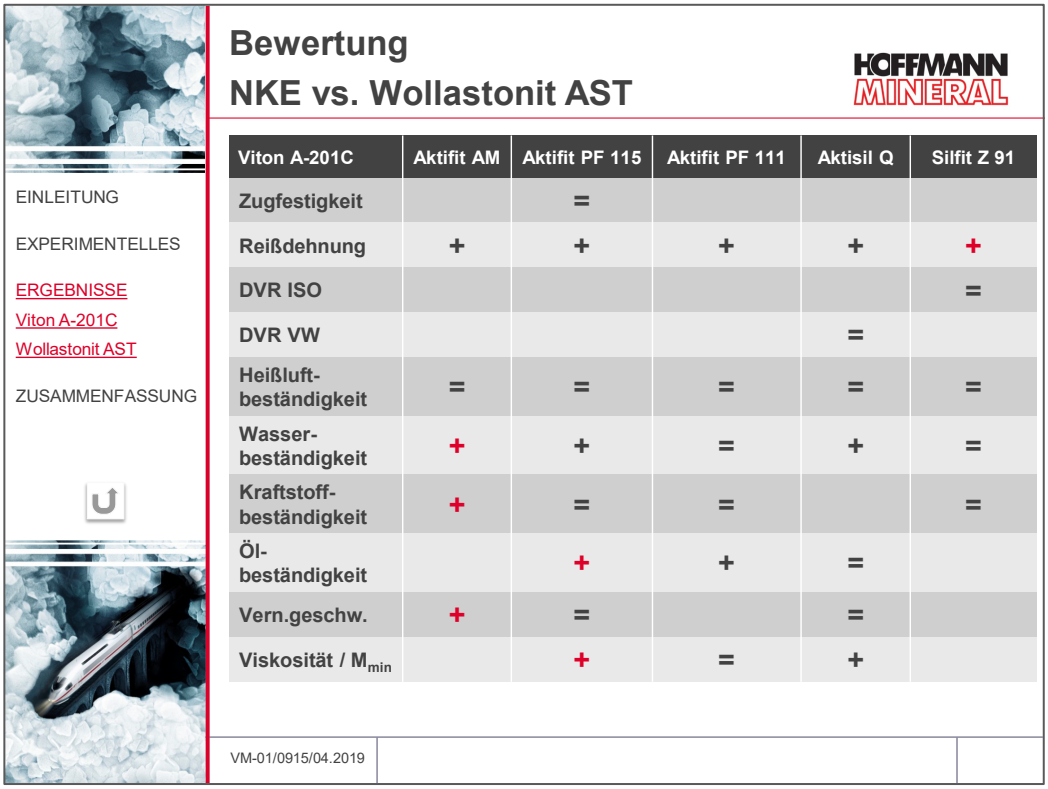

Woll. AST - Viton A-201C
Motoröl vs. Wasser
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
N 990
ZUSAMMENFASSUNG
Δ ZF, Öl OS206304, 168 h / 150 °C [%]
25
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
Aktifit PF 111
Aktifit PF 115
Woll. AST
Aktisil Q
Silfit Z 91
Aktifit AM
Verbesserung
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
Δ ZF, dest. Wasser, 168 h / 60 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 51

4.2.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit AST

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. Wollastonit AST

HOFFMANN MINERAL

Viton A-201C	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit		=			
Reißdehnung	+	+	+	+	+
DVR ISO					=
DVR VW				=	
Heißluft-beständigkeit	=	=	=	=	=
Wasser-beständigkeit	+	+	=	+	=
Kraftstoff-beständigkeit	+	=	=		=
Öl-beständigkeit		+	+	=	
Vern.geschw.	+	=		=	
Viskosität / M_{min}		+	=	+	

VM-01/0915/04.2019

Abb. 52

Abb. 52 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber dem aminosilanbehandelten Wollastonit entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Aktifit AM beschleunigt die Vernetzung verglichen mit dem Wollastonit. Aktifit PF 115 und Aktisil Q ergeben eine vergleichbare Vernetzungsgeschwindigkeit und gleichzeitig eine für den Spritzguss vorteilhaftere Viskosität.

4.3 Neuburger Kieselerde gegen Wollastonit EST

Füllstoffdosierung:

Wollastonit EST	45 phr
Neuburger Kieselerde	30 phr
resultierender Härtebereich	70 ± 5 Shore A

4.3.1 Mechanische Eigenschaften

Mit der amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerde Aktifit PF 115 kann die Zugfestigkeit, die der epoxysilanbehandelte Wollastonit erreicht, ebenfalls erzielt werden (Abb. 53).

Sämtliche NKE-Typen übertreffen die Reißdehnung, die der epoxysilanbehandelte Wollastonit markiert (Abb. 54). Abb. 55 zeigt, dass dieser deutliche Anstieg nur mit einer relativ geringen Reduzierung der Zugfestigkeit einhergeht.

Mit Aktisil Q und Silfit Z 91 können zwei NKE-Typen den Druckverformungsrest (ISO), den der epoxysilanbehandelte Wollastonit vorgibt, reduzieren (Abb. 56). V.a. Silfit Z 91 erhöht dabei gleichzeitig die Reißdehnung.

Wenn das vom Wollastonit erzielte Druckverformungsrestniveau ausreichend ist und die Reißdehnung angehoben werden soll, zeigt sich hier Aktifit PF 111 sehr positiv mit mehr als 50 Prozentpunkten Erhöhung.

Die Abriebbeständigkeit (Abb. 57) wird mit Aktifit AM und Aktifit PF 115 kaum verändert gegen Wollastonit mit Epoxysilanbehandlung, die übrigen NKE-Typen können dieses Niveau nicht ganz halten.

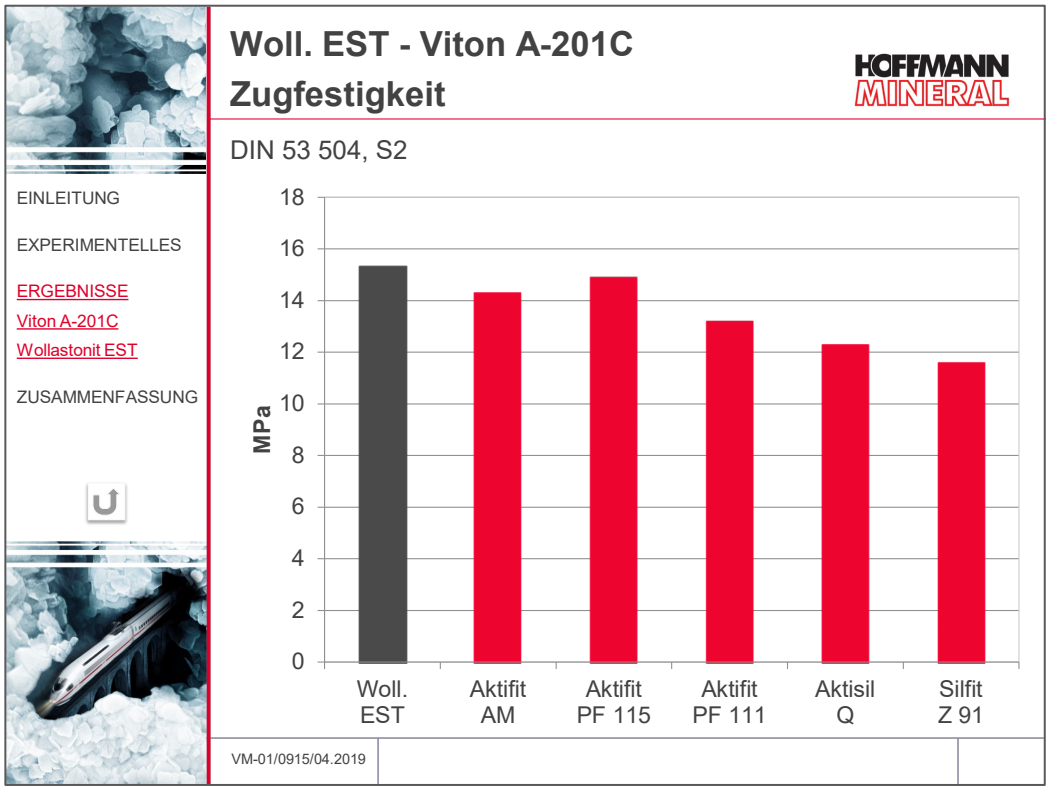


Abb. 53

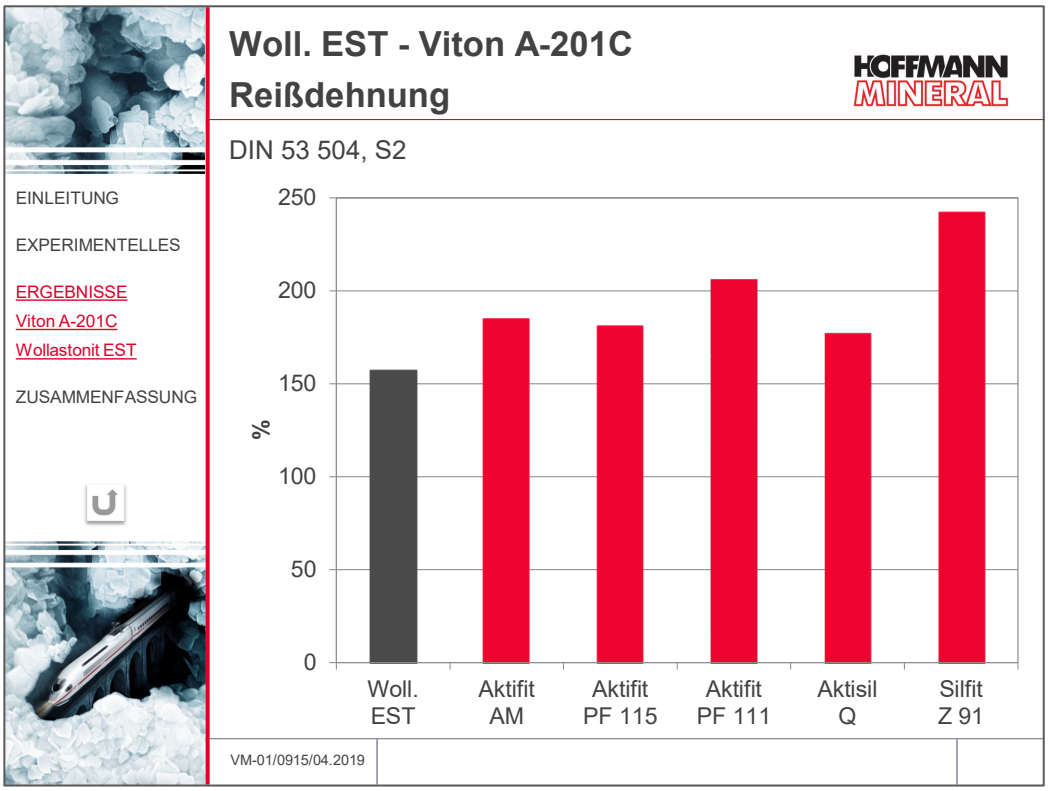

Woll. EST - Viton A-201C
Reißdehnung
HOFFMANN MINERAL
DIN 53 504, S2
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
%
250
200
150
100
50
0
Woll. EST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 54

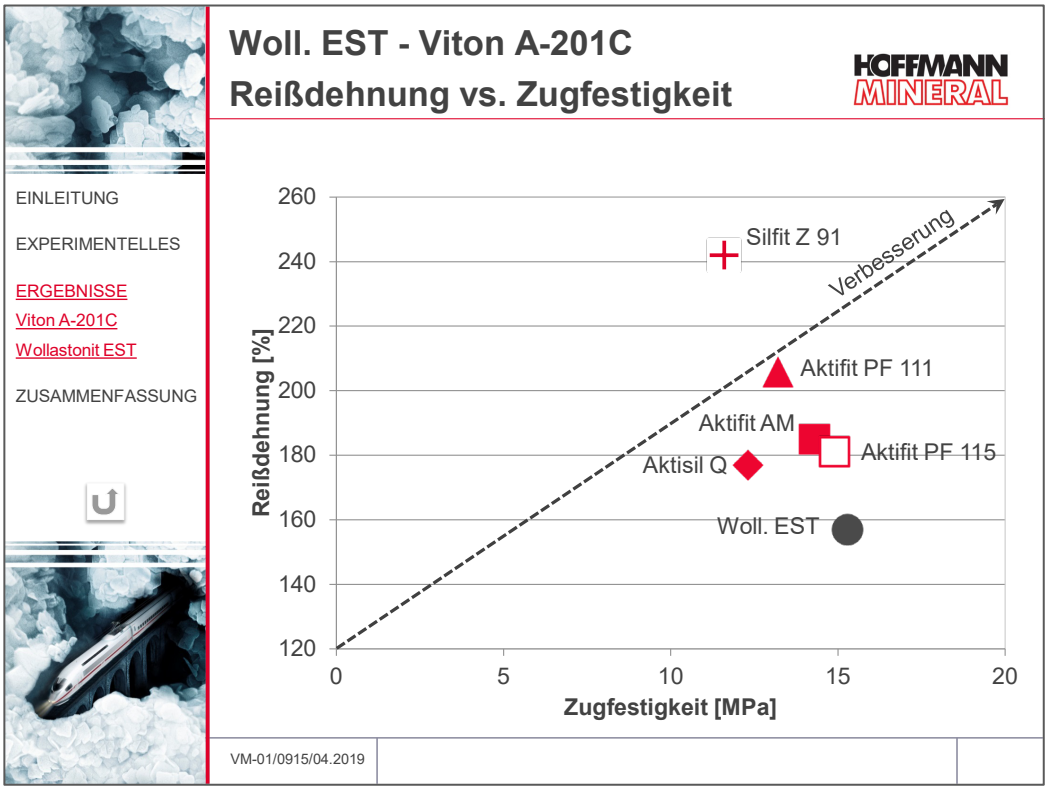

Woll. EST - Viton A-201C
Reißdehnung vs. Zugfestigkeit
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
260
240
220
200
180
160
140
120
0
5
10
15
20
Zugfestigkeit [MPa]
Silfit Z 91
Verbesserung
Aktifit PF 111
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktisil Q
Woll. EST
VM-01/0915/04.2019

Abb. 55

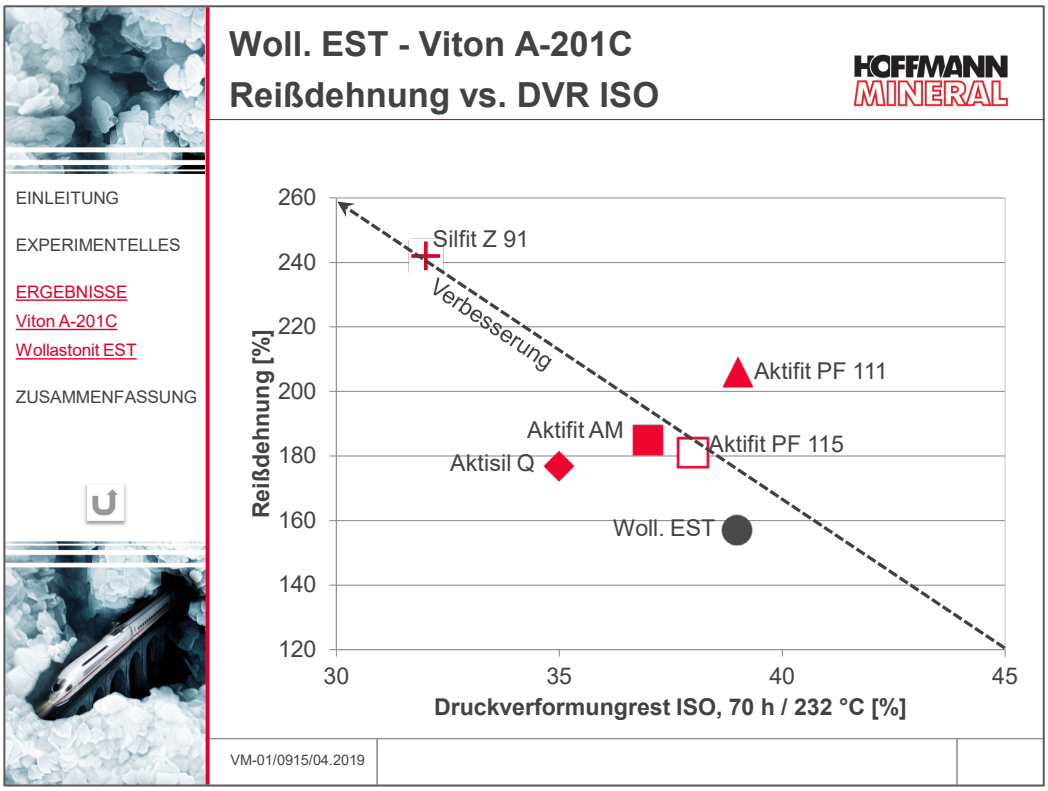

Woll. EST - Viton A-201C
Reißdehnung vs. DVR ISO
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
260
240
220
200
180
160
140
120
30
35
40
45
Druckverformungrest ISO, 70 h / 232 °C [%]
Silfit Z 91
Verbesserung
Aktifit PF 111
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktisil Q
Woll. EST
VM-01/0915/04.2019

Abb. 56

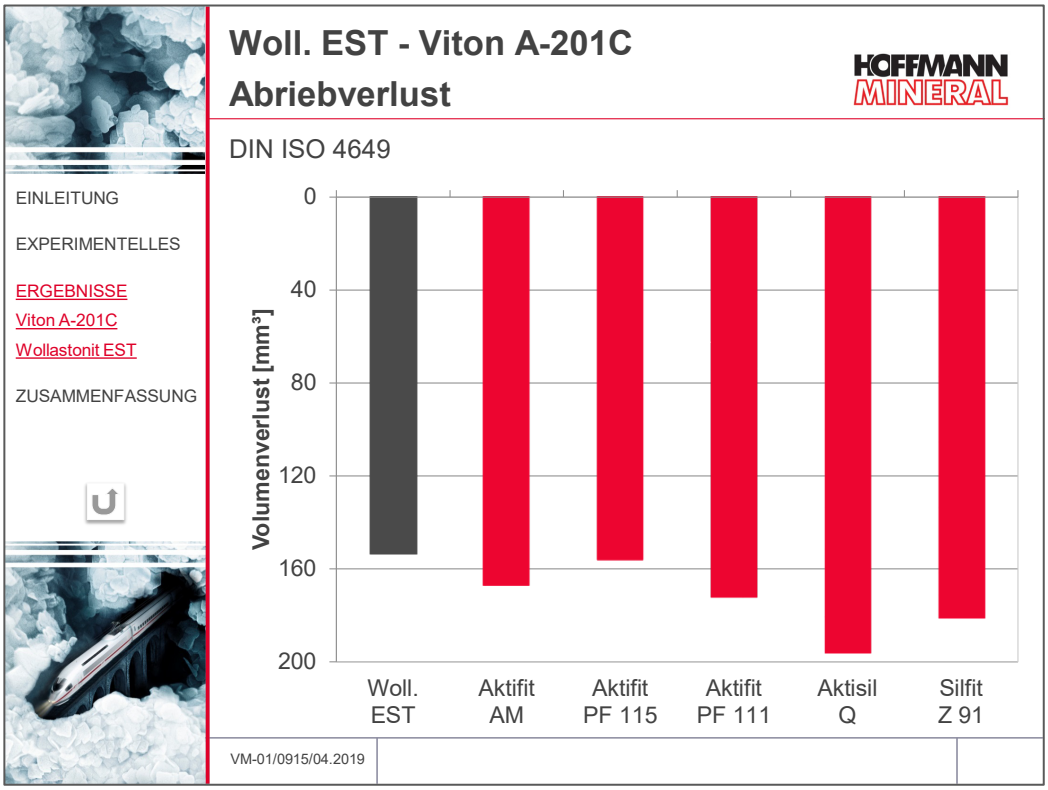

Woll. EST - Viton A-201C
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
0
40
80
120
160
200
Woll. EST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 57

4.3.2 Medienbeständigkeit

Bezüglich der Heißluftbeständigkeit (Abb. 58) weisen die Neuburger Kieselerde Typen einen leichten Vorteil gegenüber dem epoxysilanbehandelten Wollastonit auf.

Bemerkenswerterweise zeigt das mit der speziellen amino-funktionellen Gruppe behandelte Aktifit PF 115 in allen Medien eine Verbesserung gegenüber der Referenz, am stärksten ausgeprägt bei der Kraftstoff- und Wasserbeständigkeit (Abb. 60), ohne Einbußen in der Ölbeständigkeit (Abb. 59).

Alle NKE-Typen können die Kraftstoff- und Wasserbeständigkeit gegenüber dem Wollastonit verbessern, allen voran Aktifit AM (Abb. 60).

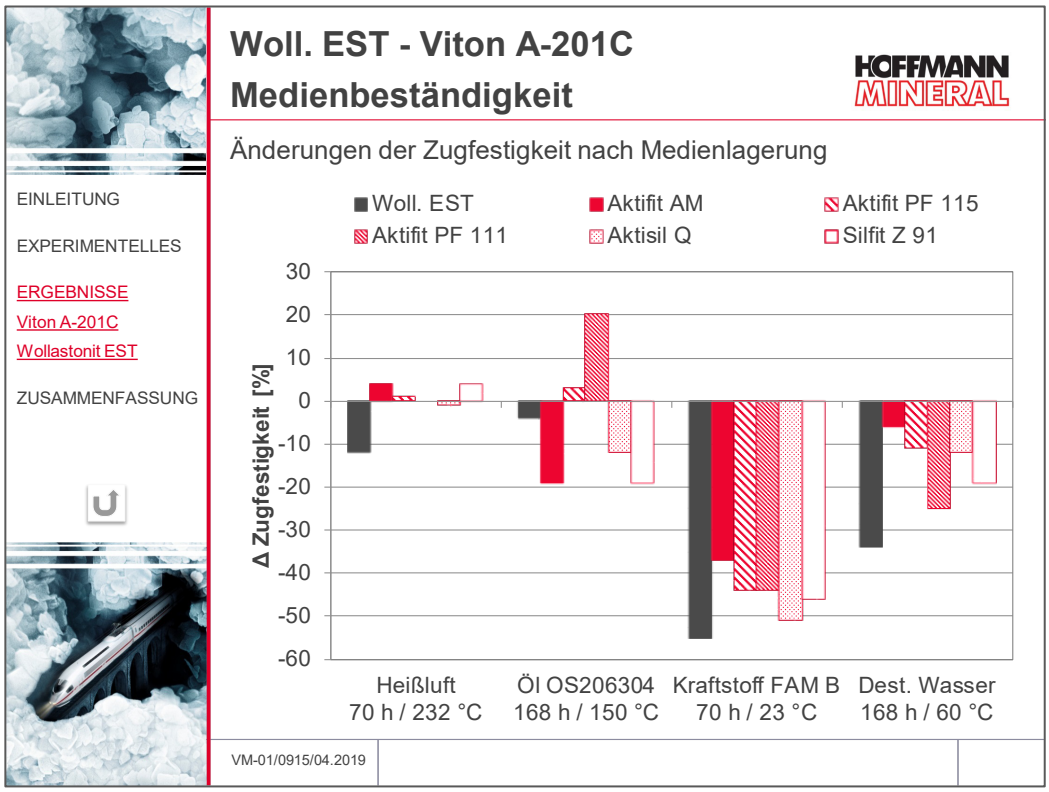


Abb. 58

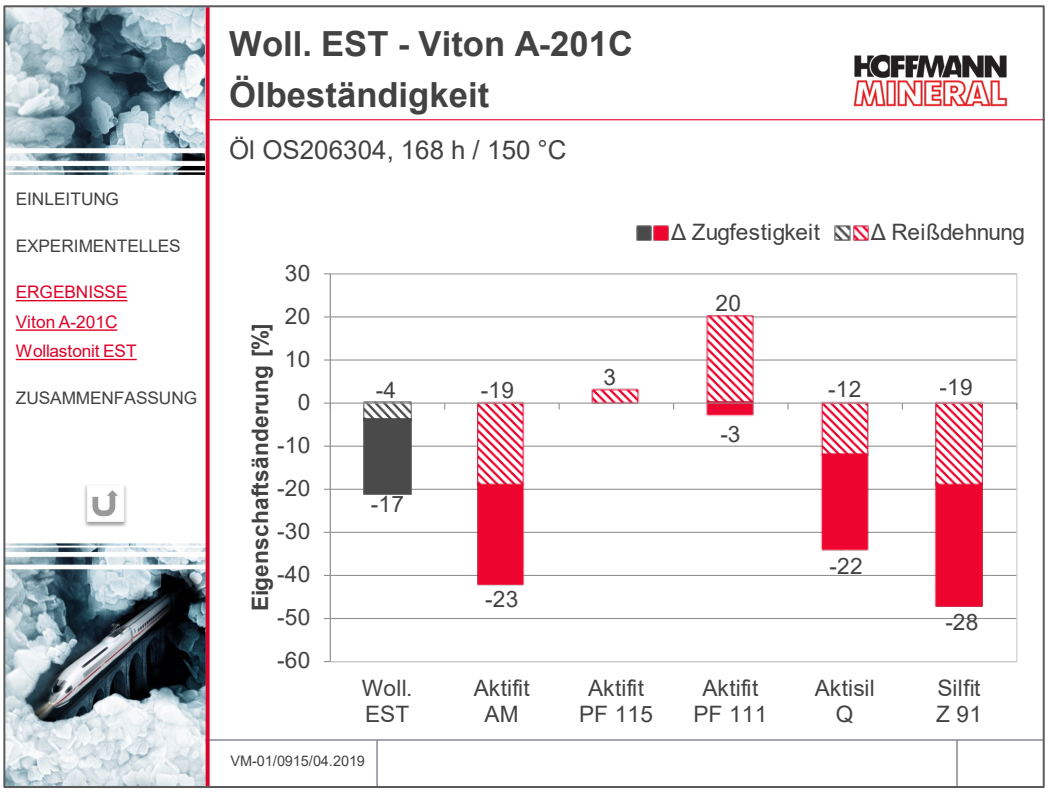

Woll. EST - Viton A-201C
Ölbeständigkeit
HOFFMANN MINERAL
Öl OS206304, 168 h / 150 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Δ Zugfestigkeit
Δ Reißdehnung
Eigenschaftsänderung [%]
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-4
-17
-19
-23
3
20
-3
-12
-22
-19
-28
Woll. EST
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 59

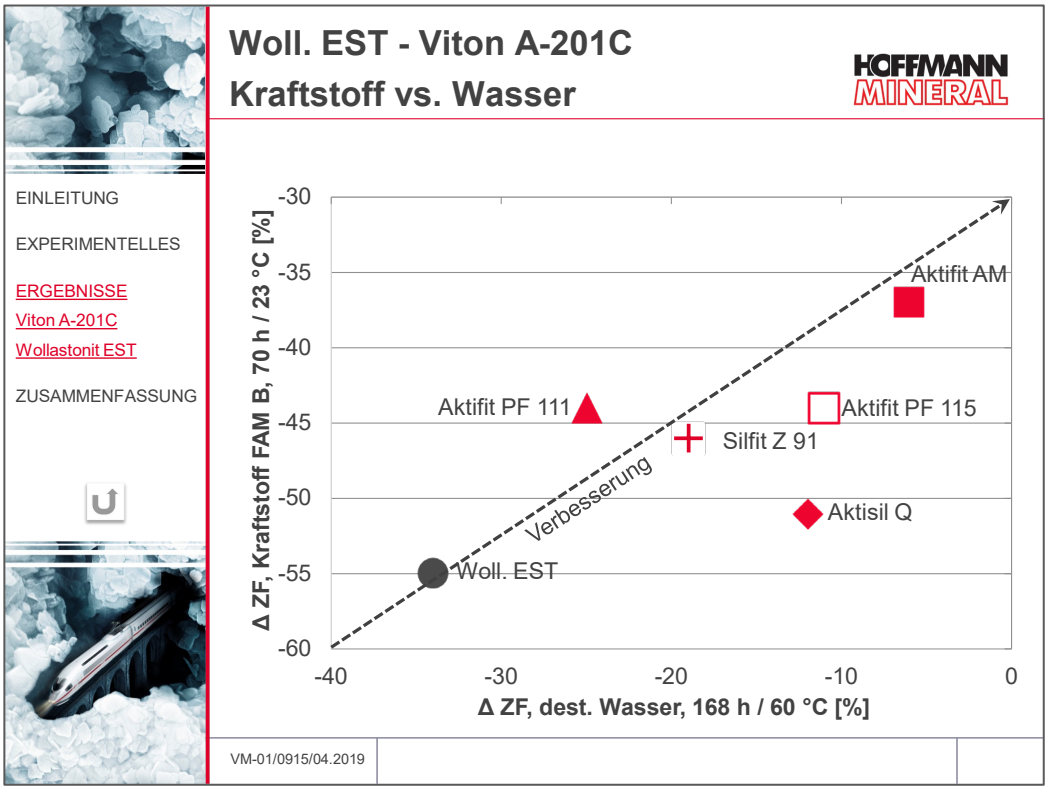
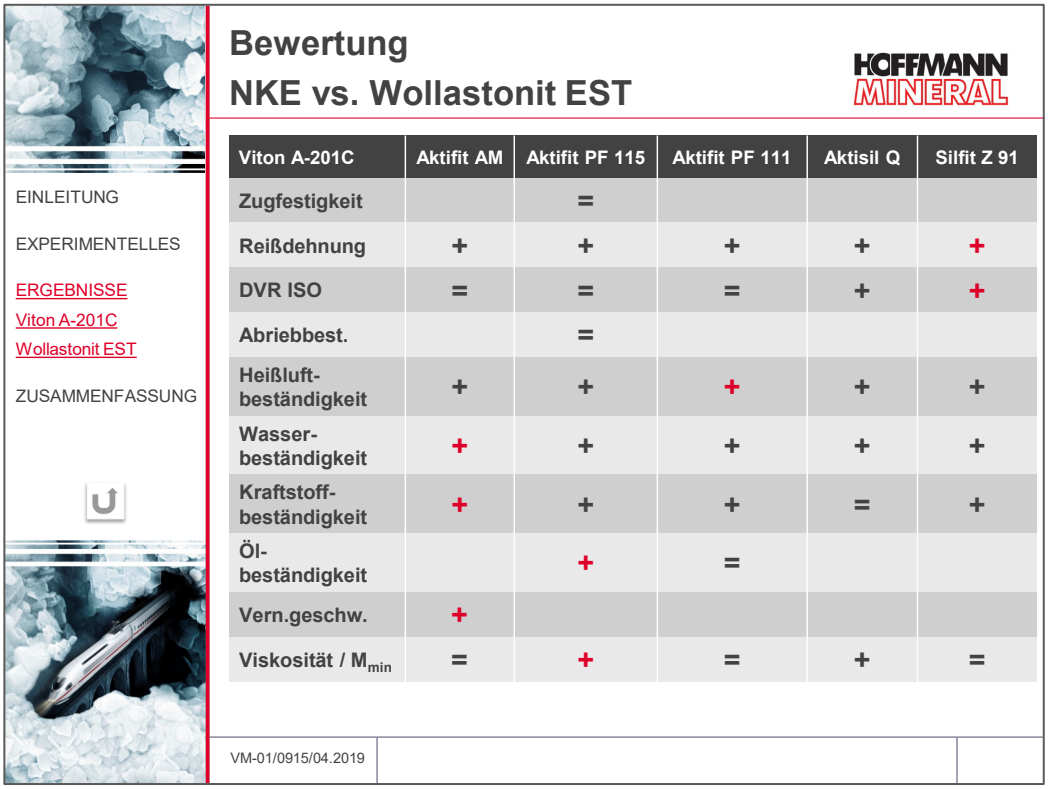

Woll. EST - Viton A-201C
Kraftstoff vs. Wasser
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST
ZUSAMMENFASSUNG
Δ ZF, Kraftstoff FAM B, 70 h / 23 °C [%]
-30
-35
-40
-45
-50
-55
-60
Aktifit AM
Aktifit PF 111
Aktifit PF 115
Silfit Z 91
Aktisil Q
Woll. EST
Verbesserung
-40
-30
-20
-10
0
Δ ZF, dest. Wasser, 168 h / 60 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 60

4.3.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Viton A-201C
Wollastonit EST

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. Wollastonit EST

HOFFMANN MINERAL

Viton A-201C	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit		=			
Reißdehnung	+	+	+	+	+
DVR ISO	=	=	=	+	+
Abriebbest.		=			
Heißluft-beständigkeit	+	+	+	+	+
Wasser-beständigkeit	+	+	+	+	+
Kraftstoff-beständigkeit	+	+	+	=	+
Öl-beständigkeit		+	=		
Vern.geschw.	+				
Viskosität / M_{min}	=	+	=	+	=

VM-01/0915/04.2019

Abb. 61

Abb. 61 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber dem epoxysilanbehandelten Wollastonit entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Aktifit AM beschleunigt die Vernetzung bei einer vergleichbaren Viskosität. Mit Aktifit PF 115 und Aktisil Q ergibt sich eine für den Spritzguss vorteilhaftere Viskosität als mit dem Wollastonit.

4.4 Neuburger Kieselerde gegen Bariumsulfat

Füllstoffdosierung:

Bariumsulfat (gefällt)	74 phr
Neuburger Kieselerde	30 phr
resultierender Härtebereich	70 ± 5 Shore A

4.4.1 Mechanische Eigenschaften

Alle Varianten der Neuburger Kieselerde erreichen eine deutlich höhere Zugfestigkeit (Abb. 62) als das Bariumsulfat. Die höchsten Festigkeiten werden mit den beiden amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerden realisiert.

Das hohe Reißdehnungsniveau des Bariumsulfats kann mit den oberflächenbehandelten NKE-Typen nicht erreicht werden (Abb. 63). Jedoch kommt Silfit Z 91 sehr nah an die Dehnung des Bariumsulfats heran.

Wie aus Abb. 63 und 64 hervorgeht, verursacht das Bariumsulfat einen hohen Abriebverlust, der durch seinen Austausch durch Neuburger Kieselerde deutlich reduziert und damit verbessert werden kann.

Mit Silfit Z 91 kann der Druckverformungsrest des Bariumsulfates bei 232 °C etwas unterschritten werden (Abb. 65), was sich bei niedrigerer Prüftemperatur von 200 °C noch verstärkt (Abb. 66).
Aktisil Q kann bei 232 °C einen mit dem Bariumsulfat vergleichbaren Druckverformungsrest realisieren, während es bei 200 °C zu einer leichten Reduzierung führt.

Die übrigen oberflächenbehandelten Neuburger Kieselerden ergeben leicht höhere Werte bei 232 °C, dagegen bei 200 °C leicht niedrigere Resultate . Alles in Allem sind die Unterschiede hier jedoch nicht sehr groß.

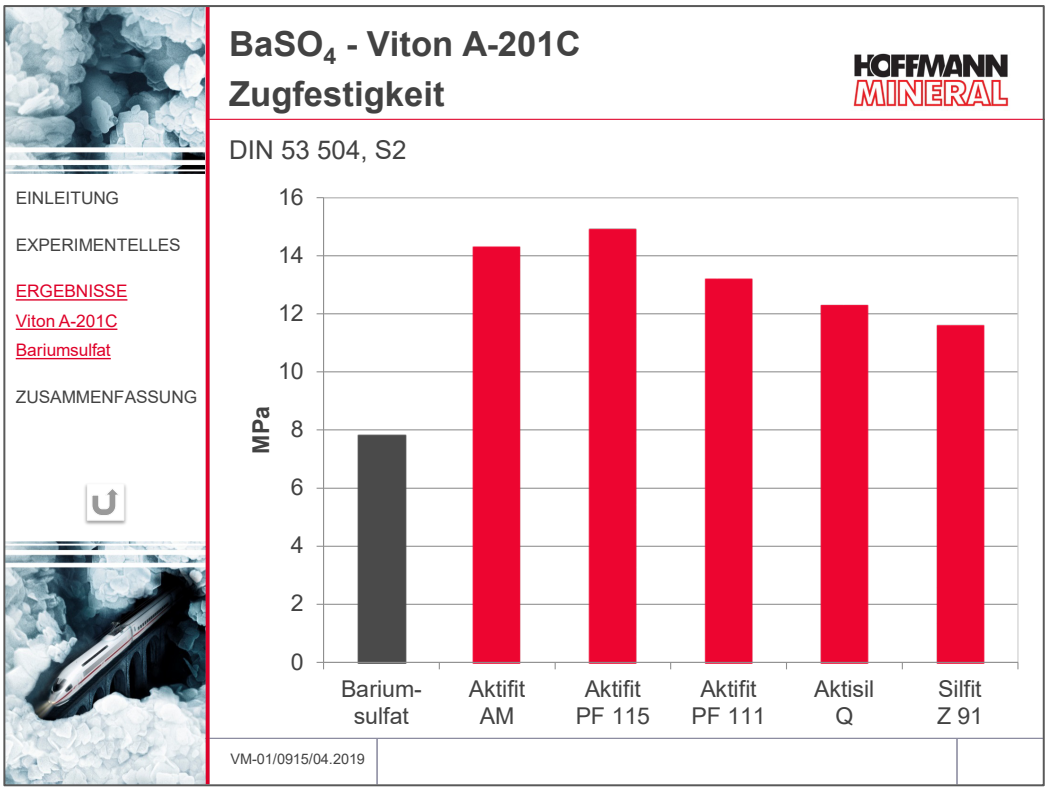


Abb. 62

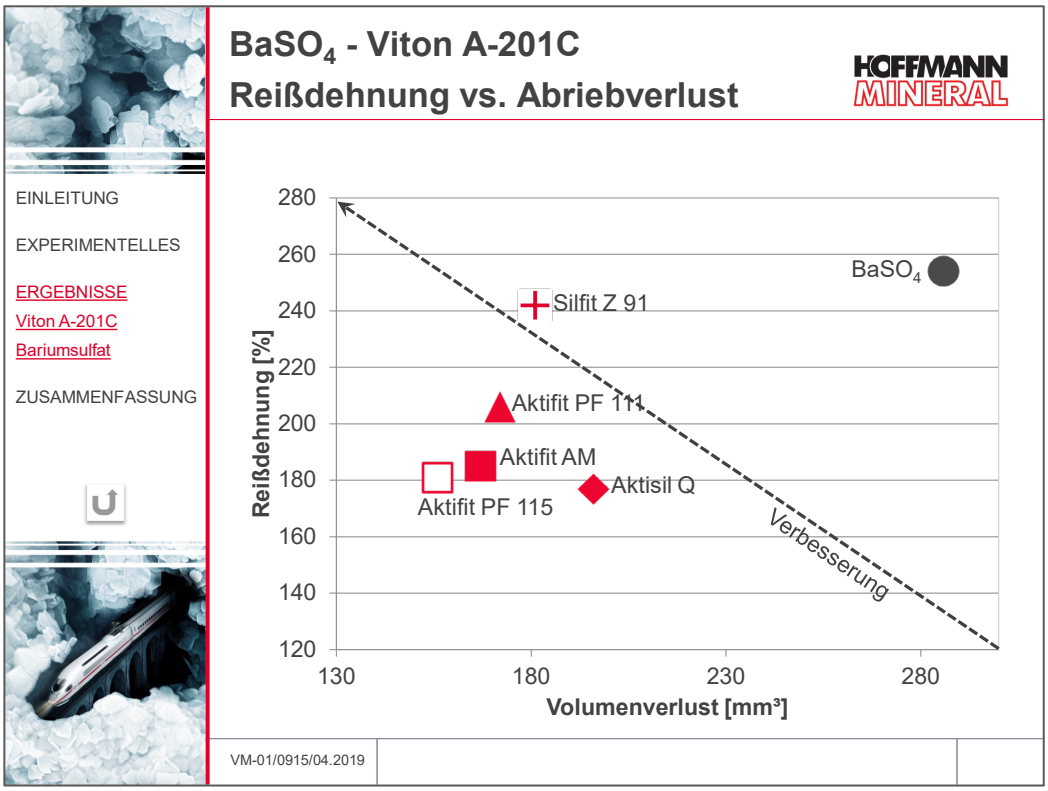

BaSO4 - Viton A-201C
Reißdehnung vs. Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Reißdehnung [%]
280
260
240
220
200
180
160
140
120
130
180
230
280
Volumenverlust [mm³]
BaSO4
Silfit Z 91
Aktifit PF 111
Aktifit AM
Aktisil Q
Aktifit PF 115
Verbesserung
VM-01/0915/04.2019

Abb. 63

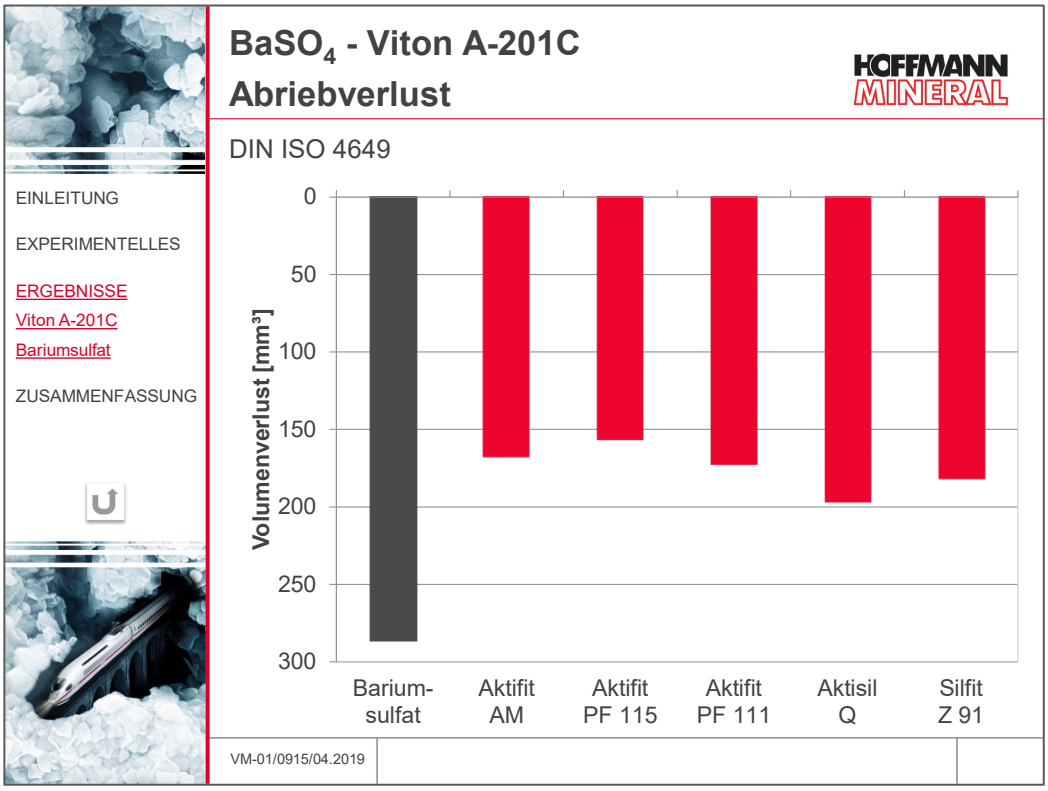

BaSO4 - Viton A-201C
Abriebverlust
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 4649
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Volumenverlust [mm³]
0
50
100
150
200
250
300
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 64

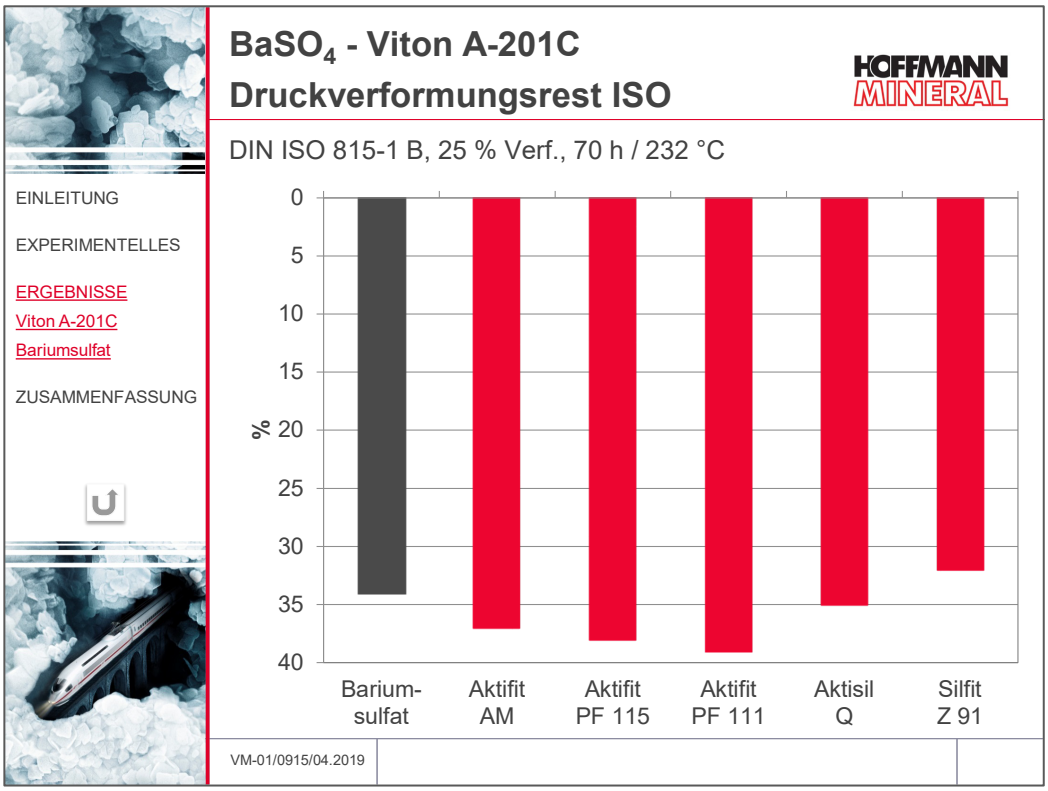

EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
BaSO4 - Viton A-201C
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 232 °C
%
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 65

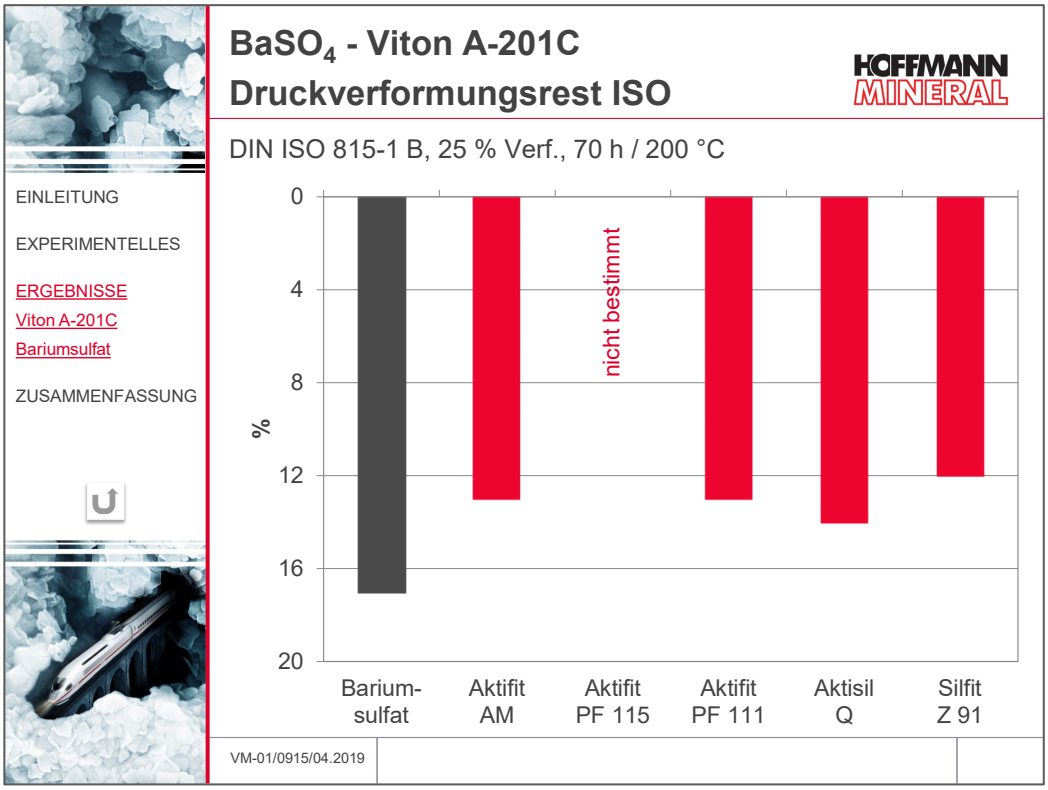

EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
BaSO4 - Viton A-201C
Druckverformungsrest ISO
HOFFMANN MINERAL
DIN ISO 815-1 B, 25 % Verf., 70 h / 200 °C
%
0
4
8
12
16
20
nicht bestimmt
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 66

4.4.2 Medienbeständigkeit

Auf die Beständigkeit gegen Heißluft (Abb. 67) hat die Wahl des Füllstoffes keinen signifikanten Einfluss.

Die Wasserbeständigkeit, die aus dem Einsatz der Neuburger Kieselerden resultiert, ist im Falle von Aktifit AM mit dem Bariumsulfat vergleichbar, gefolgt von Aktifit PF 115 und Aktisil Q . Die übrigen NKE-Typen ergeben leicht geringere Beständigkeit gegen Wasser.

Silfit Z 91 und Aktifit AM kombinieren eine mit Bariumsulfat vergleichbare Ölbeständigkeit mit einer verbesserten Kraftstoffbeständigkeit, wenn man neben der Änderung der Zugfestigkeit auch die Änderung von Reißdehnung und Härte betrachtet (Abb. 68 – 70).

Mit Aktisil Q ergibt sich neben einer vergleichbaren Beständigkeit gegen Kraftstoff auch eine vergleichbare Ölbeständigkeit.

Eine verbesserte Kraftstoff- und gleichzeitig auch verbesserte Ölbeständigkeit lassen sich mit Aktifit PF 111 oder Aktifit PF 115 erreichen (Abb. 69 – 70).

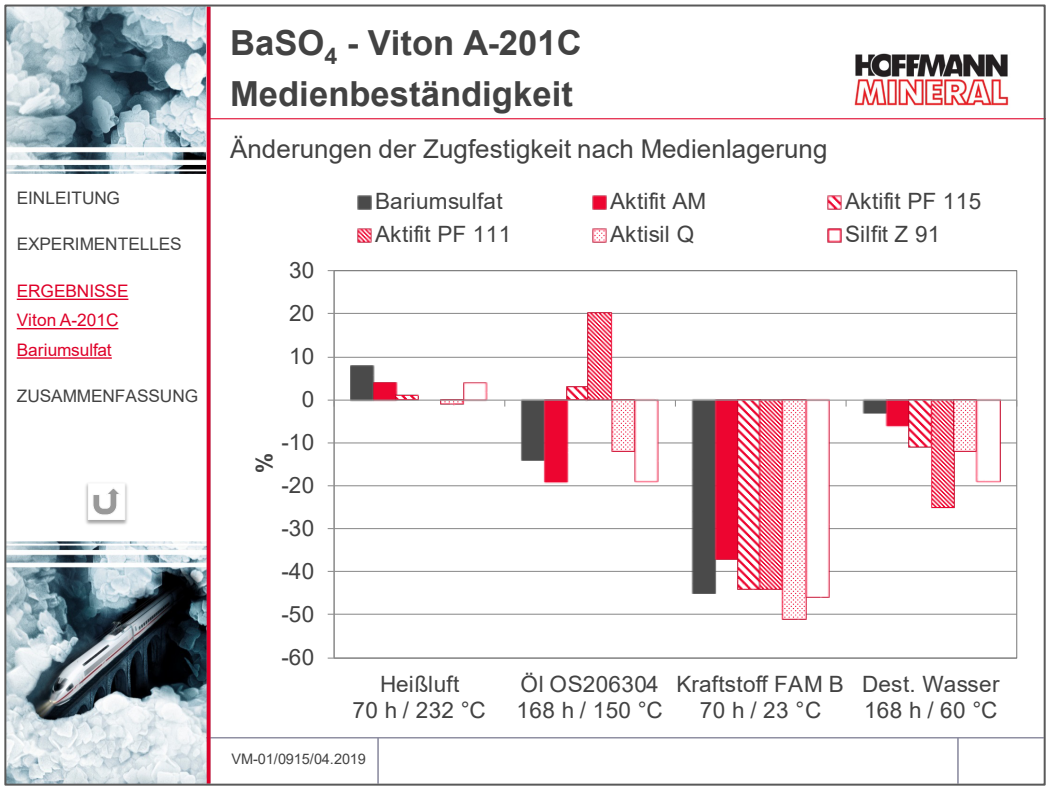


Abb. 67

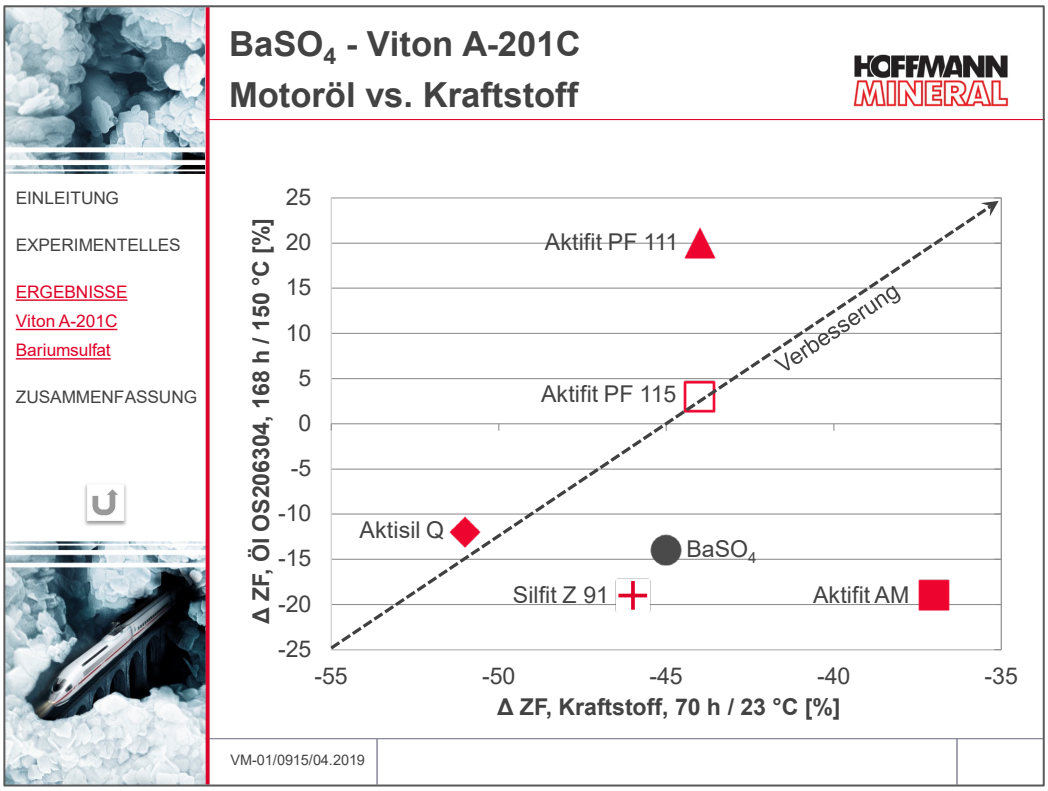

BaSO4 - Viton A-201C
Motoröl vs. Kraftstoff
HOFFMANN MINERAL
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Aktifit PF 111
Aktifit PF 115
Aktisil Q
BaSO4
Silfit Z 91
Aktifit AM
Verbesserung
Δ ZF, Öl OS206304, 168 h / 150 °C [%]
Δ ZF, Kraftstoff, 70 h / 23 °C [%]
VM-01/0915/04.2019

Abb. 68

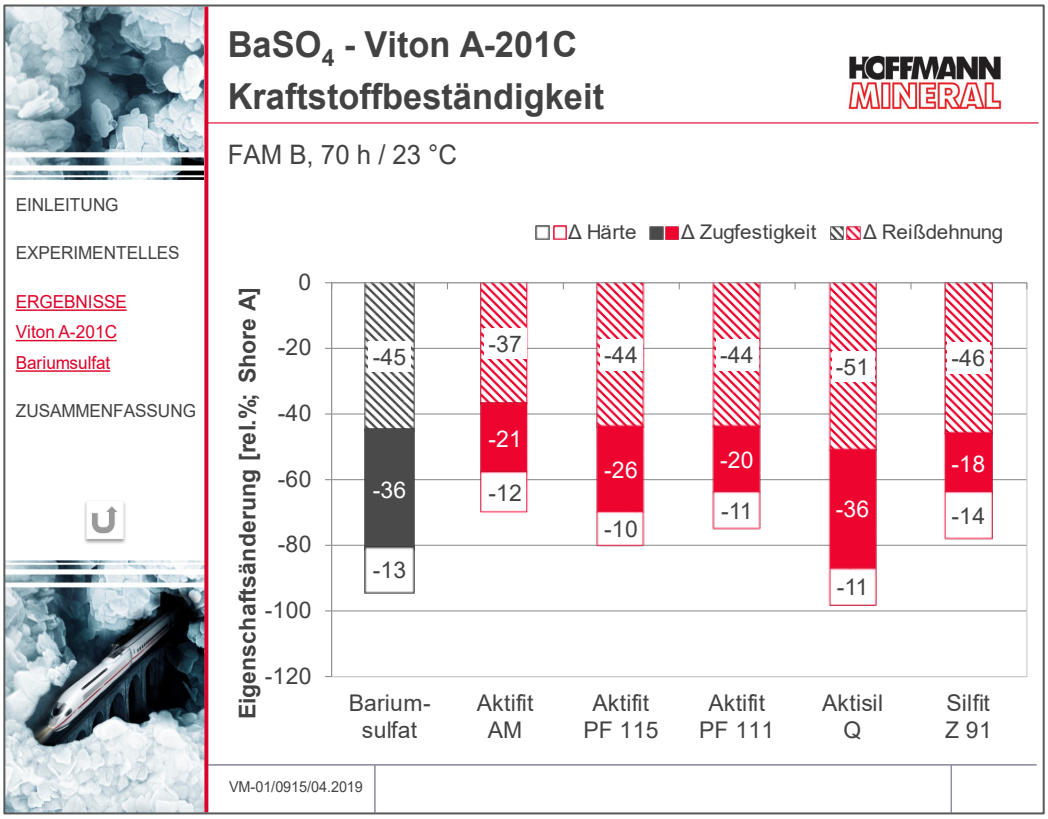

BaSO4 - Viton A-201C
Kraftstoffbeständigkeit
HOFFMANN MINERAL
FAM B, 70 h / 23 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Δ Härte
Δ Zugfestigkeit
Δ Reißdehnung
Eigenschaftsänderung [rel.%; Shore A]
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 69

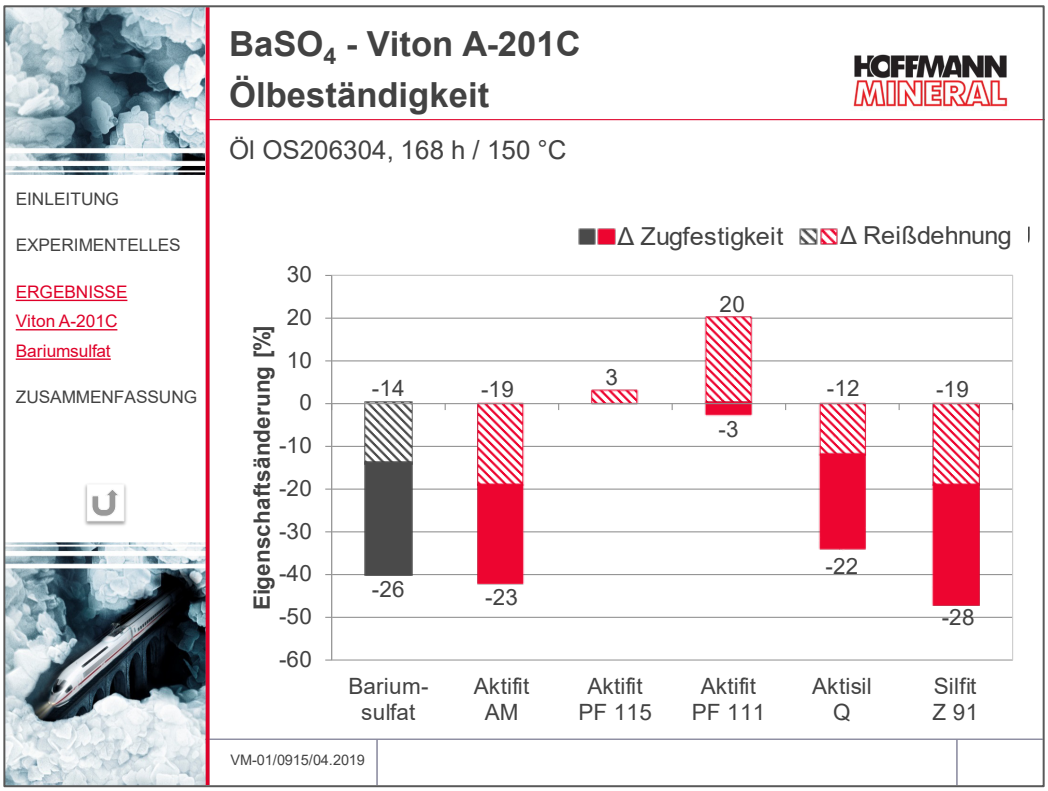
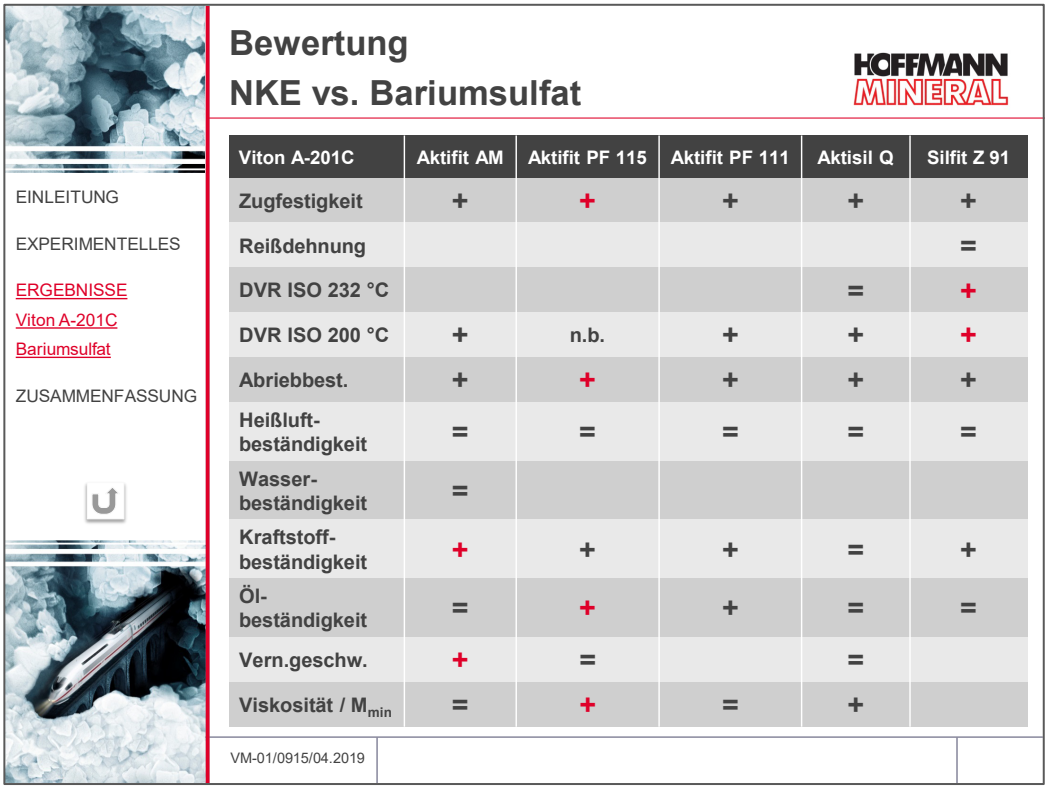

BaSO4 - Viton A-201C
Ölbeständigkeit
HOFFMANN MINERAL
Öl OS206304, 168 h / 150 °C
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat
ZUSAMMENFASSUNG
Δ Zugfestigkeit
Δ Reißdehnung
Eigenschaftsänderung [%]
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-14
-19
3
20
-12
-19
-26
-23
-3
-22
-28
Barium-sulfat
Aktifit AM
Aktifit PF 115
Aktifit PF 111
Aktisil Q
Silfit Z 91
VM-01/0915/04.2019

Abb. 70

4.4.3 Bewertung der Ergebnisse

Verschiedene Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, oft auch sogar gegenläufige, werden mit den Neuburger Kieselerde Produkten positiv beeinflusst. Dies zeigt sich in der folgenden Bewertungsübersicht.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE
Viton A-201C
Bariumsulfat

ZUSAMMENFASSUNG

Bewertung
NKE vs. Bariumsulfat

HOFFMANN MINERAL

Viton A-201C	Aktifit AM	Aktifit PF 115	Aktifit PF 111	Aktisil Q	Silfit Z 91
Zugfestigkeit	+	+	+	+	+
Reißdehnung					=
DVR ISO 232 °C				=	+
DVR ISO 200 °C	+	n.b.	+	+	+
Abriebbest.	+	+	+	+	+
Heißluft-beständigkeit	=	=	=	=	=
Wasser-beständigkeit	=				
Kraftstoff-beständigkeit	+	+	+	=	+
Öl-beständigkeit	=	+	+	=	=
Vern.geschw.	+	=		=	
Viskosität / M_{min}	=	+	=	+	

VM-01/0915/04.2019

Abb. 71

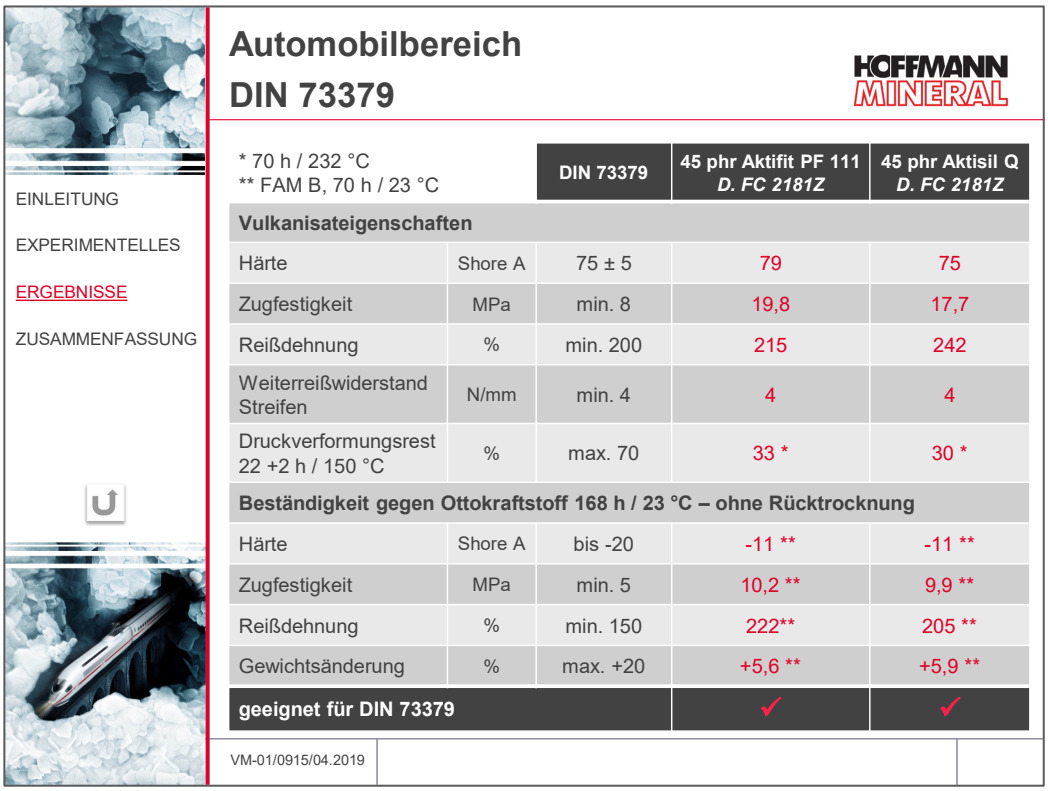
Abb. 71 zeigt, welche NKE-Type die jeweilige Eigenschaft gegenüber Bariumsulfat entweder verbessert (+) oder mit ihm gleichzieht (=). Rot markierte (+) bedeuten, dass dieses Produkt für die entsprechende Eigenschaft den besten Wert unter den NKEs erreicht.

Aktifit AM ergibt eine höhere Vernetzungsgeschwindigkeit als die übrigen NKE-Typen und als das Bariumsulfat. Mit dem Aktifit PF 115 und Aktisil Q ergeben sich die niedrigsten Viskositäten, die auch unter der liegen, die aus dem Einsatz des Bariumsulfats resultiert. Damit verfügen sie über eine für den Spritzguss vorteilhaftere Rheologie.

5 Anwendungsbeispiele

Um die bisher dargestellten Ergebnisse einordnen zu können, geben wir im Folgenden einige Beispiele für die Anwendung.

Automobilbereich: Straßenfahrzeuge – Kraftstoffschlauch, DIN 73379



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

Automobilbereich
DIN 73379

HOFFMANN MINERAL

* 70 h / 232 °C ** FAM B, 70 h / 23 °C		DIN 73379	45 phr Aktifit PF 111 *D. FC 2181Z*	45 phr Aktisil Q *D. FC 2181Z*
Vulkanisateigenschaften				
Härte	Shore A	75 ± 5	79	75
Zugfestigkeit	MPa	min. 8	19,8	17,7
Reißdehnung	%	min. 200	215	242
Weiterreißwiderstand Streifen	N/mm	min. 4	4	4
Druckverformungsrest 22 +2 h / 150 °C	%	max. 70	33 *	30 *
Beständigkeit gegen Ottokraftstoff 168 h / 23 °C – ohne Rücktrocknung				
Härte	Shore A	bis -20	-11 **	-11 **
Zugfestigkeit	MPa	min. 5	10,2 **	9,9 **
Reißdehnung	%	min. 150	222**	205 **
Gewichtsänderung	%	max. +20	+5,6 **	+5,9 **
geeignet für DIN 73379			✓	✓

VM-01/0915/04.2019

Abb. 72

Die Ausgangswerte der DIN 73379 können mit 45 phr Aktifit PF 111 oder 45 phr Aktisil Q zusammen mit Dyneon FC 2181Z erfüllt werden (Abb. 72).

Die Prüfungsbedingungen des Druckverformungsrestes für diese Vulkanisate waren deutlich strenger als die in der Norm vorgegebenen. Deshalb kann die Anforderung der DIN 73379 bezüglich des Druckverformungsrestes problemlos sichergestellt werden.

Die Basis für den Einsatz von Kraftstoffschläuchen nach DIN 73379 ist mit Neuburger Kieselerde, v.a. mit Aktifit PF 111 oder Aktisil Q gegeben.

Erdölförderung: Statoren in Exzenterschneckenpumpen

Aus dem Bereich der Erdölförderung ist keine konkrete Anforderungsnorm bekannt. Es wird diejenige Mischung bevorzugt, die das beste Eigenschaftsprofil liefert.

Hier sollte also eine beste Kombination aus Abrieb-, Wasser-, Öl- und auch Kraftstoffbeständigkeit von Vorteil sein, wenn es um die passende Rezeptur für z.B. Pumpenstatoren in der Erdölförderung geht.

In Abb. 73 sind diese Eigenschaftsprofile der beiden amino-funktionellen Kalzinierten Neuburger Kieselerden Aktifit AM und Aktifit PF 115 in einer Dosierung von 45 phr im Vergleich zu 30 phr N990 in Dyneon FC 2181Z aufgetragen. Mit diesen Füllstoffdosierungen ergeben sich härtegleiche Vulkanisate.

Das ausgewogenste Produkt ist hier Aktifit PF 115, doch auch Aktifit AM schneidet sehr gut ab. Beide können die Abriebbeständigkeit gegenüber dem Ruß deutlich verbessern, während die Medienbeständigkeit entweder vergleichbar oder ebenfalls erhöht ist.

Natürlich müssten für die Endanwendung noch weitere Tests durchgeführt werden, doch mit diesen beiden Produkten ist ein guter Startpunkt gesetzt.

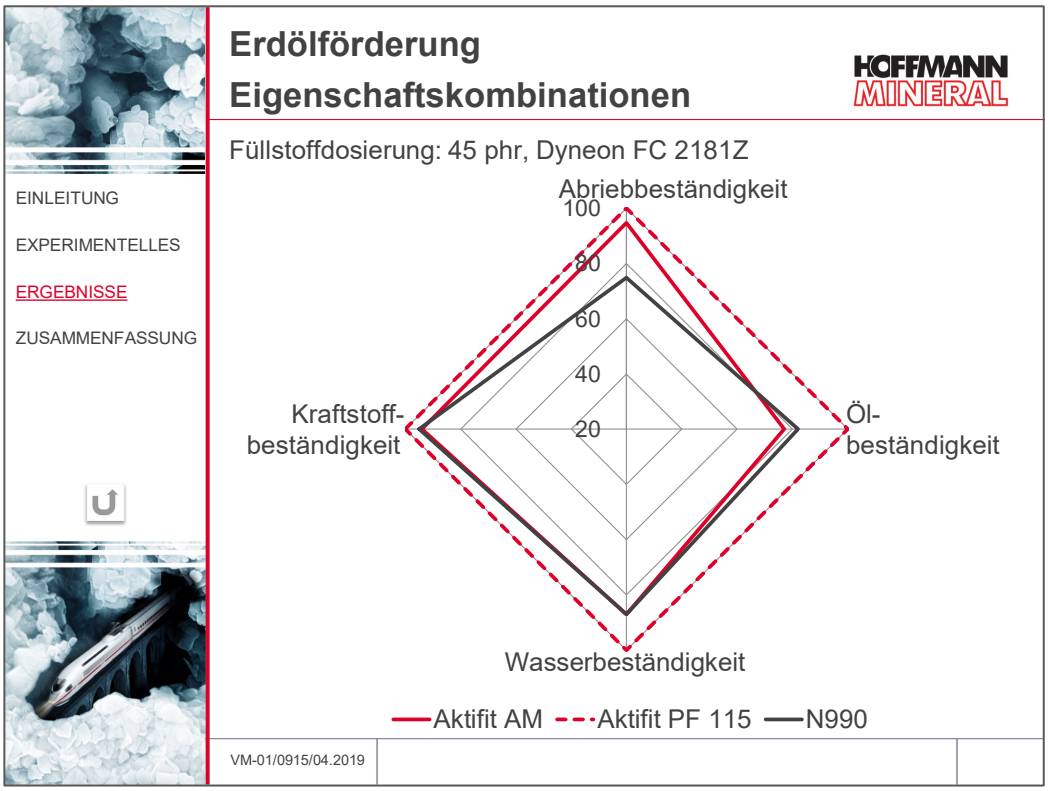
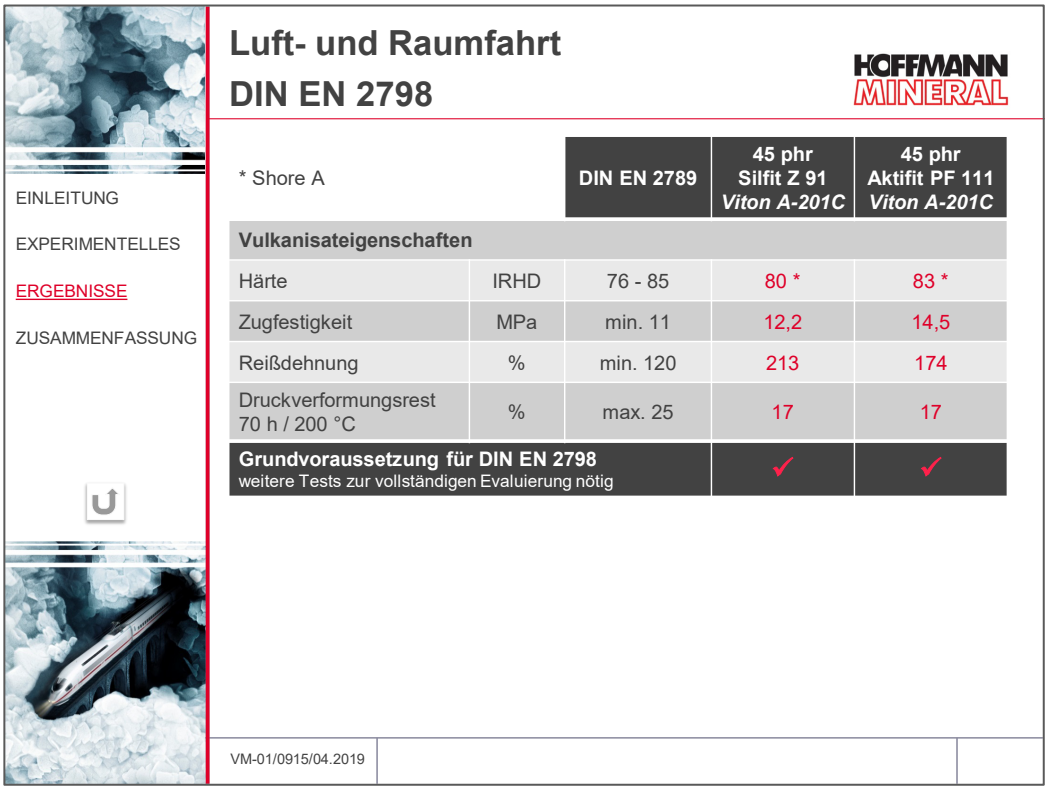


Abb. 73

Luft- und Raumfahrt: Fluorcarbon-Elastomer, niedriger Druckverformungsrest, DIN EN 2798



Luft- und Raumfahrt
DIN EN 2798

HOFFMANN MINERAL

EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
ZUSAMMENFASSUNG

* Shore A		DIN EN 2789	45 phr Silfit Z 91 *Viton A-201C*	45 phr Aktifit PF 111 *Viton A-201C*
Vulkanisateigenschaften				
Härte	IRHD	76 - 85	80 *	83 *
Zugfestigkeit	MPa	min. 11	12,2	14,5
Reißdehnung	%	min. 120	213	174
Druckverformungsrest 70 h / 200 °C	%	max. 25	17	17
Grundvoraussetzung für DIN EN 2798 weitere Tests zur vollständigen Evaluierung nötig			✓	✓

VM-01/0915/04.2019

Abb. 74

Die Kombination aus niedrigem Druckverformungsrest und hoher Reißdehnung macht 45 phr Silfit Z 91 oder Aktifit PF 111 in Viton A-201C besonders attraktiv für Anwendungen, die die DIN EN 2798 erfüllen müssen (Abb. 74).

Auch hier sind natürlich weitere Tests nötig, um die Einsatzmöglichkeiten zu prüfen, doch die Grundvoraussetzung ist mit Silfit Z 91 oder Aktifit PF 111 bereits erfüllt.

6 Vorteile der einzelnen Neuburger Kieselerde Typen

Abb. 75

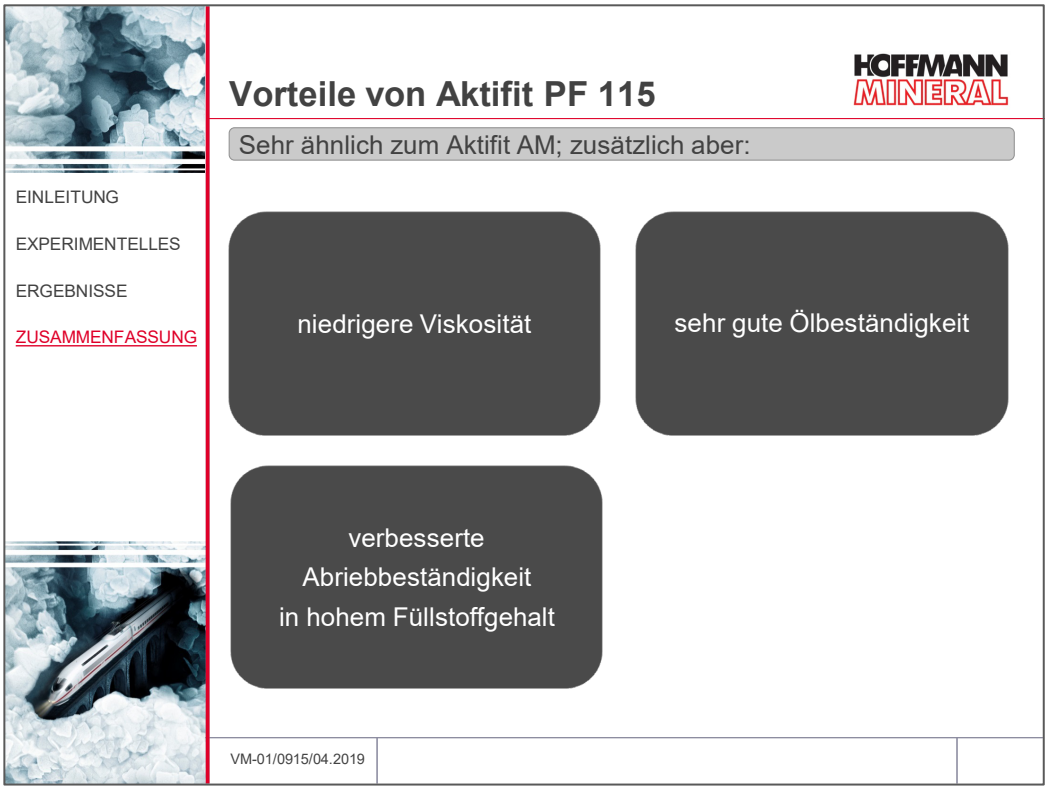


Abb. 76

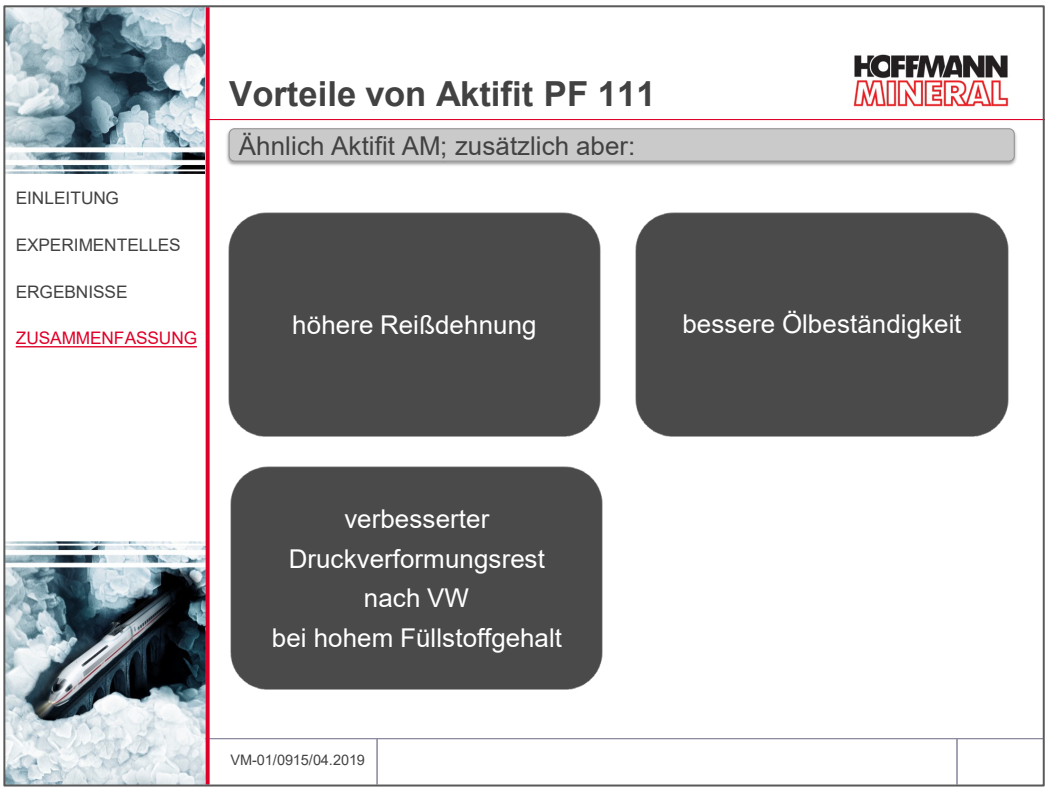

Vorteile von Aktifit PF 111
HOFFMANN MINERAL
Ähnlich Aktifit AM; zusätzlich aber:
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
ZUSAMMENFASSUNG
höhere Reißdehnung
bessere Ölbeständigkeit
verbesserter Druckverformungsrest nach VW bei hohem Füllstoffgehalt
VM-01/0915/04.2019

Abb. 77

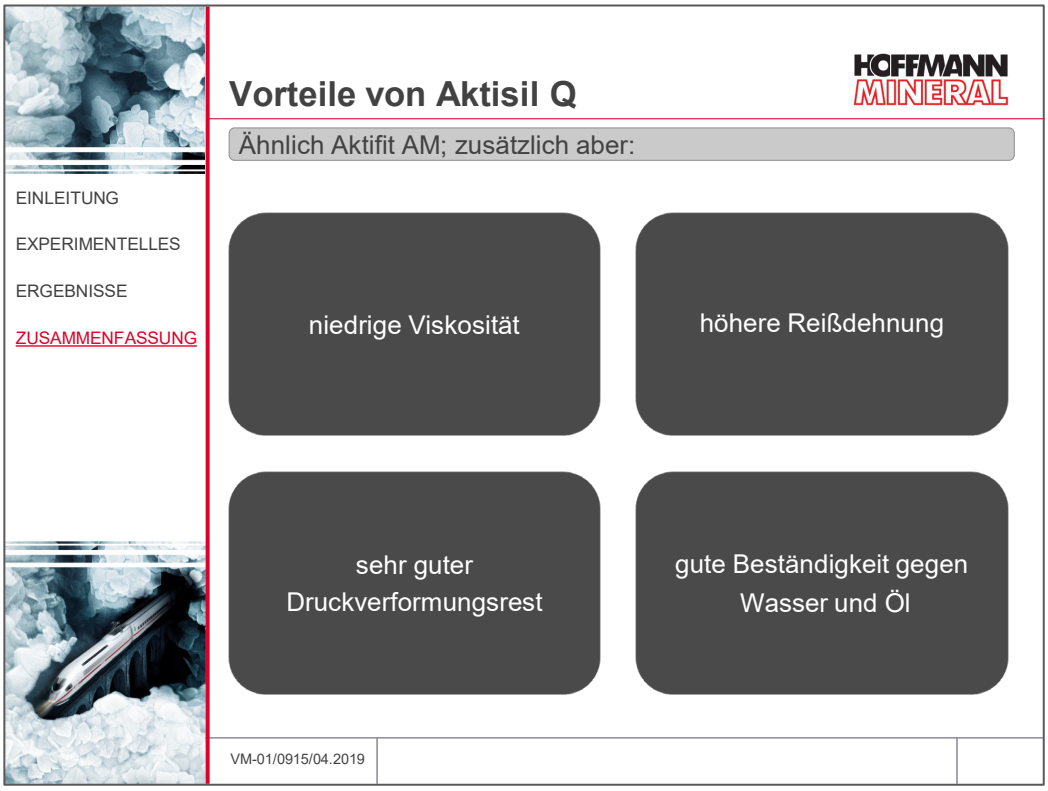

Vorteile von Aktisil Q
HOFFMANN MINERAL
Ähnlich Aktifit AM; zusätzlich aber:
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
ZUSAMMENFASSUNG
niedrige Viskosität
höhere Reißdehnung
sehr guter Druckverformungsrest
gute Beständigkeit gegen Wasser und Öl
VM-01/0915/04.2019

Abb. 78

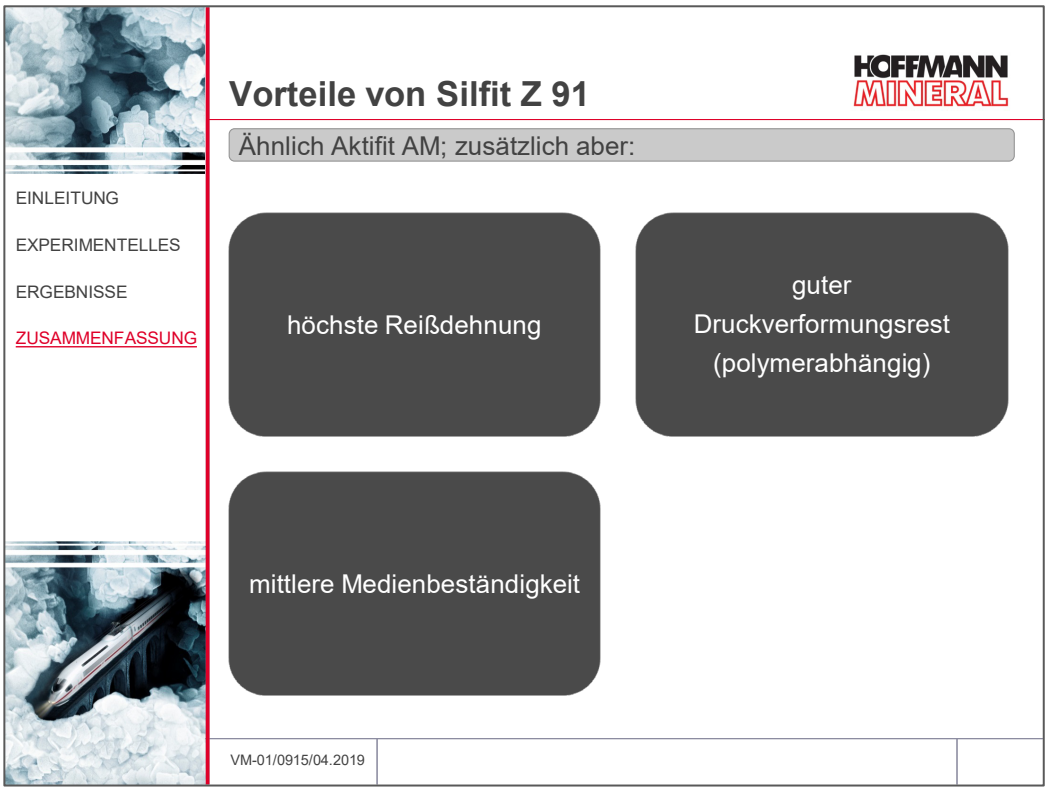

Vorteile von Silfit Z 91
HOFFMANN MINERAL
Ähnlich Aktifit AM; zusätzlich aber:
EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
ZUSAMMENFASSUNG
höchste Reißdehnung
guter Druckverformungsrest (polymerabhängig)
mittlere Medienbeständigkeit
VM-01/0915/04.2019

Abb. 79

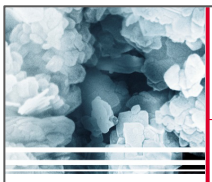
7 Zusammenfassung

Diese Untersuchung zeigt, dass Neuburger Kieselerde die Eigenschaften von FKM-Compounds gegenüber Ruß und anderen mineralischen Füllstoffen verbessert.

Neben der Möglichkeit, farbige Vulkanisate zu herzustellen, ist auch eine Optimierung der Mischungskosten denkbar.

Die generelle Empfehlung einer bestimmten NKE-Type ist nicht möglich, da es im Einzelfall auf das Anforderungsprofil ankommt.
Durch die breite Versuchsanordnung dieser Studie ist es aber möglich, schon im Vorfeld ein optimal passendes Produkt auszuwählen, um das Eigenschaftsprofil in die richtige Richtung zu lenken.

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 Patent-verletzungen übernehmen, die möglicherweise aus der Anwendung unserer Angaben resultieren.



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

ANHANG

Ergebnistabelle Dyneon FC 2181Z FKM low curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktifit AM		Aktifit PF 115		Aktifit PF 111	
	phr	30	45	30	45	30	45
Rheologie							
Mooney Viskosität, ML Min., 120 °C	MU	99	122	85	102	88	107
Rotorloses Vulkameter M_{min} 177 °C	Nm	0,101	0,140	0,084	0,112	0,090	0,116
Rotorloses Vulkameter V_{max} 177 °C	Nm/min.	1,76	1,51	1,82	1,84	1,03	0,54
Rotorloses Vulkameter t_{90} 177 °C	min.	1,6	1,4	1,4	1,2	2,2	2,9
Mechanische Eigenschaften – Vulkanisationsbedingungen 7 min. / 177 °C, Tempern 16 h / 230 °C							
Härte	Sh. A	69	77	69	77	70	79
Zugfestigkeit	MPa	16,6	18,2	15,8	16,8	15,5	19,8
Spannungswert 50 %	MPa	2,15	3,67	2,06	3,44	2,32	3,80
Spannungswert 100 %	MPa	5,0	8,5	4,6	7,8	5,3	8,1
Reißdehnung	%	229	187	250	194	224	215
Weiterreißwiderstand	N/mm	3,6	3,4	3,9	3,6	3,9	3,8
DVR ISO 70 h / 200 °C, 25 % Def.	%	18	21	n.b.	n.b.	18	21
DVR ISO 70 h / 232 °C, 25 % Def.	%	36	35	36	37	34	33
DVR VW PV3307 22 h / 150 °C, 50 % Def.	%	43	53	47	45	45	41
Abriebverlust	mm³	122	132	139	125	131	144

VM-01/0915/04.2019

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

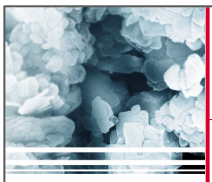
ANHANG

Ergebnistabelle Dyneon FC 2181Z FKM low curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktisil Q		Silfit Z 91		N990	Woll. AST	Woll. EST	$BaSO_4$
	phr	30	45	30	45	30	45	45	74
Rheologie									
Mooney Viskosität, ML Min., 120 °C	MU	86	101	90	114	88	94	93	93
Rotorloses Vulkameter M_{min} 177 °C	Nm	0,088	0,105	0,100	0,140	0,113	0,103	0,101	0,094
Rotorloses Vulkameter V_{max} 177 °C	Nm/min.	0,71	0,14	0,66	0,13	1,63	2,06	1,83	2,02
Rotorloses Vulkameter t_{90} 177 °C	min.	2,8	7,5	3,1	7,1	1,6	1,5	1,4	1,5
Mechanische Eigenschaften – Vulkanisationsbedingungen 7 min. / 177 °C, Tempern 16 h / 230 °C									
Härte	Sh. A	69	75	69	78	81	72	71	72
Zugfestigkeit	MPa	15,8	17,7	15,3	17,0	16,0	17,3	15,3	9,1
Spannungswert 50 %	MPa	2,07	3,07	2,21	3,26	3,67	3,09	3,29	2,21
Spannungswert 100 %	MPa	4,7	6,9	4,4	6,3	6,6	8,3	8,6	3,7
Reißdehnung	%	242	242	289	241	223	192	183	271
Weiterreißwiderstand	N/mm	3,9	4,0	4,8	4,7	5,1	3,3	3,6	5,1
DVR ISO, 70 h / 200 °C, 25 % Def.	%	16	17	21	23	22	16	16	17
DVR ISO 70 h / 232 °C, 25 % Def.	%	34	30	37	36	41	34	35	36
DVR VW PV3307 22 h / 150 °C, 50 % Def.	%	37	42	55	51	46	37	37	42
Abriebverlust	mm³	154	151	141	137	167	138	138	248

VM-01/0915/04.2019



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

ANHANG

Ergebnistabelle Dyneon FC 2181Z FKM low curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktifit AM		Aktifit PF 115		Aktifit PF 111	
	phr	30	45	30	45	30	45
Heißluftalterung, 70 h bei 232 °C							
Härte	Sh. A	69	78	69	77	70	80
Zugfestigkeit	MPa	17,8	17,9	16,9	17,9	17,8	18,0
Reißdehnung	%	242	200	258	197	245	198
Δ Härte	Sh. A	0	+1	0	0	0	+1
Δ Zugfestigkeit	%	+8	-2	+7	+6	+15	-9
Δ Reißdehnung	rel.%	+5	+7	+3	+1	+9	-8
Lagerung in dest. Wasser, 168 h bei 60 °C							
Härte	Sh. A	68	77	68	77	68	77
Zugfestigkeit	MPa	13,5	15,0	14,1	16,0	10,6	10,5
Reißdehnung	%	265	231	279	225	321	287
Δ Härte	Sh. A	-1	0	-1	0	-2	-2
Δ Zugfestigkeit	%	-19	-18	-11	-5	-32	-47
Δ Reißdehnung	rel.%	+16	+24	+12	+16	+44	+34
Δ Gewicht	%	+0,7	+0,8	+0,5	+0,5	+0,7	+0,9
Δ Volumen	%	+0,8	+0,9	+0,2	+0,3	+0,6	+1,0

VM-01/0915/04.2019

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

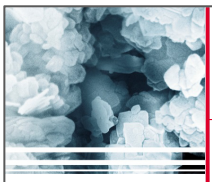
ANHANG

Ergebnistabelle Dyneon FC 2181Z FKM low curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktisil Q		Silfit Z 91		N990	Woll. AST	Woll. EST	$BaSO_4$
	phr	30	45	30	45	30	45	45	74
Heißluftalterung, 70 h bei 232 °C									
Härte	Sh. A	68	75	70	78	82	71	71	72
Zugfestigkeit	MPa	13,8	16,8	16,0	16,5	16,3	15,8	15,5	9,5
Reißdehnung	%	210	233	238	232	202	164	201	242
Δ Härte	Sh. A	-1	0	+1	0	+1	-1	0	0
Δ Zugfestigkeit	%	-13	-5	+4	-3	+2	-9	+2	+3
Δ Reißdehnung	rel.%	-13	-4	-18	-4	-9	-15	+10	-11
Lagerung in dest. Wasser, 168 h bei 60 °C									
Härte	Sh. A	67	74	68	74	80	70	69	68
Zugfestigkeit	MPa	12,2	13,1	9,9	9,5	13,2	12,1	10,5	7,4
Reißdehnung	%	301	288	385	403	241	243	271	357
Δ Härte	Sh. A	-2	-1	-1	-4	-1	-2	-2	-4
Δ Zugfestigkeit	%	-23	-26	-36	-44	-18	-30	-31	-20
Δ Reißdehnung	rel.%	+24	+19	+33	+67	+8	+26	+48	+32
Δ Gewicht	%	+0,8	+1,0	+0,9	+1,1	+0,5	+0,7	+0,8	+0,8
Δ Volumen	%	+0,6	+1,0	+0,9	+1,5	+0,5	+0,5	+0,8	+1,2

VM-01/0915/04.2019



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

ANHANG

Ergebnistabelle Dyneon FC 2181Z FKM low curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktifit AM		Aktifit PF 115		Aktifit PF 111	
	phr	30	45	30	45	30	45
Lagerung in Kraftstoff FAM B, 70 h bei 23 °C							
Härte	Sh. A	58	66	58	67	58	68
Zugfestigkeit	MPa	10,3	12,1	10,0	12,3	8,4	10,2
Reißdehnung	%	195	179	201	183	242	222
Δ Härte	Sh. A	-11	-11	-11	-10	-12	-11
Δ Zugfestigkeit	%	-38	-33	-37	-27	-46	-48
Δ Reißdehnung	rel.%	-15	-4	-19	-6	+8	+3
Δ Gewicht	%	+6,1	+5,6	+6,2	+5,0	+7,0	+5,6
Δ Volumen	%	+15	+14	+15	+12	+17	+14
Lagerung in Motoröl OS206304, 168 h bei 150 °C							
Härte	Sh. A	68	76	67	76	69	77
Zugfestigkeit	MPa	16,7	13,3	15,9	17,5	16,8	19,1
Reißdehnung	%	227	130	240	191	255	211
Δ Härte	Sh. A	-1	-1	-2	-1	-1	-2
Δ Zugfestigkeit	%	+1	-27	0	+4	+8	-3
Δ Reißdehnung	rel.%	-1	-30	-4	-1	+14	-2
Δ Gewicht	%	+0,6	+0,6	+0,4	+0,5	+0,6	+0,6
Δ Volumen	%	+0,9	+0,9	+0,8	+0,8	+1,0	+0,8

VM-01/0915/04.2019

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

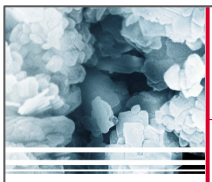
ANHANG

Ergebnistabelle Dyneon FC 2181Z FKM low curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktisil Q		Silfit Z 91		N990	Woll. AST	Woll. EST	$BaSO_4$
	phr	30	45	30	45	30	45	45	74
Lagerung in Kraftstoff FAM B, 70 h bei 23 °C									
Härte	Sh. A	57	64	57	64	71	62	60	58
Zugfestigkeit	MPa	7,7	9,9	7,8	8,2	10,9	9,8	9,0	4,7
Reißdehnung	%	185	205	340	390	223	146	167	263
Δ Härte	Sh. A	-12	-11	-12	-14	-10	-10	-11	-14
Δ Zugfestigkeit	%	-51	-44	-49	-52	-32	-43	-41	-49
Δ Reißdehnung	rel.%	-24	-15	+18	+62	0	-24	-8	-3
Δ Gewicht	%	+6,5	+5,9	+6,8	+5,8	+5,4	+5,5	+5,8	+5,3
Δ Volumen	%	+16	+15	+17	+14	+12	+14	+15	+16
Lagerung in Motoröl OS206304, 168 h bei 150 °C									
Härte	Sh. A	67	74	69	77	80	70	70	70
Zugfestigkeit	MPa	13,5	16,9	14,9	16,2	12,5	15,8	14,6	9,8
Reißdehnung	%	208	216	290	256	245	178	180	329
Δ Härte	Sh. A	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2
Δ Zugfestigkeit	%	-15	-5	-3	-5	-22	-8	-4	+8
Δ Reißdehnung	rel.%	-14	-11	0	+6	+10	-7	-1	+21
Δ Gewicht	%	+0,6	+0,6	+0,5	+0,5	+0,6	+0,5	+0,5	+0,4
Δ Volumen	%	+0,9	+0,6	+0,8	+0,8	+0,9	+0,6	+0,6	+0,7

VM-01/0915/04.2019



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

ANHANG

Ergebnistabelle Viton A-201C
FKM high curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktifit AM		Aktifit PF 115		Aktifit PF 111	
	phr	30	45	30	45	30	45
Rheologie							
Mooney Viskosität, ML Min., 120 °C	MU	53	67	49	60	51	63
Rotorloses Vulkameter M_{min} 177 °C	Nm	0,039	0,057	0,028	0,043	0,034	0,046
Rotorloses Vulkameter V_{max} 177 °C	Nm/min.	2,25	2,77	1,66	2,54	1,46	1,64
Rotorloses Vulkameter t_{90} 177 °C	min.	1,8	1,5	2,3	1,8	3,0	2,8
Mechanische Eigenschaften – Vulkanisationsbedingungen 10 min. / 177 °C, Tempern 24 h / 232 °C							
Härte	Sh. A	72	81	71	81	72	83
Zugfestigkeit	MPa	14,3	13,9	14,9	16,2	13,2	14,5
Spannungswert 50 %	MPa	2,69	4,62	2,72	4,55	2,86	4,68
Spannungswert 100 %	MPa	6,5	10	7,0	10	6,2	9,0
Reißdehnung	%	185	134	181	149	206	174
Weiterreißwiderstand	N/mm	3,3	3,4	3,6	3,5	3,9	4,0
DVR ISO 70 h / 200 °C, 25 % Def.	%	13	18	n.b.	n.b.	13	17
DVR ISO 70 h / 232 °C, 25 % Def.	%	37	39	38	38	39	40
DVR VW PV3307 22 h / 150 °C, 50 % Def.	%	41	43	40	40	36	34
Abriebverlust	mm³	167	170	156	152	172	180

VM-01/0915/04.2019

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

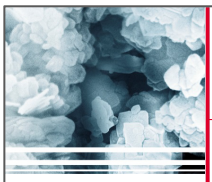
ANHANG

Ergebnistabelle Viton A-201C
FKM high curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktisil Q		Silfit Z 91		N990	Woll. AST	Woll. EST	$BaSO_4$
	phr	30	45	30	45	30	45	45	74
Rheologie									
Mooney Viskosität, ML Min., 120 °C	MU	48	59	53	66	47	55	55	56
Rotorloses Vulkameter M_{min} 177 °C	Nm	0,032	0,042	0,038	0,057	0,031	0,034	0,033	0,034
Rotorloses Vulkameter V_{max} 177 °C	Nm/min.	1,69	1,44	1,51	1,60	2,16	2,04	1,80	1,71
Rotorloses Vulkameter t_{90} 177 °C	min.	3,4	3,1	2,9	2,7	2,1	2,0	2,1	2,2
Mechanische Eigenschaften – Vulkanisationsbedingungen 10 min. / 177 °C, Tempern 24 h / 232 °C									
Härte	Sh. A	71	79	73	80	77	71	72	71
Zugfestigkeit	MPa	12,3	15,2	11,6	12,2	12,1	15,7	15,3	7,8
Spannungswert 50 %	MPa	2,87	4,47	2,76	4,17	3,32	4,24	4,39	2,24
Spannungswert 100 %	MPa	6,6	9,4	5,3	7,4	6,0	11	11	3,4
Reißdehnung	%	177	165	242	213	192	147	157	254
Weiterreißwiderstand	N/mm	3,4	3,5	4,0	4,9	4,3	2,9	3,6	3,6
DVR ISO 70 h / 200 °C, 25 % Def.	%	14	18	12	17	18	15	n.b.	17
DVR ISO 70 h / 232 °C, 25 % Def.	%	35	34	32	32	35	32	39	34
DVR VW PV3307 22 h / 150 °C, 50 % Def.	%	29	33	36	33	44	26	24	30
Abriebverlust	mm³	196	180	181	182	186	140	153	286

VM-01/0915/04.2019



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

ANHANG

Ergebnistabelle Viton A-201C FKM high curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktifit AM		Aktifit PF 115		Aktifit PF 111	
	phr	30	45	30	45	30	45
Heißluftalterung, 70 h bei 232 °C							
Härte	Sh. A	72	81	72	81	73	83
Zugfestigkeit	MPa	14,8	13,0	15,0	15,6	13,2	14,7
Reißdehnung	%	207	135	178	144	201	175
Δ Härte	Sh. A	0	0	+1	0	+1	0
Δ Zugfestigkeit	%	+4	-6	+1	-4	0	+1
Δ Reißdehnung	rel.%	+12	+1	-2	-4	-2	0
Lagerung in dest. Wasser, 168 h bei 60 °C							
Härte	Sh. A	72	81	71	81	73	81
Zugfestigkeit	MPa	13,4	14,7	13,3	14,2	9,8	10,1
Reißdehnung	%	215	173	206	157	246	206
Δ Härte	Sh. A	0	0	0	0	+1	-2
Δ Zugfestigkeit	%	-6	+6	-11	-12	-25	-30
Δ Reißdehnung	rel.%	+16	+30	+14	+5	+20	+18
Δ Gewicht	%	+0,5	+0,5	+0,5	-0,5	+0,6	+0,6
Δ Volumen	%	+0,2	+0,1	+0,2	+0,2	+0,3	+0,4

VM-01/0915/04.2019

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

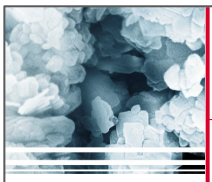
ANHANG

Ergebnistabelle Viton A-201C FKM high curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktisil Q		Silfit Z 91		N990	Woll. AST	Woll. EST	$BaSO_4$
	phr	30	45	30	45	30	45	45	74
Heißluftalterung, 70 h bei 232 °C									
Härte	Sh. A	71	79	74	80	80	74	72	73
Zugfestigkeit	MPa	12,2	14,1	12,0	13,7	14,7	16,3	13,5	8,5
Reißdehnung	%	185	162	221	196	203	142	156	232
Δ Härte	Sh. A	0	0	+1	0	+3	+3	0	+2
Δ Zugfestigkeit	%	-1	-7	+4	+13	+22	+4	-12	+8
Δ Reißdehnung	rel.%	+5	-2	-9	-8	+6	-4	-1	-9
Lagerung in dest. Wasser, 168 h bei 60 °C									
Härte	Sh. A	71	79	72	80	79	73	73	70
Zugfestigkeit	MPa	10,8	12,4	9,4	9,0	11,2	12,9	10,1	7,6
Reißdehnung	%	214	185	281	242	224	179	207	290
Δ Härte	Sh. A	0	0	-1	0	+2	+2	+1	-1
Δ Zugfestigkeit	%	-12	-19	-19	-26	-7	-18	-34	-3
Δ Reißdehnung	rel.%	+21	+12	+16	+14	+16	+22	+31	+14
Δ Gewicht	%	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8	+0,4	+0,6	+0,6	+0,7
Δ Volumen	%	+0,4	+0,5	+0,5	+0,7	+0,2	+0,1	+0,2	+0,8

VM-01/0915/04.2019



EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
ZUSAMMENFASSUNG
ANHANG

Ergebnistabelle Viton A-201C FKM high curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktifit AM		Aktifit PF 115		Aktifit PF 111	
	phr	30	45	30	45	30	45
Lagerung in Kraftstoff FAM B, 70 h bei 23 °C							
Härte	Sh. A	60	71	61	70	61	71
Zugfestigkeit	MPa	8,9	9,6	8,3	11,1	7,4	9,0
Reißdehnung	%	147	113	134	122	164	148
Δ Härte	Sh. A	-12	-10	-10	-11	-11	-12
Δ Zugfestigkeit	%	-37	-31	-44	-32	-44	-37
Δ Reißdehnung	rel.%	-21	-15	-26	-18	-20	-15
Δ Gewicht	%	+7,2	+5,8	+7,0	+5,7	+7,6	+6,3
Δ Volumen	%	+17	+14	+17	+14	+18	+15
Lagerung in Motoröl OS206304, 168 h bei 150 °C							
Härte	Sh. A	68	79	70	78	69	82
Zugfestigkeit	MPa	11,5	12,5	15,3	17,3	15,8	16,7
Reißdehnung	%	143	112	182	151	199	151
Δ Härte	Sh. A	-4	-2	-1	-3	-3	-1
Δ Zugfestigkeit	%	-19	-10	+3	+7	+20	+15
Δ Reißdehnung	rel.%	-23	-16	0	+1	-3	-14
Δ Gewicht	%	+0,7	+0,6	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5
Δ Volumen	%	+1,2	+0,7	+1,1	+1,0	+0,9	+0,7

VM-01/0915/04.2019

EINLEITUNG
EXPERIMENTELLES
ERGEBNISSE
ZUSAMMENFASSUNG
ANHANG

Ergebnistabelle Viton A-201C FKM high curative level

HOFFMANN MINERAL

		Aktisil Q		Silfit Z 91		N990	Woll. AST	Woll. EST	$BaSO_4$
	phr	30	45	30	45	30	45	45	74
Lagerung in Kraftstoff FAM B, 70 h bei 23 °C									
Härte	Sh. A	60	68	59	68	65	62	62	58
Zugfestigkeit	MPa	6,1	7,6	6,3	7,0	7,8	8,4	6,9	4,3
Reißdehnung	%	113	105	198	197	165	103	108	162
Δ Härte	Sh. A	-11	-11	-14	-12	-12	-9	-10	-13
Δ Zugfestigkeit	%	-51	-50	-46	-42	-35	-46	-55	-45
Δ Reißdehnung	rel.%	-36	-37	-18	-7	-14	-30	-32	-36
Δ Gewicht	%	+8,8	+7,7	+8,1	+7,0	+7,5	+6,5	+7,6	+5,8
Δ Volumen	%	+21	+19	+20	+17	+17	+17	+19	+17
Lagerung in Motoröl OS206304, 168 h bei 150 °C									
Härte	Sh. A	70	80	71	81	75	69	70	71
Zugfestigkeit	MPa	10,7	12,8	9,4	10,8	8,6	14,4	14,7	6,7
Reißdehnung	%	137	117	173	150	171	120	130	189
Δ Härte	Sh. A	-1	+1	-2	+1	-2	-2	-2	0
Δ Zugfestigkeit	%	-12	-16	-19	-12	-29	-8	-4	-14
Δ Reißdehnung	rel.%	-22	-29	-28	-29	-11	-18	-17	-26
Δ Gewicht	%	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,6	+0,5	+0,5	+0,4
Δ Volumen	%	+0,7	+0,6	+1,0	+0,8	+1,0	+0,7	+0,5	+0,6

VM-01/0915/04.2019