

# **Kalzinierte Neuburger Kieselerde**

## **in Thermoplasten:**

### **Polyamid 6 und 66**

Verfasser:           Hubert Oggermüller  
                          Petra Zehnder

## **Inhalt**

- 1 Einleitung
  
- 2 Experimentelles
  - 2.1 Neuburger Kieselerte
  - 2.2 Füllstoffkennwerte
  - 2.3 Compoundierung und Spritzgießen
  
- 3 Ergebnisse Polyamid 6
  - 3.1 Schmelze-Volumenfließrate
  - 3.2 Wärmeformbeständigkeit
  - 3.3 Kugeldruckhärte
  - 3.4 Zugfestigkeit und Bruchdehnung
  - 3.5 Zugmodul
  - 3.6 Schlagzähigkeit ungekerbte Proben
  - 3.7 Kerbschlagzähigkeit
  - 3.8 Schwarze Einfärbung ohne Vergrauung
  - 3.9 Übersicht: Performance in Polyamid 6
  
- 4 Ergebnisse Polyamid 66
  - 4.1 Schmelze-Volumenfließrate
  - 4.2 Wärmeformbeständigkeit
  - 4.3 Kugeldruckhärte
  - 4.4 Zugfestigkeit und Bruchdehnung
  - 4.5 Zugmodul
  - 4.6 Schlagzähigkeit ungekerbte Proben
  - 4.7 Kerbschlagzähigkeit
  - 4.8 Schwarze Einfärbung ohne Vergrauung
  - 4.9 Übersicht: Performance in Polyamid 66
  
- 5 Zusammenfassung
  
- 6 Anhang: Ergebnistabellen

# 1 Einleitung

Polyamide finden als Werkstoffe in vielen Bereichen Anwendung, überwiegend im Automobil- und Elektrosektor.

Wichtige Eigenschaften sind neben guter Verarbeitbarkeit eine hohe Oberflächengüte, hohe Steifigkeit und Zähigkeit, geringer Verzug und eine gute Wärmeformbeständigkeit.

Deshalb werden zur Eigenschaftsanpassung oft mineralische Füllstoffe, auch in Kombination mit Glasfasern eingesetzt.

Für verzugsarme Teile werden kalzinierte Kaoline und Wollastonit mit blockiger Partikelform als typische Füllstoffe bevorzugt.

In der vorliegenden Untersuchung soll Kalzinierte Neuburger Kieselerde als Füllstoff für Thermoplaste, vorzugsweise Polyamide vorgestellt werden.

Ziel ist die Verbesserung des Eigenschaftsprofils durch Aktifit AM gegenüber den typischen Wettbewerbsfüllstoffen im Hinblick auf Fließfähigkeit und mechanische Eigenschaften in Polyamid.

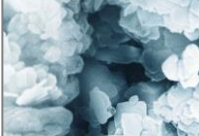
Als kostengünstige Variante für einen nicht oberflächenbehandelten Füllstoff wurde Silfit Z 91 herangezogen.

## 2 Experimentelles


### 2.1 Neuburger Kieselerde

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

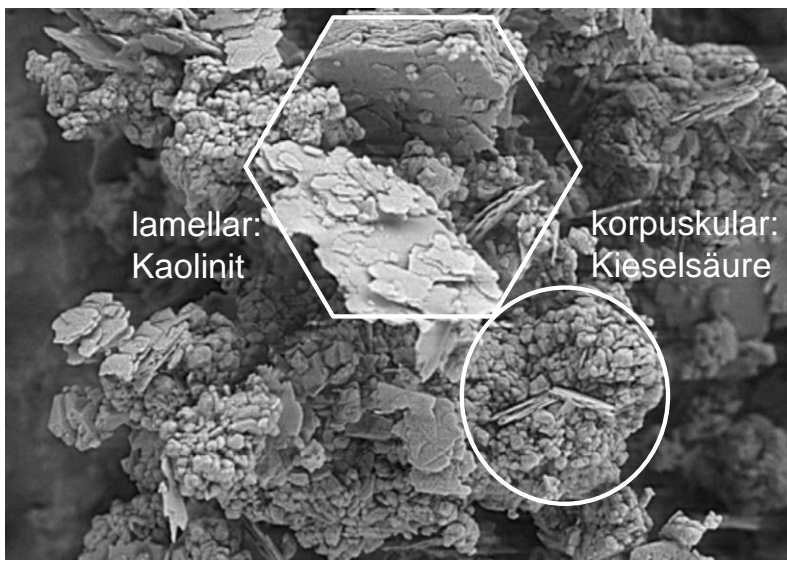
Die besondere morphologische Zusammensetzung der Neuburger Kieselerde, die eine eigene Mineralklasse darstellt, wird in einer REM-Aufnahme veranschaulicht.



### Struktur der Neuburger Kieselerde




10.000-fache Vergrößerung




lamellar: Kaolinit

korpuskular: Kieselsäure

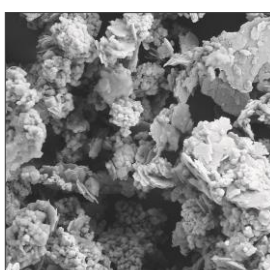
VM-02/0510/09.2014



### Kalzinierte Neuburger Kieselerde

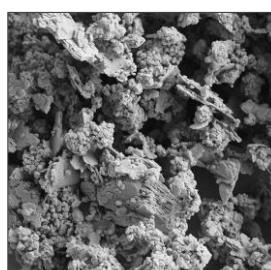


Durch einen nachgeschalteten thermischen Prozess entstehen die kalzinierten Produkte **Silfit** und **Aktifit**, auf Basis von SILLITIN Z 86.



Neuburger Kieselerde

Thermischer Prozess



Kalzinierte Neuburger Kieselerde

Zusätzliche anwendungstechnischen Vorteile sowie Entfernung des enthaltenen Kristallwassers des Kaolinitanteils. Der Kieselsäureanteil bleibt unverändert.



VM-02/0510/09.2014

Silfit Z 91 ist eine Neuburger Kieselerde, die einer thermischen Behandlung unterzogen wurde. Die Komponenten und der thermische Prozess führen zu einem Produkt, das als funktioneller Füllstoff spezielle anwendungstechnische Vorteile bietet.

Aktifit AM ist ein aktiviertes Silfit Z 91, bei dem die Oberfläche mit einer speziellen aminofunktionellen Gruppe modifiziert wurde. Bei der Compoundierung bewirken die Aminogruppen von Aktifit AM eine gute Benetzung und sehr gute Dispergierung im Matrixpolymer. Zudem werden in Polyamid hohe Verbundfestigkeiten durch Wasserstoffbrückenbindungen erreicht.

## 2.2 Füllstoffkennwerte

Die Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Füllstoffkennwerte.

		Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzinierte Neuburger Kieselerde	
		Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktifit AM
 EINLEITUNG <u>EXPERIMENTELLES</u> ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG ANHANG 	Farbwert L* (CIELAB)	96,3	96,0	96,7	95,1	95,1
	Farbwert a* (CIELAB)	-0,1	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2
	Farbwert b* (CIELAB)	2,5	2,2	1,0	1,0	1,0
	Korngröße d <sub>50</sub> [µm]	3,8	3,4	3,4	1,9	1,9
	Korngröße d <sub>97</sub> [µm]	13	14	14	10	10
	Ölzahl [g/100g]	68	61	33	60	61
	Spezifische Oberfläche BET [m <sup>2</sup> /g]	5,8	9,1	3,6	7,4	6,6
	Rückstand > 40 µm [mg/kg]	180	44	28	8	21
	Funktionalisierung	Amino		Amino	keine	Amino
	VM-02/0510/09.2014					

Als Vertreter der Kalzinierten Neuburger Kieselerde wurden Silfit Z 91 und Aktifit AM herangezogen.

Zum Vergleich dienten zwei verschiedene kalzinierte Kaoline und ein Wollastonit. Beide Kaoline sind häufig verwendete Standardtypen mit etwas größerer Kornverteilung als die Kalzinierte Neuburger Kieselerde.

Dies trifft auch für den Wollastonit zu. Die verwendete Type weist ein niedriges Längen-/Durchmesser-Verhältnis und damit eine blockige Partikelform auf. Im Gegensatz zu stark nadeligen Typen mit hohem Längen-/Durchmesser-Verhältnis ermöglicht die kompakte Partikelform die Herstellung verzugsarmer Kunststoffteile.

Verglichen mit den Kaolinen und der Kalzinierten Neuburger Kieselerde sind sowohl die Ölzahl als auch die spezifische Oberfläche beim Wollastonit deutlich niedriger. Die spezifische Oberfläche differenziert auch die beiden kalzinierten Kaoline.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium ist der Siebrückstand, bei dem insbesondere Kaolin Typ 1 negativ auffällt, gefolgt von Typ 2. Dagegen markieren Wollastonit sowie Silfit Z 91 und Aktifit AM das niedrigste Niveau.

Alle Wettbewerbsfüllstoffe waren mit Aminosilan oberflächenbehandelt.

## 2.3 Compoundierung und Spritzgießen

Als Polymere wurden eine Polyamid 6-Type und zwei Polyamid 66-Typen ausgewählt:

- Durethan® B 31 SK, eine leichtfließende und gut entformbare Polyamid 6 Standard-Spritzgießtype der Firma LANXESS, schwarz eingefärbte Variante (9005/0)
- Ultramid® A3K, eine leichtfließende und rasch verarbeitbare Polyamid 66 Spritzgießtype der Firma BASF, naturfarbene Variante
- Schulamid® 66 MV 2, eine mittelviskose Polyamid 66 Standard-Spritzgießtype der Fa. A. Schulman Inc., naturfarbene Variante

Um die typischen Füllstoffeigenschaften ohne den Einfluss von Additiven bewerten zu können, bestand die Zusammensetzung der Compounds lediglich aus 60 Gewichtsprozent Polymer und 40 Gewichtsprozent Füllstoff.

Compoundiert wurde auf einem Zweischneckenextruder ZSK 30 (Schneckendurchmesser 30 mm, L/D 45) der Firma Coperion.

Das Matrixmaterial wurde mindestens 8 h bei 80 °C im Trockenlufttrockner vorgetrocknet. Die Füllstoffe wurden jedoch nicht vorgetrocknet und im Anlieferungszustand verarbeitet. Bei der Compoundierung wurde das Polyamid im Hauptstrom vorgegeben und der Füllstoff über eine Seitenstrombeschickung der Polymerschmelze zugeführt. Die extrudierten Stränge wurden im Kaltabschlag granuliert und das Granulat anschließend in einem Taumelmischer homogenisiert.

Die Herstellung der Probekörper fand auf einer Schneckenspritzgießmaschine FX 75 der Firma Ferromatik Milacron bzw. 320A 600-170 der Firma Arburg unter Verwendung eines Probekörperwerkzeugs nach ISO 294 mit auswechselbaren Einsätzen für die entsprechenden Probekörper statt. Vor der Verarbeitung wurde das Compoundgranulat vorgetrocknet (Trockenluft 8 h/80 °C) und in der Spritzgießmaschine gemäß ISO 1874 mit einer Masstemperatur von 260 °C bei Polyamid 6 bzw. 305 °C bei Polyamid 66, einer Werkzeugtemperatur von 80°C und einer Fließfrontgeschwindigkeit von 200 mm/s verspritzt. Die entformten Probekörper wurden bis zur Prüfung luftdicht verpackt.

Compoundierung und Spritzgießen erfolgten beim Deutschen Kunststoff-Institut DKI in Darmstadt. Die Prüfungen wurden bei Hoffmann Mineral durchgeführt.

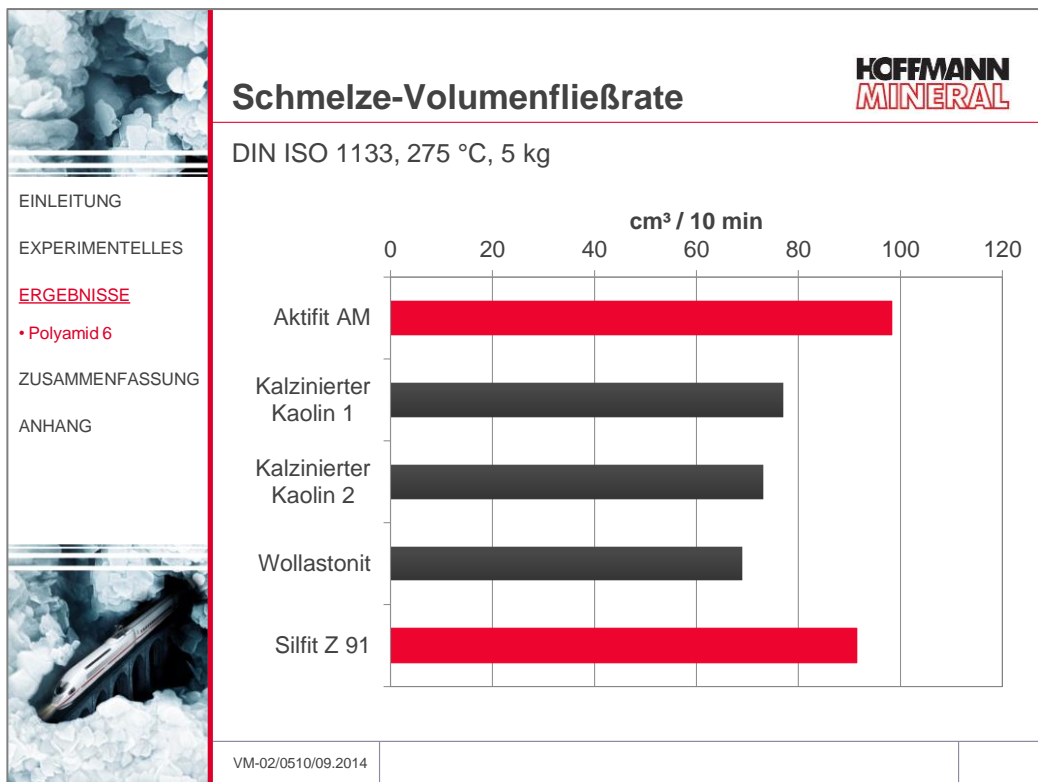
### 3 Ergebnisse Polyamid 6

Für die Versuche mit Polyamid 6 wurde Durethan® B 31 SK in der schwarzen Einfärbung 9005/0 verwendet. Geprüft wurden spritzfrische und konditionierte Proben. Die Feuchtigkeit der spritzfrischen Proben lag bei ca. 0,2 %. Die Konditionierung erfolgte bis zur Gewichtskonstanz bei 23 °C / 50 % rel. Luftfeuchtigkeit.

Die Grafiken zeigen die Ergebnisse im spritzfrischen Zustand. Ergebnistabellen der spritzfrischen und konditionierten Proben sind im Anhang zu finden.

#### 3.1 Schmelze-Volumenfließrate

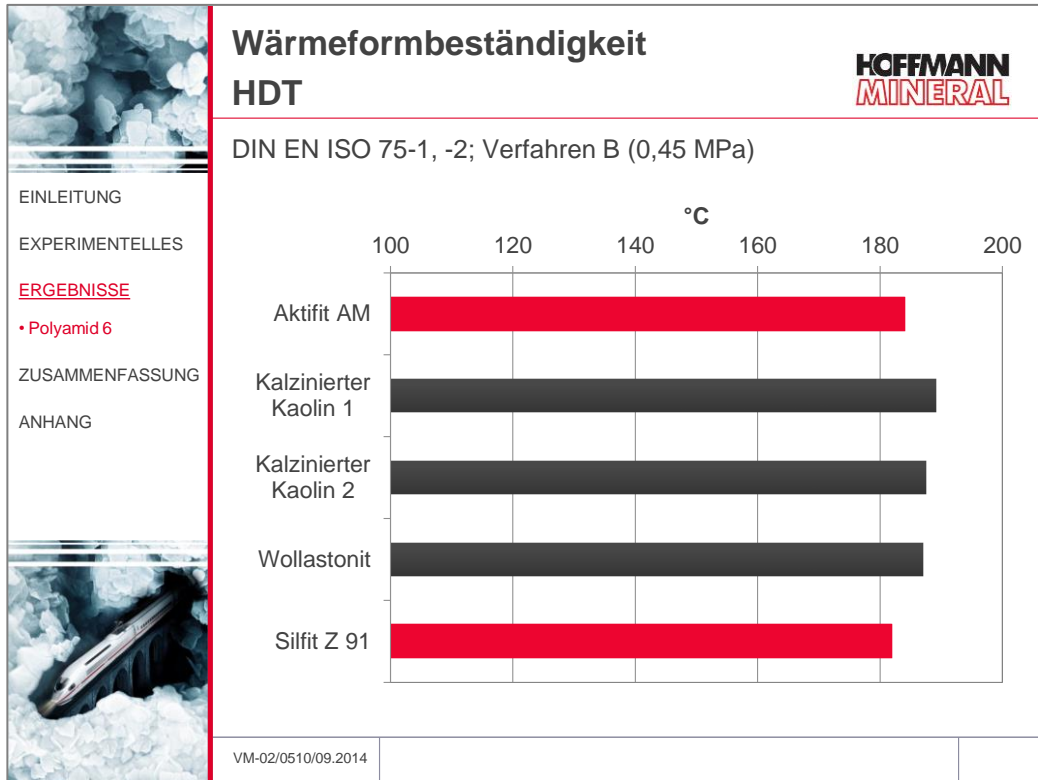
Granulatproben für diese Prüfung wurden aus dem homogenisierten und vorgetrockneten Granulat für das Spritzgießen der Probekörper entnommen.



Die Kalzinierten Neuburger Kieselcerden Aktifit AM und Silfit Z 91 ergaben eine erheblich bessere Fließfähigkeit als die Wettbewerbsmaterialien.

### 3.2 Wärmeformbeständigkeit

Zur Bestimmung der HDT (Heat Distortion Temperature) wird der Probekörper im 3-Punkt-Biegeprinzip einer konstanten Last ausgesetzt und mit einer Heizrate von 120 K/h erwärmt. Die benötigte Last wird in Abhängigkeit von der Probekörperdicke so berechnet, dass – beim Verfahren B – eine Randfaserspannung von 0,45 MPa anliegt. Als HDT gilt die Temperatur beim Erreichen der festgelegten Standarddurchbiegung entsprechend 0,2 % Randfaserdehnung.

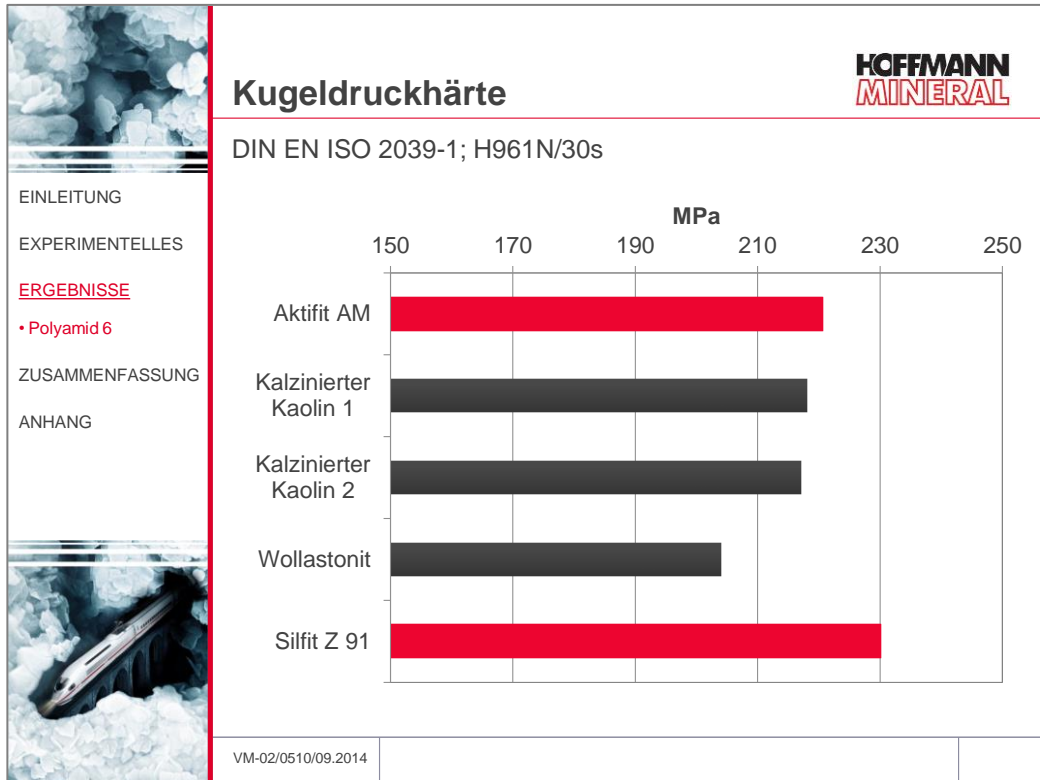


Mit den Wettbewerbsfüllstoffen war die Wärmeformbeständigkeit geringfügig höher als mit Aktifit AM, was hauptsächlich auf den leicht unterschiedlichen E-Modul zurückzuführen sein sollte.



### 3.3 Kugeldruckhärte

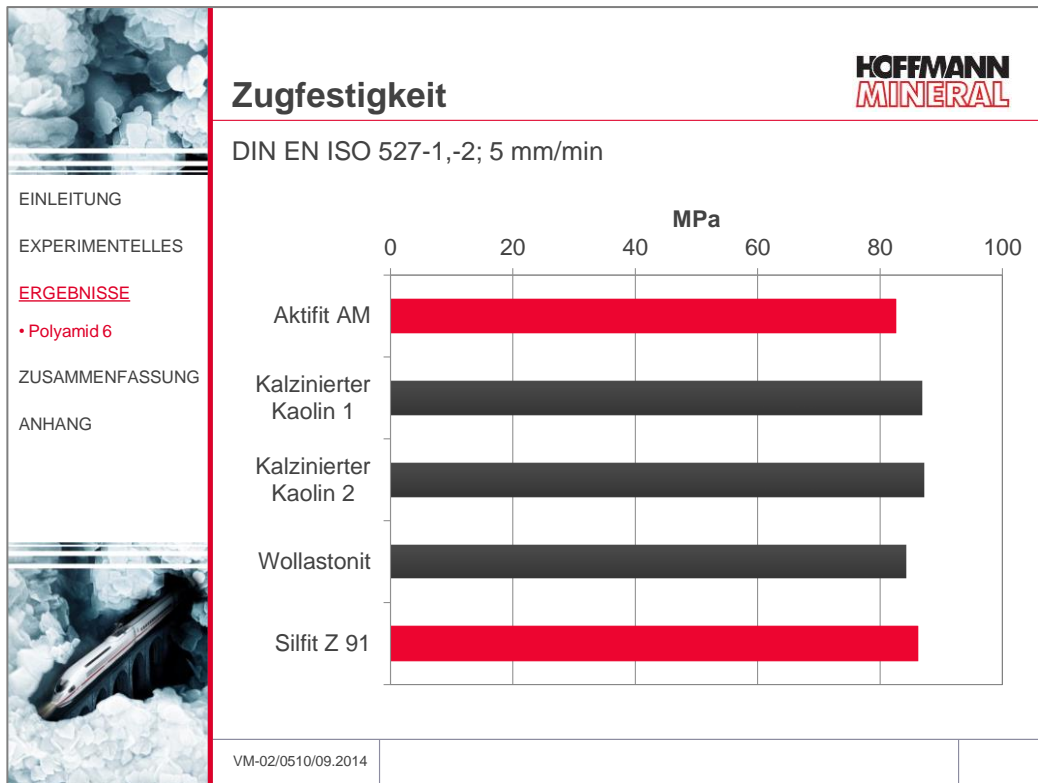
Bei diesem Verfahren wird gemessen, wie tief eine definierte Stahlkugel mit 5 mm Durchmesser unter Gewichtsbelastung innerhalb der vorgegebenen Belastungsdauer in den Prüfkörper eindringt. Aus dieser Gewichtsbelastung und der resultierenden Eindringtiefe bzw. der Fläche des Eindrucks lässt sich die Kugeldruckhärte berechnen. Die Polyamid-Proben wurden mit 961 N Gewichtsbelastung und 30 s Belastungsdauer geprüft.



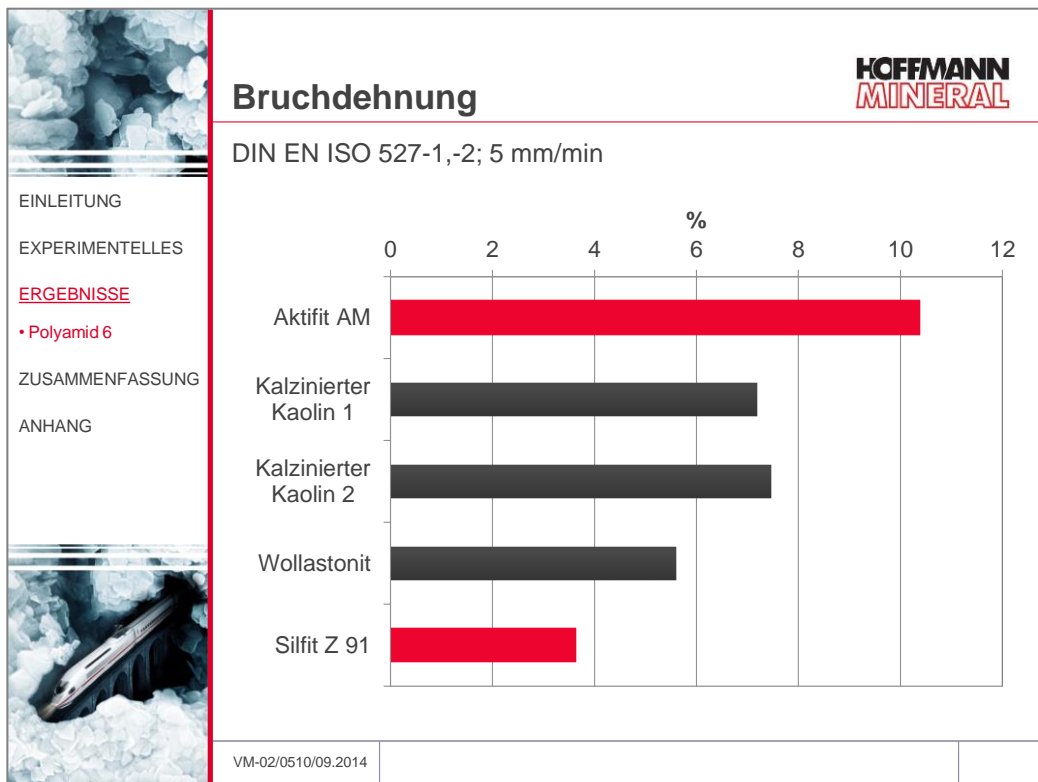
Kalzinierte Neuburger Kieselserde bewirkte eine höhere Härte als die Wettbewerber, besonders deutlich gegenüber Wollastonit.

### 3.4 Zugfestigkeit und Bruchdehnung

Die Prüfung erfolgte am Probekörper Typ 1A mit einer Prüfgeschwindigkeit von 5 mm/min bis zum Bruch der Proben.



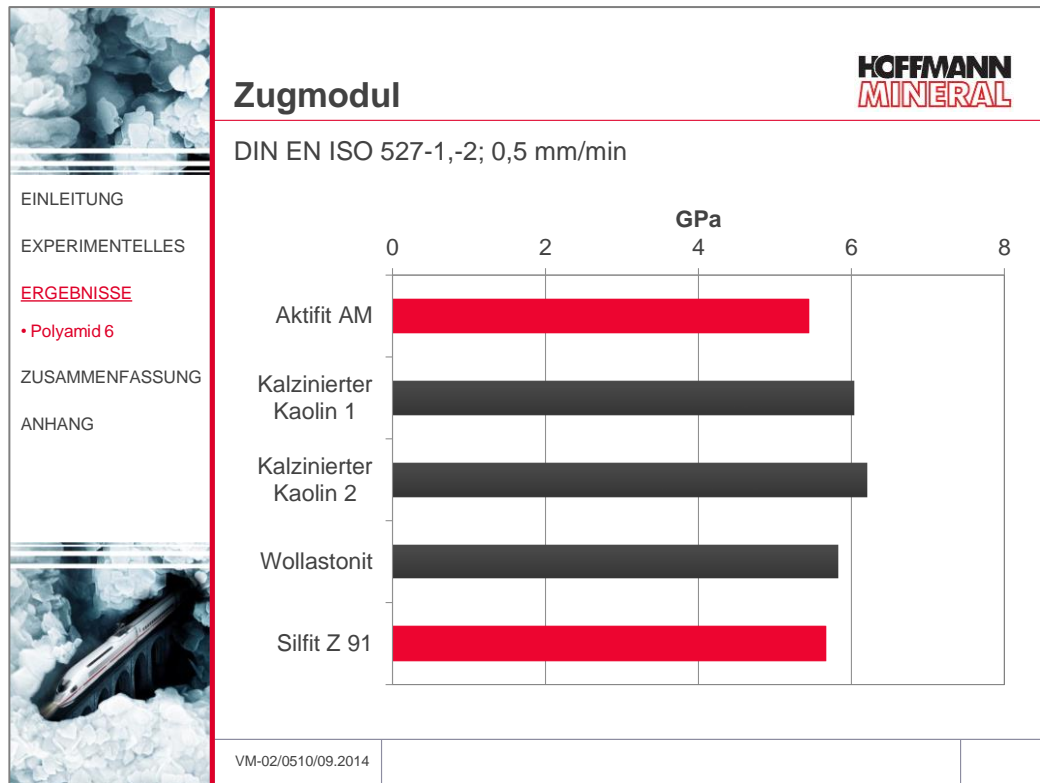
Es traten keine auffälligen Unterschiede in der Festigkeit auf. Die beiden Kaoline tendierten zu geringfügig höheren Ergebnissen.



Im Vergleich zu den Wettbewerbern brachen die Proben mit Aktifit AM erst bei deutlich höherer Dehnbeanspruchung. Dies entspricht einer Verbesserung von mindestens 40 % gegenüber den Kaolinen und ca. 85 % gegenüber Wollastonit. Nutzbar wird dieser Effekt bei allen Anwendungen, wo Bauteile beim Einbau einer bestimmten Verformung widerstehen müssen, wie zum Beispiel Schnapphakenverbindungen.

### 3.5 Zugmodul

Stellvertretend für die Steifigkeit eines Materials wurde der Zugmodul im Zugversuch bei einer Prüfgeschwindigkeit von 0,5 mm/min ermittelt.

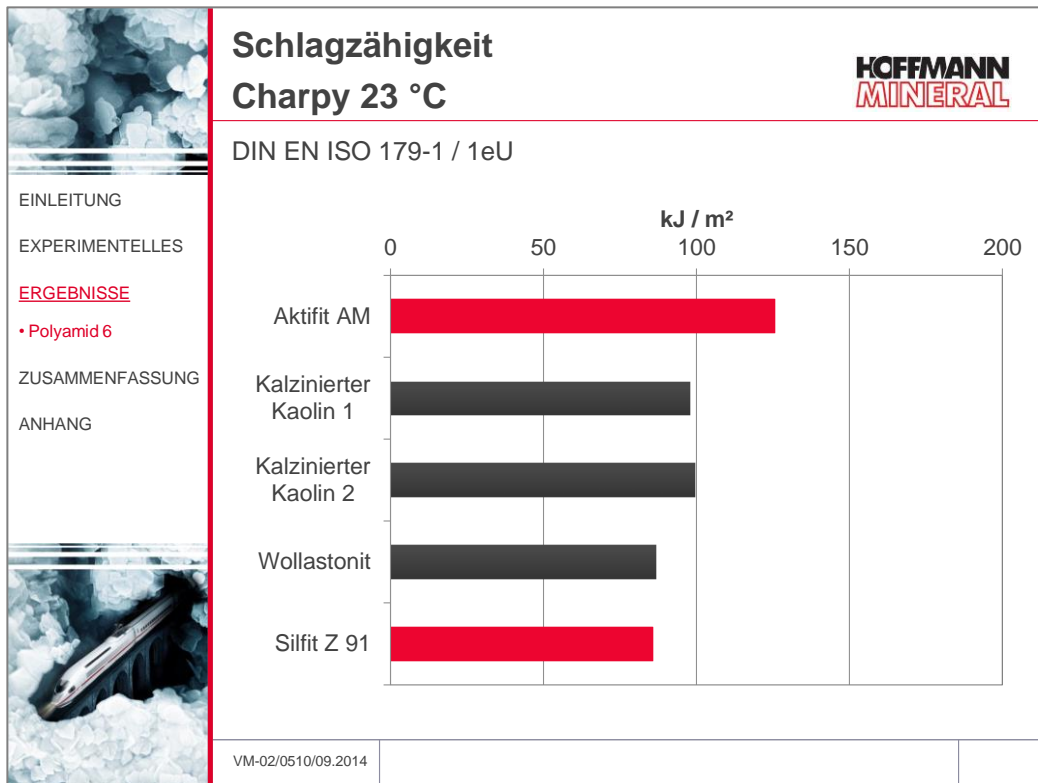


Mit den beiden Kaolinen, vor allem Kaolin 2, lag die Steifigkeit etwas höher. Aktifit AM erreichte annähernd vergleichbare Werte wie Wollastonit.

### 3.6 Schlagzähigkeit ungekerbte Proben

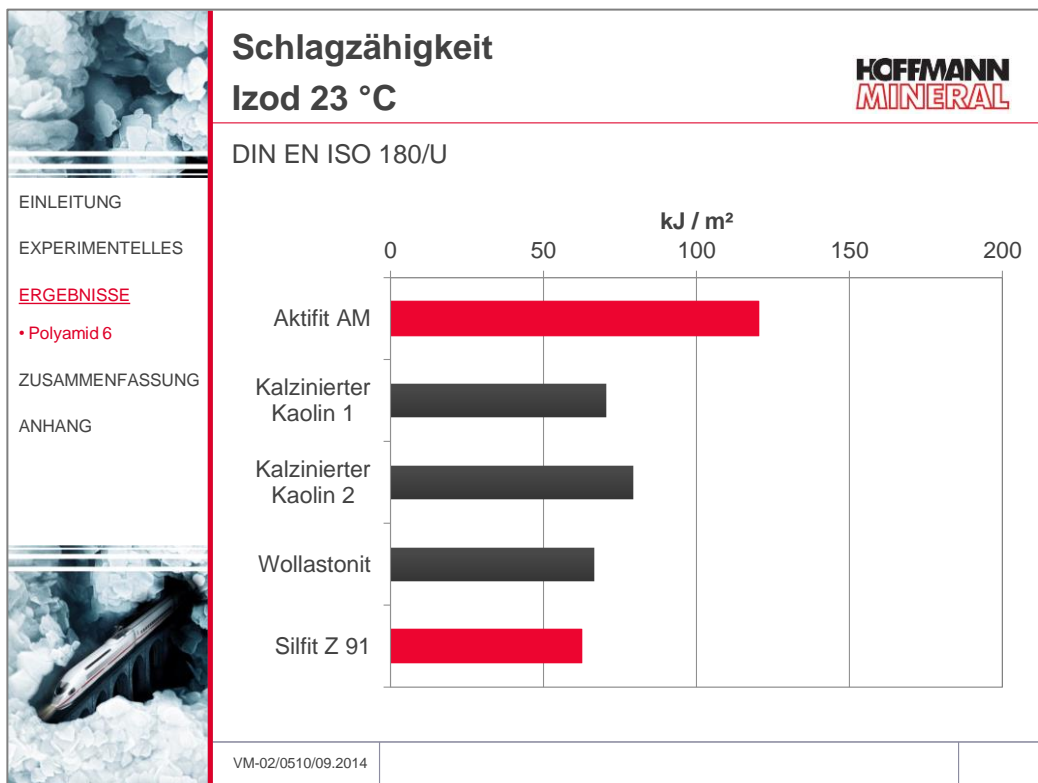
Bei der Methode nach Charpy liegt die Probe mit beiden Enden gegen zwei Widerlager und wird mittig mit einem Pendelhammer schlagartig beansprucht. Geprüft wurden ungekerbte Normprobekörper mit den Maßen 80 x 10 x 4 mm in schmalseitiger Schlagrichtung, d.h. das Pendel trifft auf die 4 mm Seite des Probekörpers auf.

Um den Bruch aller Proben zu gewährleisten, wurde für die ungekerbten Charpy-Proben durchgehend ein Schlagpendel mit 15 J Arbeitsvermögen benutzt. Bei Verwendung des oft üblichen 4 J Pendels können aufgrund des Arbeitsvermögens nur Schlagzähigkeiten bis maximal 100 kJ/m<sup>2</sup> differenziert werden. Für höhere Schlagzähigkeiten – also auch für Aktifit AM – würde als Ergebnis „ohne Bruch“ resultieren und somit wäre keine Aussage zur Quantifizierung der Verbesserung möglich.



Aktifit AM konnte sich in puncto Schlagzähigkeit vom Wettbewerb mit einer Verbesserung von bis zu 40 % absetzen.

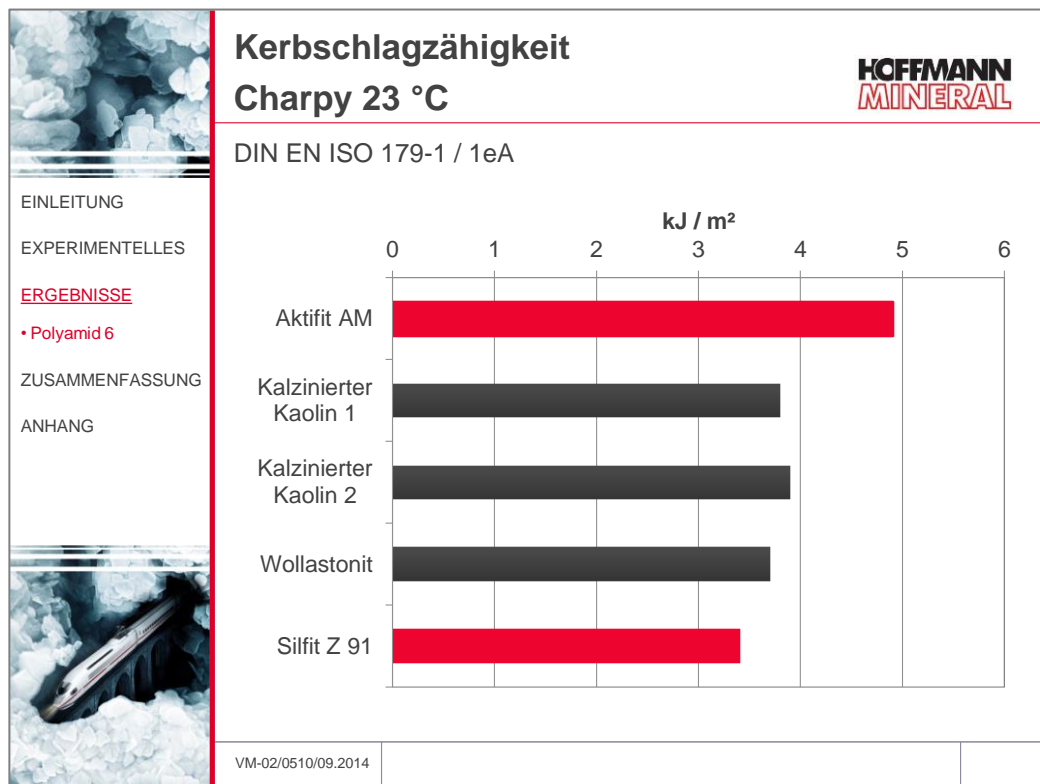
Bei der Prüfanordnung nach Izod wird der Probekörper einseitig eingespannt. Der Schlag erfolgt auf das freie Ende des Probekörpers, ebenfalls auf die 4 mm Seite des Prüflings. Die Prüfung erfolgte mit einem 11 J Pendel an ungekerbten Normprobekörpern.



Bei dieser Prüfanordnung wurden insgesamt etwas geringere Schlagzähigkeiten gefunden. Im Prinzip ergab sich die gleiche Reihung der Füllstoffe, Aktifit AM sogar noch deutlicher abgesetzt von den Wettbewerbern.

### 3.7 Kerbschlagzähigkeit

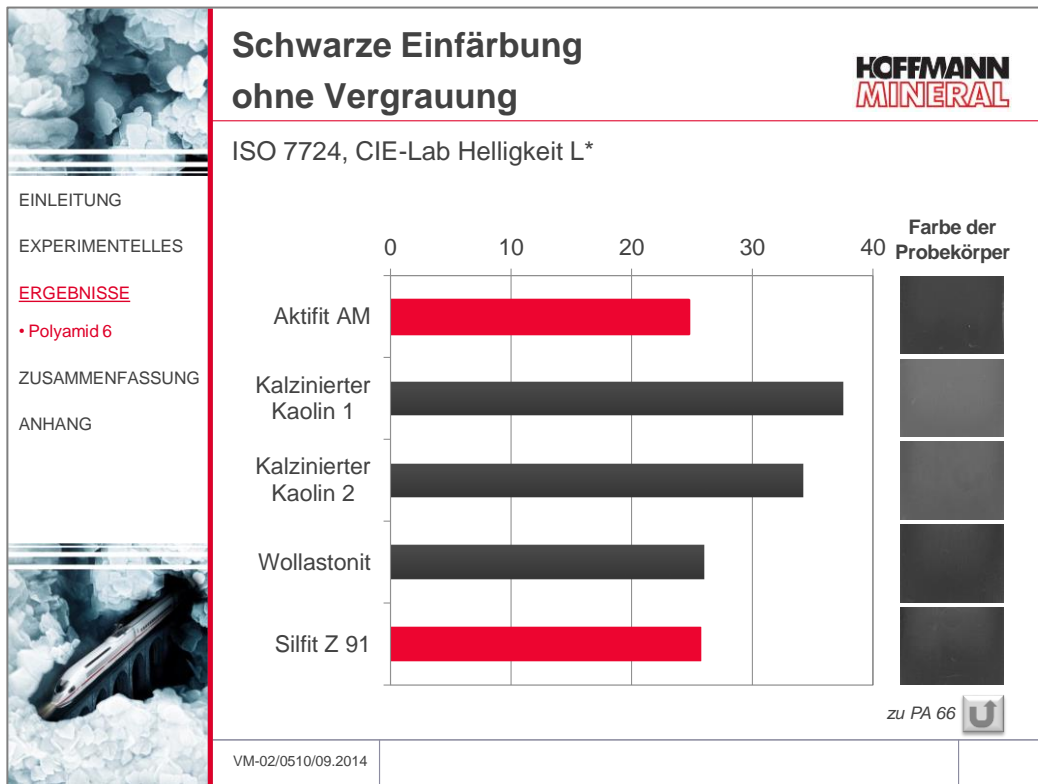
Für diese Prüfung werden die Normprobekörper mittig mit einer Einzelkerbe der bevorzugten Kerbart A (Kerbgrundradius 0,25 mm und Restgrundbreite 8,0 mm) versehen. Die Kerbschlagzähigkeit wurde gemäß der Norm durch schmaleitigen Schlag mit einem 0,5 J Pendel auf die ungekerbte Seite ermittelt.



Auch hier lag Aktifit AM mit einer deutlichen Verbesserung gegenüber den Wettbewerbern klar im Vorteil.

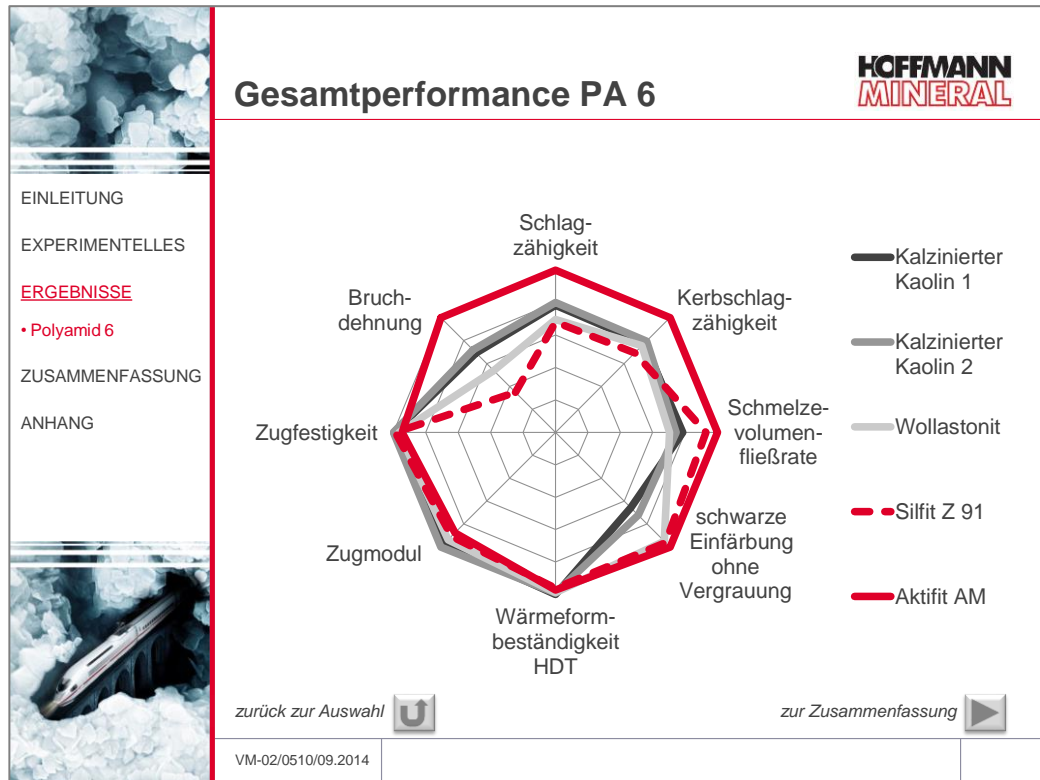
### 3.8 Schwarze Einfärbung ohne Vergrauung

Die CIE-Lab Helligkeit L\* wurde mit folgender Messkonfiguration bestimmt: Lichtart D65, Messgeometrie d/8, Normalbeobachterwinkel 10°. Die Bildausschnitte rechts neben der Grafik zeigen zusätzlich den Schulterbereich der Zug-Probekörper, aufgenommen unter den gleichen Lichtbedingungen.



Die beiden Kaoline führten in den schwarzen Compounds zu einer deutlichen Aufhellung bzw. Graufärbung. Mit Aktifit AM bzw. Silfit Z 91 und Wollastonit war das nicht der Fall. Da eine Vielzahl der Polyamid Anwendungen schwarz ist, stellt die Vermeidung von Vergrauung bzw. ein geringerer Bedarf an Pigmentbatch durch Aktifit AM einen Zusatznutzen dar.

### 3.9 Übersicht: Performance in Polyamid 6



Aktifit AM konnte in Polyamid 6 vor allem hinsichtlich Schlagzähigkeit und Bruchdehnung überzeugen. Gegenüber den geprüften kalzinieren Kaolinen wurde die Fließfähigkeit deutlich verbessert. Schwarze Compounds ließen sich ohne Aufhellung bzw. Vergrauung mit Aktifit AM herstellen. Die Festigkeit blieb auf dem Niveau von Wollastonit. Leichte Einbußen ergaben sich lediglich bei der Steifigkeit (Zugmodul).

## 4 Ergebnisse Polyamid 66

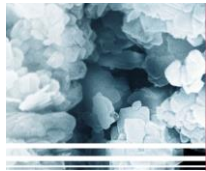
Als Polymere kamen zwei verschiedene Polyamid 66 Typen zum Einsatz: Ultramid® A3K und Schulamid® 66 MV 2, beide in der naturfarbenen Variante.

Bedingt durch den jeweiligen Grundcharakter der beiden Polymere wurden Ergebnisse auf teilweise unterschiedlichem Niveau erhalten. Aber der Einfluss der Füllstoffe und die Reihung innerhalb eines Polymers war für beide Polyamid 66 Typen gleich.

Die Prüfungen wurden anhand gleicher Probekörpertypen und Prüfkonditionen wie bei Polyamid 6 durchgeführt. Die Feuchtigkeit der spritzfrischen Proben lag wieder bei ca. 0,2 %.

Im Folgenden werden nur die spritzfrischen Ergebnisse für Ultramid® A3K in den Grafiken gezeigt. Datentabellen für spritzfrische und konditionierte Proben sowie für Schulamid® 66 MV 2 sind im Anhang zu finden.

## 4.1 Schmelze-Volumenfließrate



### Schmelze-Volumenfließrate

**HOFFMANN  
MINERAL**

DIN ISO 1133, 275 °C, 5 kg

EINLEITUNG

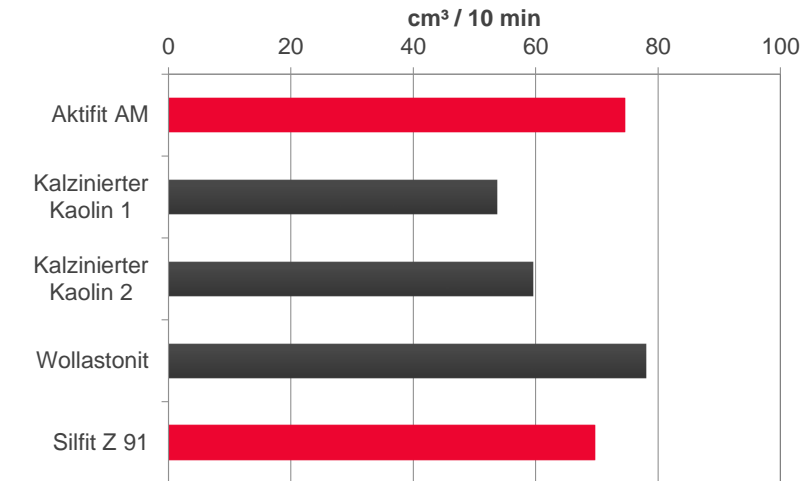
EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

• Polyamid 66

ZUSAMMENFASSUNG

ANHANG



VM-02/0510/09.2014

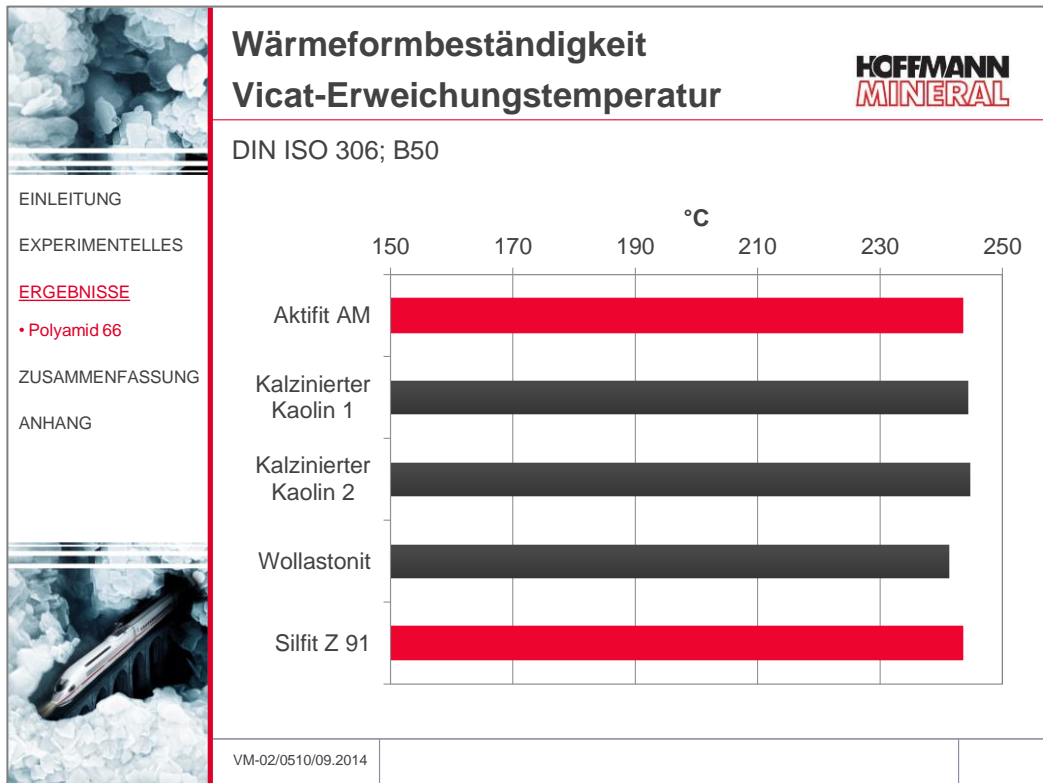
Aktifit AM ergab in Polyamid 66 eine ähnliche Schmelzefließfähigkeit wie Wollastonit und lag damit deutlich über der mitgeprüften Kaoline.



## 4.2 Wärmeformbeständigkeit

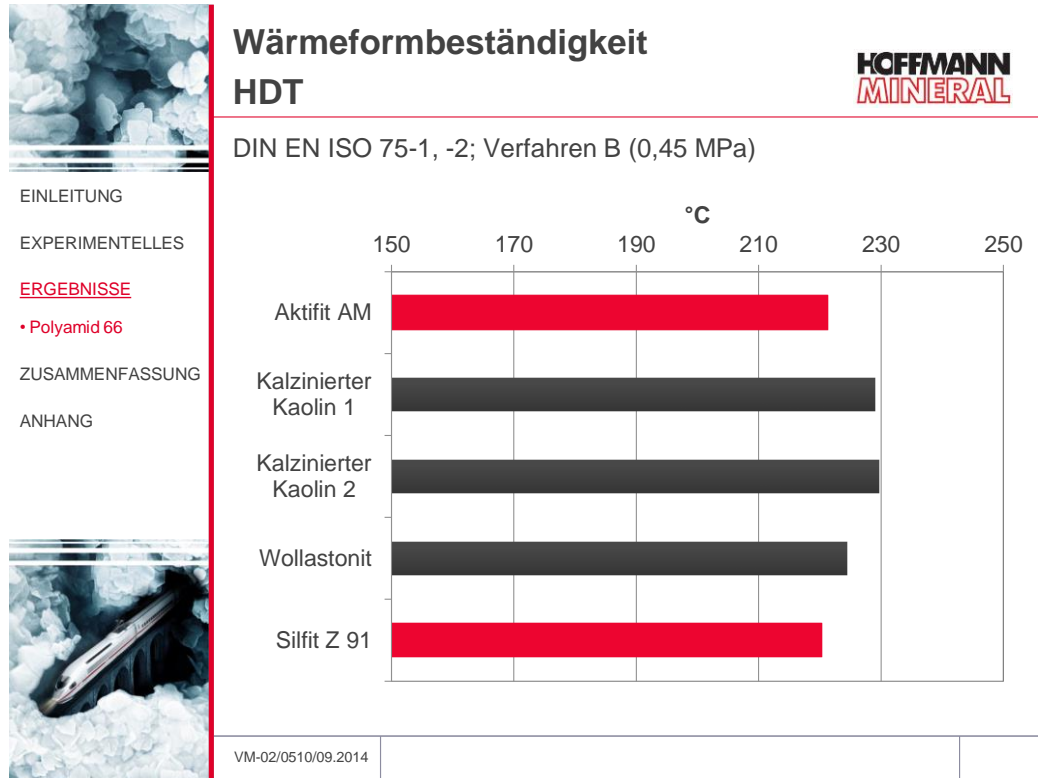
Die Wärmeformbeständigkeit wurde für Polyamid 66 als Vicat-Erweichungstemperatur sowie als HDT (Heat Distortion Temperature) bestimmt.

Beim Vicat-Verfahren wird die Temperatur ermittelt, bei der ein definierter Stahlstift unter vorgegebener Gewichtsbelastung und gleichmäßiger Temperatursteigerung 1 mm in den Probekörper eingedrungen ist. Die Prüfung erfolgte im Ölbad nach dem Verfahren B50, d.h. mit einer Heizrate von 50 K/h und einem Belastungsgewicht von 50 N.



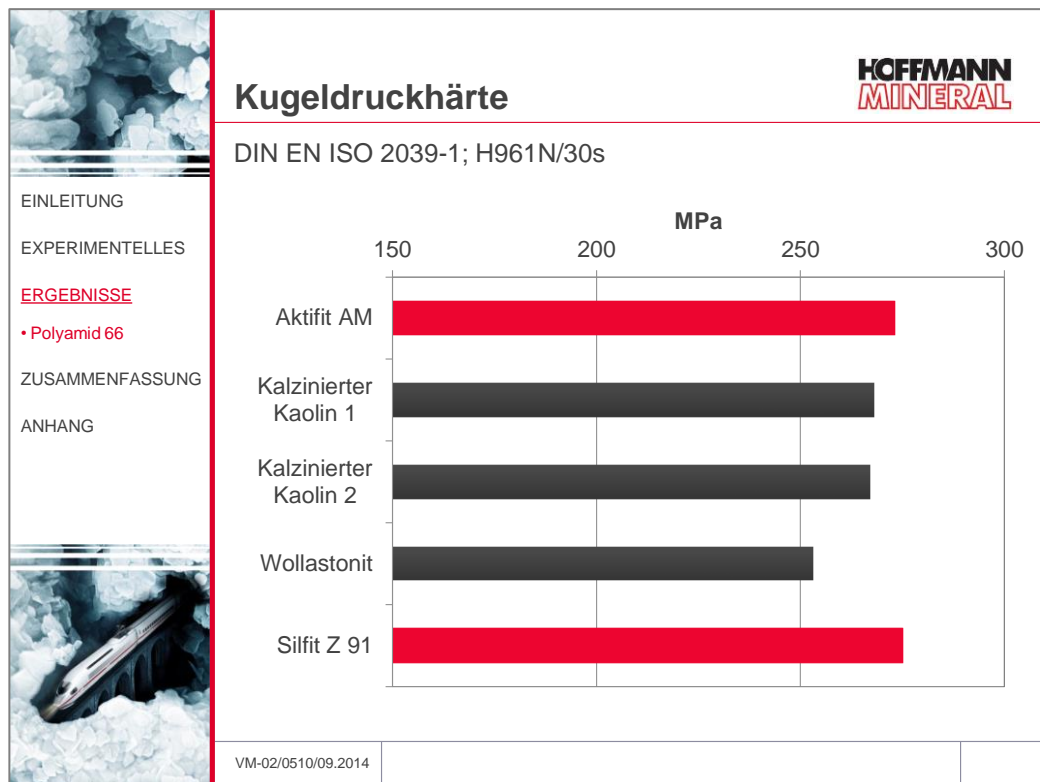
Zwischen den verwendeten Füllstoffen konnte kein gravierender Unterschied festgestellt werden, nur Wollastonit reichte nicht ganz an das Niveau heran.

Die HDT wurde wie beim Polyamid 6 nach dem Verfahren B (0,45 MPa) gemessen.



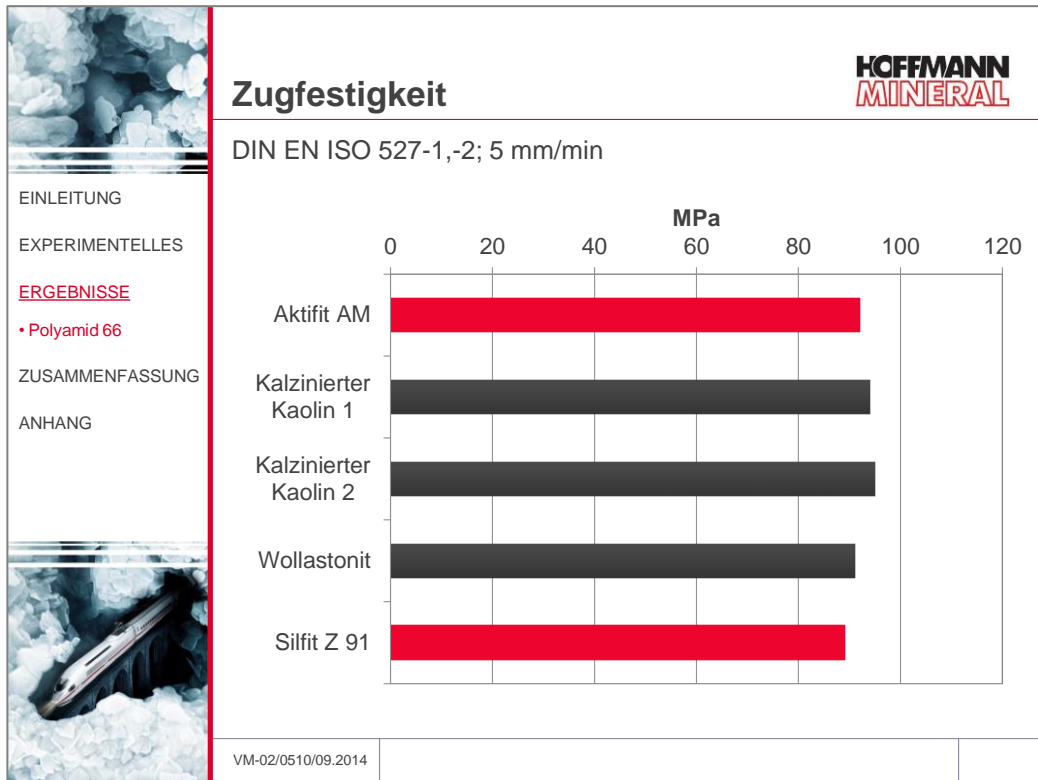
Beide Kaoline bewirkten hier eine etwas höhere HDT als Wollastonit und Aktifit AM, was hauptsächlich auf den leicht unterschiedlichen E-Modul zurückzuführen sein sollte.

### 4.3 Kugeldruckhärte

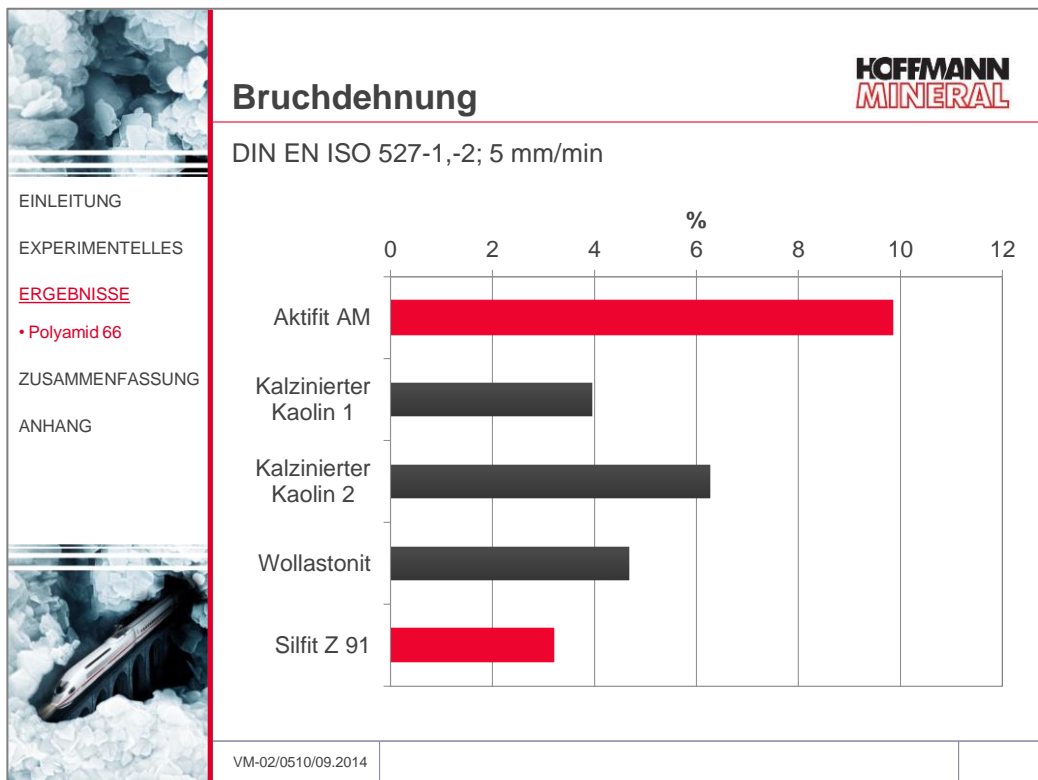


Die Kugeldruckhärte lag mit den kalzinierten Neuburger Kieselerden auf höherem Niveau als mit den Wettbewerbern, besonders deutlich gegenüber Wollastonit.

## 4.4 Zugfestigkeit und Bruchdehnung

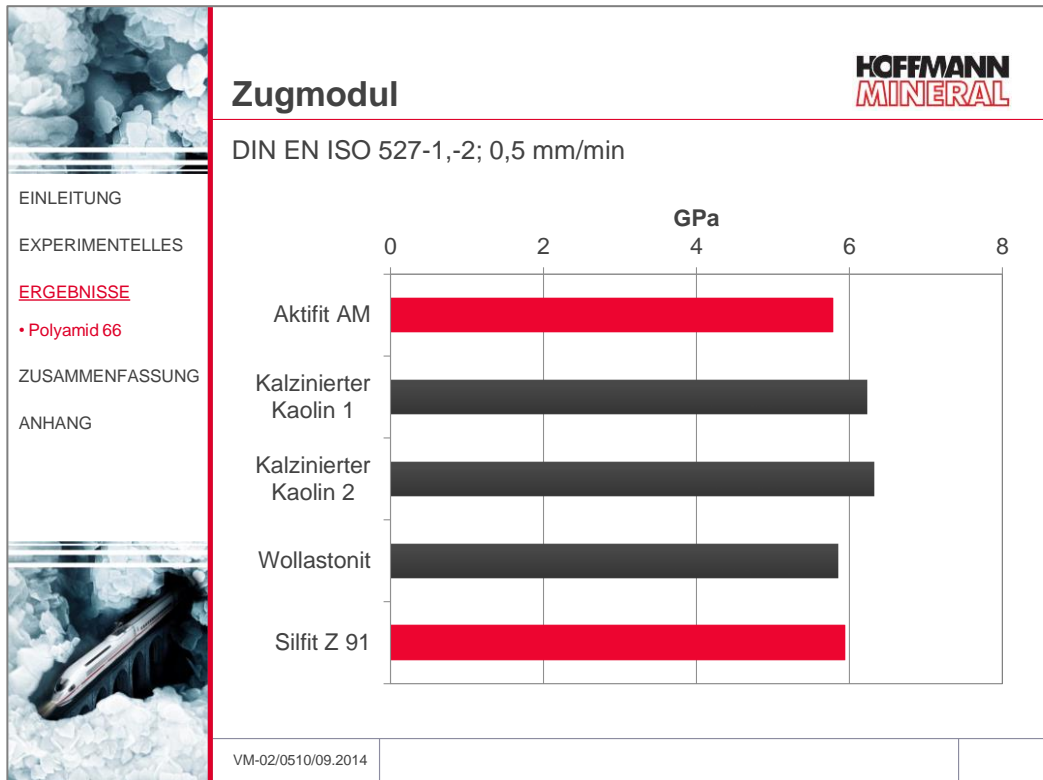


Im Zugversuch traten keine auffälligen Unterschiede in der Festigkeit auf. Die beiden Kaoline tendierten wieder zu geringfügig höheren Ergebnissen.



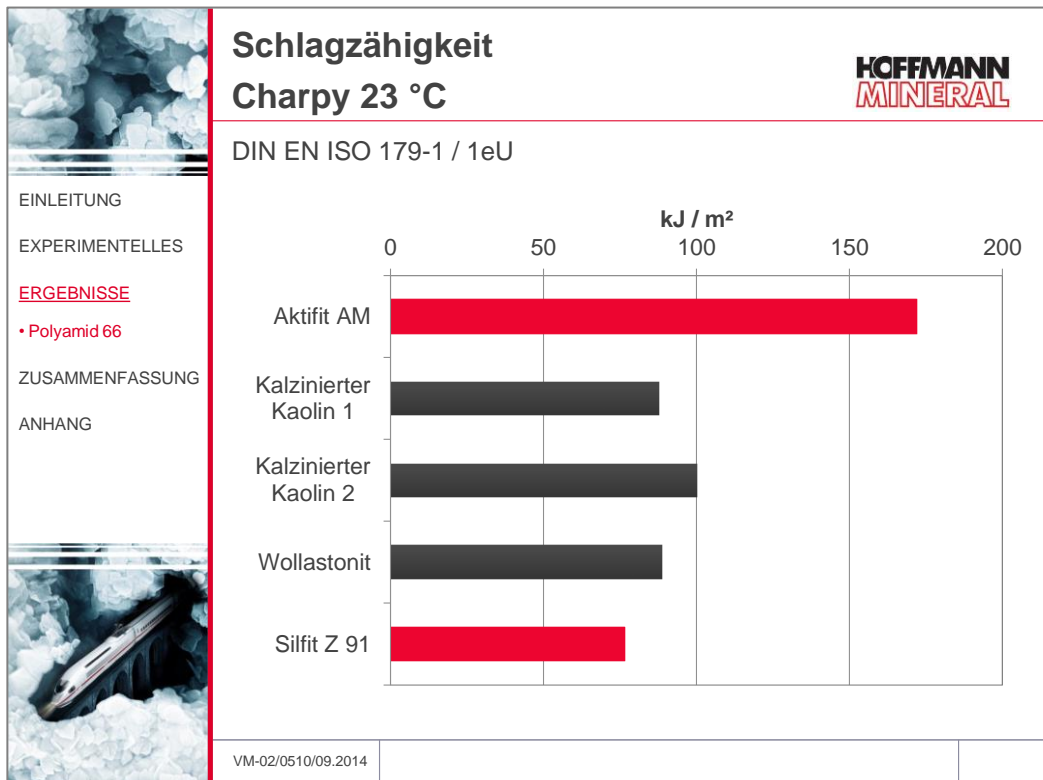
Der Bruch der Proben mit Aktifit AM erfolgte im Vergleich zu den Wettbewerbern erst bei doppelter Dehnbeanspruchung. Dies entspricht einer Verbesserung von mindestens 50 % gegenüber den Kaolinen und mehr als 100 % gegenüber Wollastonit. Nutzbar wird dieser Effekt bei allen Anwendungen, wo Bauteile beim Einbau einer bestimmten Verformung widerstehen müssen, wie zum Beispiel Schnapphakenverbindungen.

## 4.5 Zugmodul

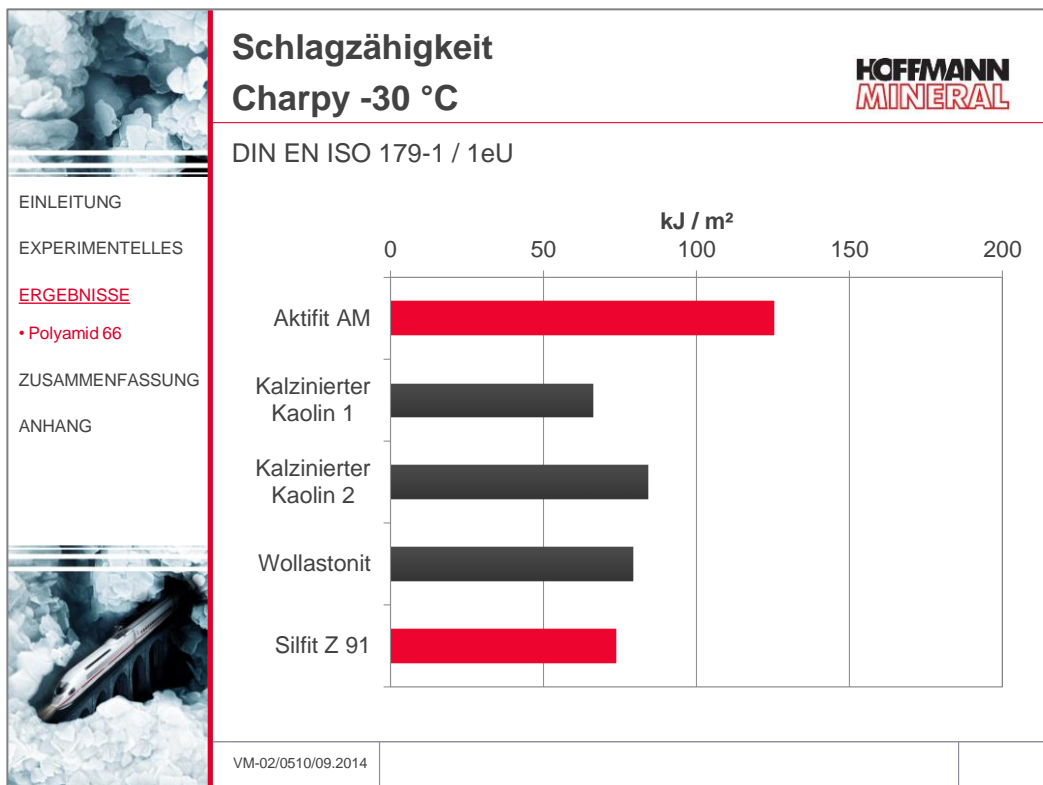


Die Kaoline ergaben eine etwas höhere Steifigkeit. Aktifit AM lag auf vergleichbarem Niveau wie Wollastonit.

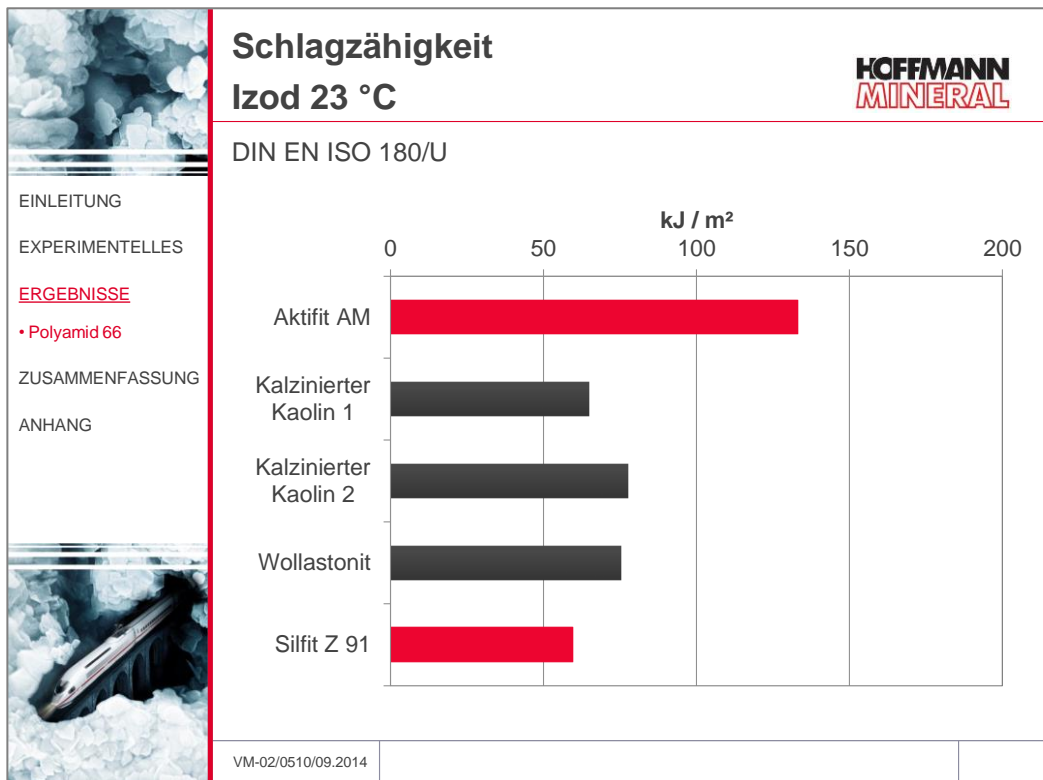
## 4.6 Schlagzähigkeit ungekerbte Proben



Aktifit AM zeigte hier mit einer Steigerung von bis zu 90% eine hervorragend hohe Charpy-Schlagzähigkeit und damit markante Vorteile gegenüber den Wettbewerbern.

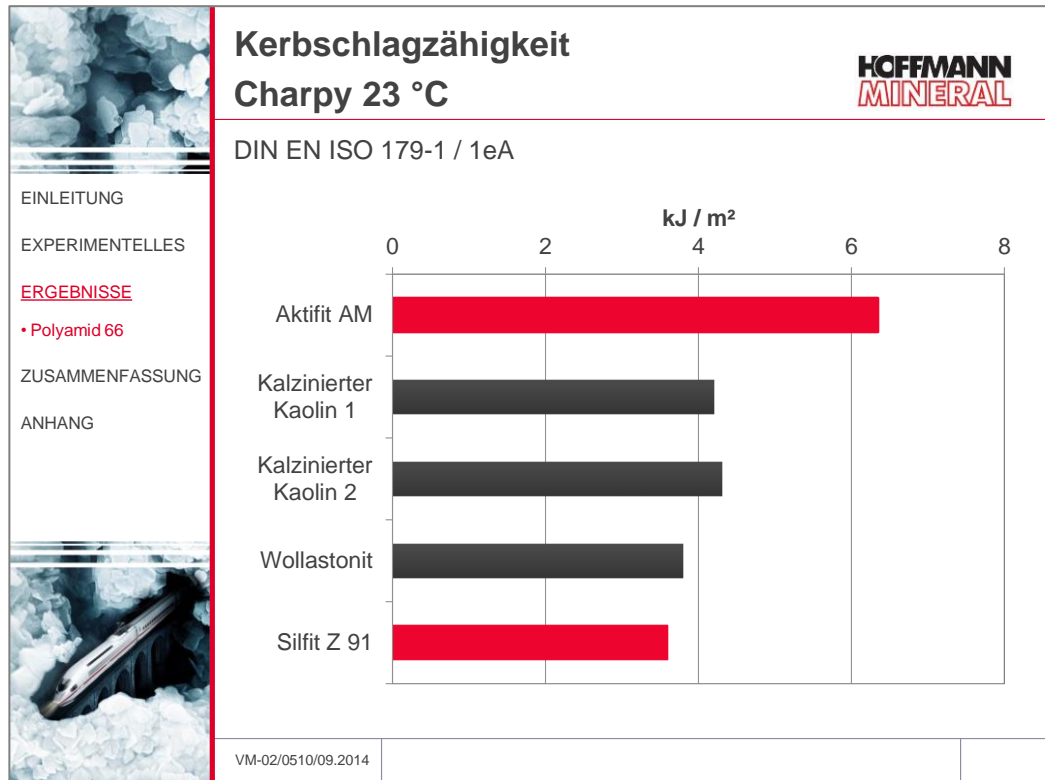


Bei Tieftemperatur ging das Ergebnisniveau zurück – die Reihung der Füllstoffe und der signifikante Vorsprung von Aktifit AM blieben jedoch erhalten. Selbst bei -30 °C war das Schlagzähigkeitsniveau mit Aktifit AM höher als mit den Wettbewerbsfüllstoffen bei Raumtemperatur.



Auch bei Polyamid 66 resultierte die geänderte Prüfanordnung nach Izod in insgesamt etwas niedrigeren Schlagzähigkeiten. Die Reihung der Füllstoffe blieb jedoch wieder gleich.

## 4.7 Kerbschlagzähigkeit

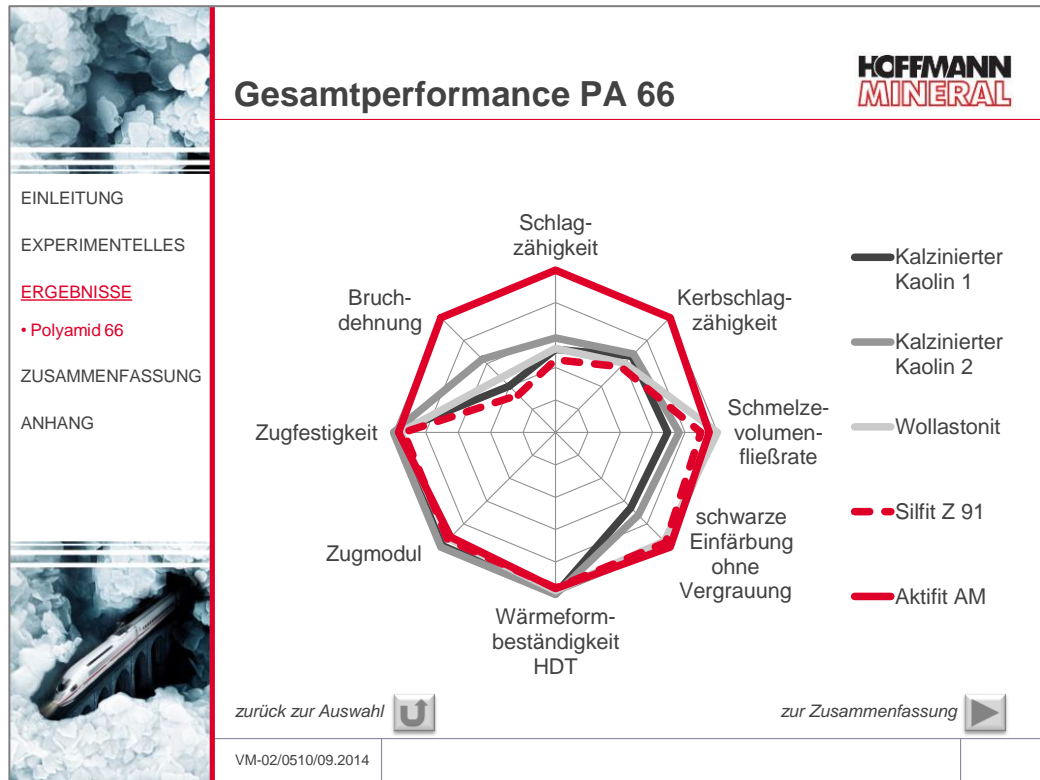


Auch mit gekerbten Probekörpern zeigte Aktifit AM einen deutlichen Vorsprung gegenüber den Wettbewerbern.

## 4.8 Schwarze Einfärbung ohne Vergrauung

Wie die Ergebnisse in Polyamid 6 zeigen (siehe 3.8), führten die geprüften Kaoline in schwarzen Compounds zu einer markanten Aufhellung bzw. Graufärbung der Compounds. Mit Aktifit AM und Wollastonit waren die entsprechenden Compounds deutlich dunkler mit höherer Farbtiefe. Dies konnte auch schon in früheren Versuchen mit schwarz eingefärbten Polyamid 66 Compounds beobachtet werden.

## 4.9 Übersicht: Performance in Polyamid 66



In den beiden geprüften Polyamid 66 Typen (Ultramid® A3K und Schulamid® 66 MV 2) ergaben sich durch Aktifit AM bemerkenswerte Vorteile hinsichtlich Schlagzähigkeit und Bruchdehnung. Im Vergleich zu den beiden kalzinierten Kaolinen wurden bessere Fließeigenschaften festgestellt, zudem war in schwarzen Compounds eine tiefere Schwarzfärbung ohne Vergrauung mit Aktifit AM möglich.

Die übrigen Eigenschaften waren ähnlich wie bei den Wettbewerbern, lediglich bei der Steifigkeit (Zugmodul) zeigte sich eine leichte Einbuße.

## 5 Zusammenfassung

Aktifit AM bietet in Polyamiden im Vergleich zu anderen, für verzugsarme Teile geeigneten mineralischen Füllstoffen:

- sehr geringe Siebrückstände
- gute Dosierbarkeit
- gutes Benetzungs- und Dispergierverhalten
- gute Schmelzefließfähigkeit
- geringer Verzug / isotroper Verarbeitungsschwund
- hohe Oberflächengüte
- ähnliche Wärmeformbeständigkeit
- ähnliche Zugfestigkeit
- keine Vergrauung bei schwarzer Einfärbung
- deutlich gesteigerte Bruchdehnung
- hervorragend hohe Schlagzähigkeit, auch bei tiefen Temperaturen
- meist sogar höhere Schlagzähigkeit bei Tieftemperatur als Wettbewerber bei 23°C

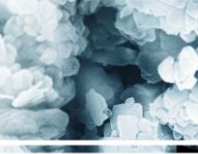
Aktifit AM zeigt somit deutliche Vorteile im Hinblick auf Verarbeitungsverhalten und mechanische Eigenschaften.

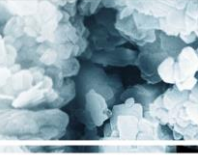
Einsatzgebiete sind immer dort, wo geringer Verzug in Kombination mit hoher Oberflächengüte ebenso bedeutungsvoll sind wie gute Schmelzefließfähigkeit, hohe Bruchdehnung und hohe Schlagzähigkeit bereits im spritzfrischen / trockenen Status.

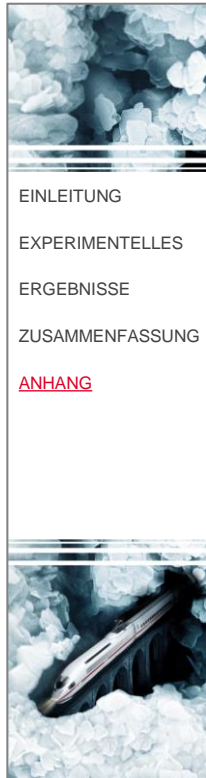
*Unsere anwendungstechnische Beratung und die Informationen in diesem Bericht beruhen auf Erfahrung und erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, gelten jedoch nur als unverbindlicher Hinweis ohne jede Garantie. Außerhalb unseres Einflusses liegende Arbeits- und Einsatzbedingungen schließen einen Anspruch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



## 6 Anhang: Ergebnistabellen

 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG <u>ANHANG</u>		<b>Ergebnistabelle (1)</b> <b>Durethan B 31 SK spritzfrisch</b>					<b>HOFFMANN</b> <b>MINERAL</b>	
				Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzierte Neuburger Kieselerde	
				Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktift AM
Schmelze-Volumenfließrate	cm <sup>3</sup> /10 min	77	73	69	91	98		
Wärmeformbest. HDT/B	°C	189	188	187	182	184		
Kugeldruckhärte	MPa	218	217	204	230	221		
Zugmodul	GPa	6,0	6,2	5,8	5,7	5,4		
Zugfestigkeit	MPa	87	87	84	86	83		
Bruchdehnung	%	7,2	7,5	5,6	3,6	10,4		
Schlagzähigkeit Izod	kJ/m <sup>2</sup>	70 C	79 C	66 C	62 C	120 C		
Schlagzähigkeit Charpy	23 °C	98 C	100 C	87 C	85 C	125 C		
	-30 °C	66 C	72 C	74 C	70 C	74 C		
Kerbschlag-zähigkeit Charpy	23 °C	3,8 C	3,9 C	3,7 C	3,4 C	4,9 C		
	-30 °C	3,3 C	3,2 C	3,1 C	2,6 C	3,6 C		
VM-02/0510/09.2014								

 EINLEITUNG EXPERIMENTELLES ERGEBNISSE ZUSAMMENFASSUNG <u>ANHANG</u>		<b>Ergebnistabelle (2)</b> <b>Durethan B 31 SK konditioniert</b>					<b>HOFFMANN</b> <b>MINERAL</b>	
				Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzierte Neuburger Kieselerde	
				Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktift AM
Zugmodul	GPa	2,0	2,1	1,8	1,9	1,8		
Zugfestigkeit	MPa	52	48	44	31	52		
Bruchdehnung	%	18	10 <sup>1)</sup>	25	19	30		
Schlagzähigkeit Charpy	23 °C	314 C	17 C <sup>1)</sup>	236 C	105 C	N		
Kerbschlag-zähigkeit Charpy	23 °C	6,0 C	3,2 C <sup>1)</sup>	4,1 C	3,2 C	6,7 C		
<sup>1)</sup> Die Ergebnisse mit Kaolin 2 lagen nach der Konditionierung auf unerklärlich niedrigem Niveau.								
VM-02/0510/09.2014								



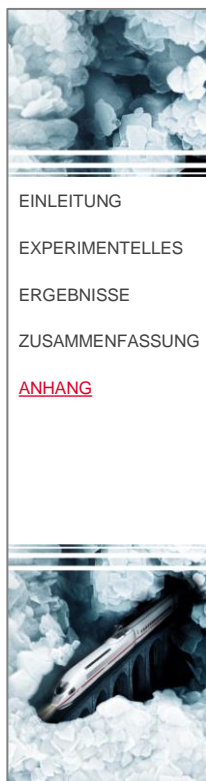
EINLEITUNG  
 EXPERIMENTELLES  
 ERGEBNISSE  
 ZUSAMMENFASSUNG  
 ANHANG

### Ergebnistabelle (3) Ultramid A3K spritzfrisch

**HOFFMANN  
 MINERAL**

		Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzinierte Neuburger Kieselerde	
		Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktifit AM
Schmelze-Volumenfließrate	cm <sup>3</sup> /10 min	54	60	78	70	74
Vicat-Erweichungstemperatur	°C	244	245	241	243	243
Wärmeformbest. HDT/B	°C	229	230	224	220	221
Kugeldruckhärte	MPa	268	267	253	275	273
Zugmodul	GPa	6,2	6,3	5,9	5,9	5,8
Zugfestigkeit	MPa	94	95	91	89	92
Bruchdehnung	%	4,0	6,3	4,7	3,2	9,8
Schlagzähigkeit Izod	kJ/m <sup>2</sup>	65 C	78 C	75 C	59 C	133 C
Schlagzähigkeit Charpy	23 °C	88 C	100 C	89 C	77 C	172 C
	-30 °C	66 C	84 C	79 C	74 C	125 C
Kerbschlag-zähigkeit Charpy	23 °C	4,2 C	4,3 C	3,8 C	3,6 C	6,3 C
	-30 °C	3,7 C	3,8 C	3,5 C	3,1 C	3,9 C

VM-02/0510/09.2014



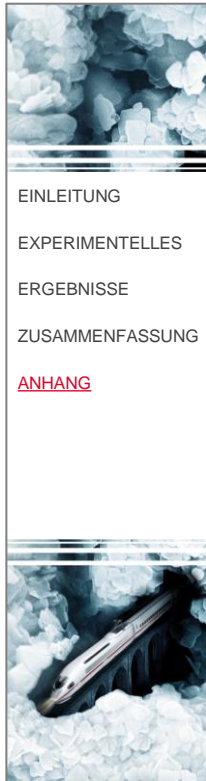
EINLEITUNG  
 EXPERIMENTELLES  
 ERGEBNISSE  
 ZUSAMMENFASSUNG  
 ANHANG

### Ergebnistabelle (4) Ultramid A3K konditioniert

**HOFFMANN  
 MINERAL**

		Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzinierte Neuburger Kieselerde	
		Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktifit AM
Kugeldruckhärte	MPa	125	119	117	119	114
Zugmodul	GPa	3,2	3,2	2,9	2,8	2,7
Zugfestigkeit	MPa	65	66	56	41	64
Bruchdehnung	%	13	18	15	11	25
Schlagzähigkeit Charpy	23 °C	191 C	239 C	161 C	84 C	460 C
Kerbschlag-zähigkeit Charpy	23 °C	5,9 C	5,8 C	4,4 C	3,5 C	7,7 C

VM-02/0510/09.2014



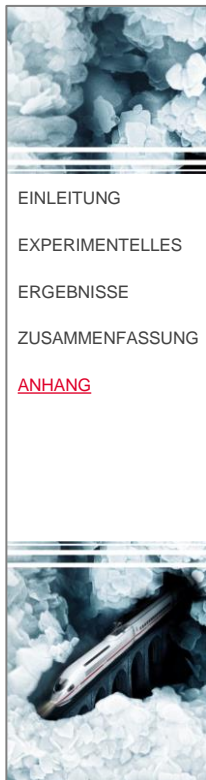
## Ergebnistabelle (5) Schulamid 66 MV 2 spritzfrisch

**HOFFMANN  
MINERAL**

EINLEITUNG  
EXPERIMENTELLES  
ERGEBNISSE  
ZUSAMMENFASSUNG  
[ANHANG](#)

		Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzinierte Neuburger Kieselerde	
		Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktifit AM
Schmelze-Volumenfließrate	cm <sup>3</sup> /10 min	47	45	57	54	59
Wärmeformbest. HDT/B	°C	221	223	215	218	214
Kugeldruckhärte	MPa	232	218	209	237	234
Zugmodul	GPa	6,2	6,2	5,8	5,7	5,6
Zugfestigkeit	MPa	90	92	88	86	86
Bruchdehnung	%	4,7	7,4	4,5	3,1	8,5
Schlagzähigkeit Izod	kJ/m <sup>2</sup>	71 C	79 C	73 C	66 C	134 C
Schlagzähigkeit Charpy	23 °C	97 C	103 C	84 C	88 C	159 C
	-30 °C	69 C	84 C	74 C	81 C	108 C
Kerbschlagzähigkeit Charpy	23 °C	4,1 C	4,1 C	3,9 C	3,7 C	6,0 C
	-30 °C	3,7 C	3,8 C	3,7 C	3,4 C	4,2 C

VM-02/0510/09.2014



## Ergebnistabelle (6) Schulamid 66 MV 2 konditioniert

**HOFFMANN  
MINERAL**

EINLEITUNG  
EXPERIMENTELLES  
ERGEBNISSE  
ZUSAMMENFASSUNG  
[ANHANG](#)

		Kalzinierter Kaolin		Wollastonit	Kalzinierte Neuburger Kieselerde	
		Typ 1	Typ 2	blockige Partikelform	Silfit Z 91	Aktifit AM
Zugmodul	GPa	2,6	2,7	2,3	2,4	2,3
Zugfestigkeit	MPa	60	62	53	38	60
Bruchdehnung	%	18	21	16	17	28
Schlagzähigkeit Charpy	23 °C	242 C	288 C	186 C	108 C	<sup>N</sup> (455 C)
Kerbschlagzähigkeit Charpy	23 °C	6,0 C	6,2 C	5,4 C	3,6 C	9,1 C

[zurück zur Auswahl](#)



VM-02/0510/09.2014