

**GLOXIL light iM16k A**  
**in Polyamid und Polypropylen –**  
**Für den leichten Weg in die Zukunft.**

**Autor: Hubert Oggermüller**

**HOFFMANN**  
**MINERAL®**  
Wir geben Stoff für gute Ideen



# Inhalt

- Einleitung
- Experimentelles
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



# Status Quo

## EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

- In den letzten Jahren hat das Thema Leichtbau ständig an Bedeutung zugenommen, insbesondere im Bereich Verkehr und Transport.
- Hierbei spielen Thermoplaste eine wichtige Rolle, unter anderem Polyamid und Polypropylen. Diese weisen bereits relativ niedrige Dichten und damit Bauteilgewichte auf.
- Zur weiteren Gewichtsoptimierung bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, dabei spielen Hohlglasskugeln eine besonders wichtige Rolle.
- 3M™ Glass Bubbles werden für diese Aufgabe aufgrund ihrer positiven Eigenschaften verwendet.
- Zur Optimierung der mechanischen Eigenschaften bietet sich die Oberflächenfunktionalisierung mittels kovalenter Anbindung von organofunktionellem Silan an.



# Zielsetzung

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

Aufzeigen positiver Effekte der Oberflächenfunktionalisierung in

- Polyamid PA6 und
- Polypropylen Copolymer

des **GLOXIL light iM16k A** im Vergleich zu 3M™ Glass Bubbles iM16k auf das mechanische Eigenschaftsprofil



# Oberflächenfunktionalisierung

Durch einen speziellen Prozess entsteht das **GLOXIL light iM16k A** auf Basis der Mikrohohlglaskugel 3M™ Glass Bubble iM16k

EINLEITUNG

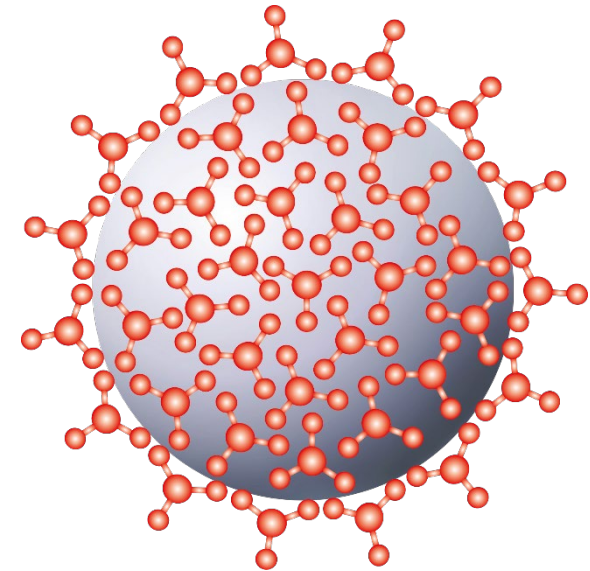
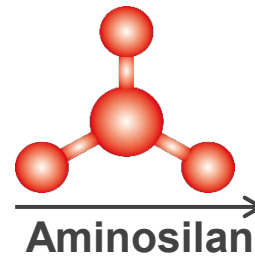
EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG



**3M™ Glass Bubbles  
iM16k**



**GLOXIL light iM16k A**



# Kennwerte GLOXIL light iM16k A

**HOFFMANN**  
**MINERAL®**

Dichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	0,46
Korngröße D <sub>50</sub>	[µm]	22
Korngröße D <sub>97</sub>	[µm]	45
Spezifische Oberfläche BET	[m <sup>2</sup> /g]	2
Luftstrahlsiebung > 125 µm	[%]	0,2
Aufschwimmrate	[%]	96
pH		10
Farbwert L* (CIELAB)		98
Funktionalisierung		Amino

Typische Werte, keine Spezifikation

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG



# Auswahl

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

**Polyamid PA6  
Ultramid® B3K**



Nur Hohlglaskugeln

Kombination



Glasfaser + Hohlglaskugeln

**PP Copolymer  
Bormod™ BF970MO**



Nur Hohlglaskugeln

Kombination



Talkum / Hohlglaskugeln

zur Gesamtzusammenfassung





# PA6 Compoundrezepturen

**HOFFMANN  
MINERAL®**

Ziel: Dichte- / Gewichtsreduzierung und trotzdem gute Mechanik

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

PA6

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

PA-Compound Ultramid® B3K BASF Schmelzevolumenrate MVR 160 cm <sup>3</sup> /10 min (275 °C, 5 kg)		
<b>3M™ Glass Bubbles iM16k</b>	0 bis 14 % (m/m) 0 bis 29 % (V/V)	---
<b>GLOXIL light iM16k A</b>	---	0 bis 14 % (m/m) 0 bis 29 % (V/V)
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

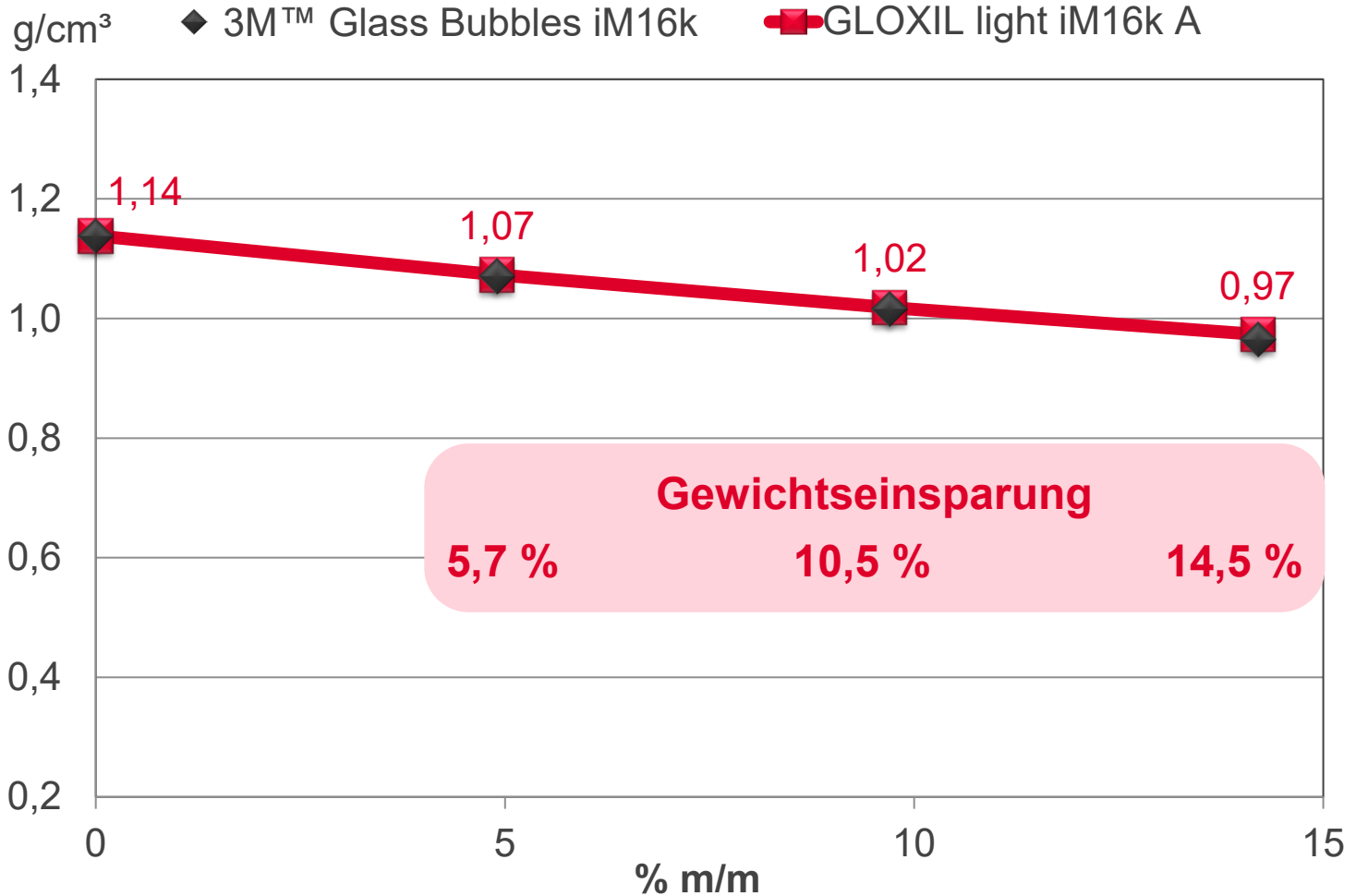
Alle Ergebnisse wurden im spritzfrischen (trockenen) Zustand ermittelt

Daten ermittelt von 3M Advanced Materials Division, Special Additives Laboratory



# Dichte und Gewichtsreduzierung

gemessen



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG



# Zugmodul

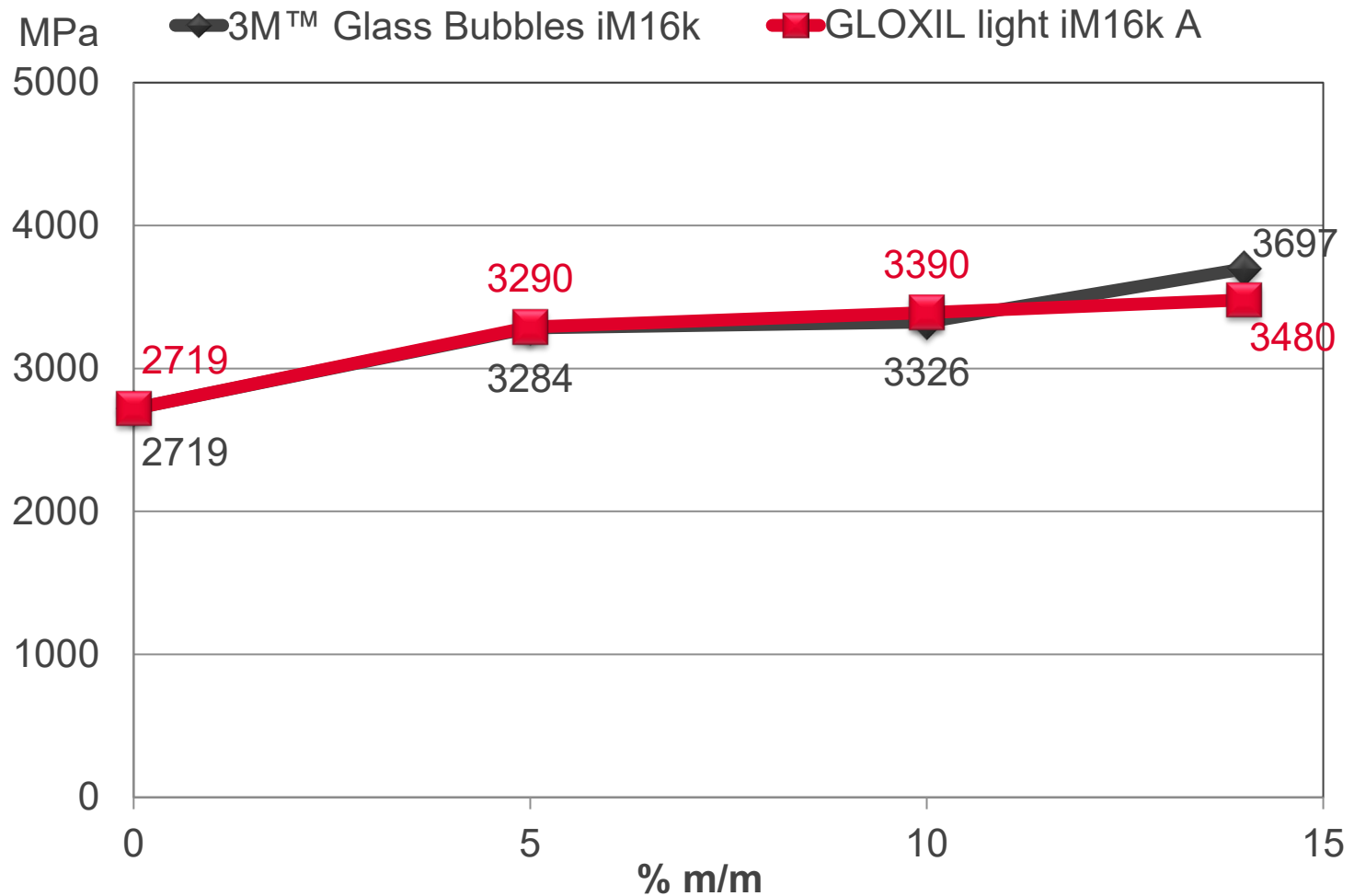
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Biegemodul

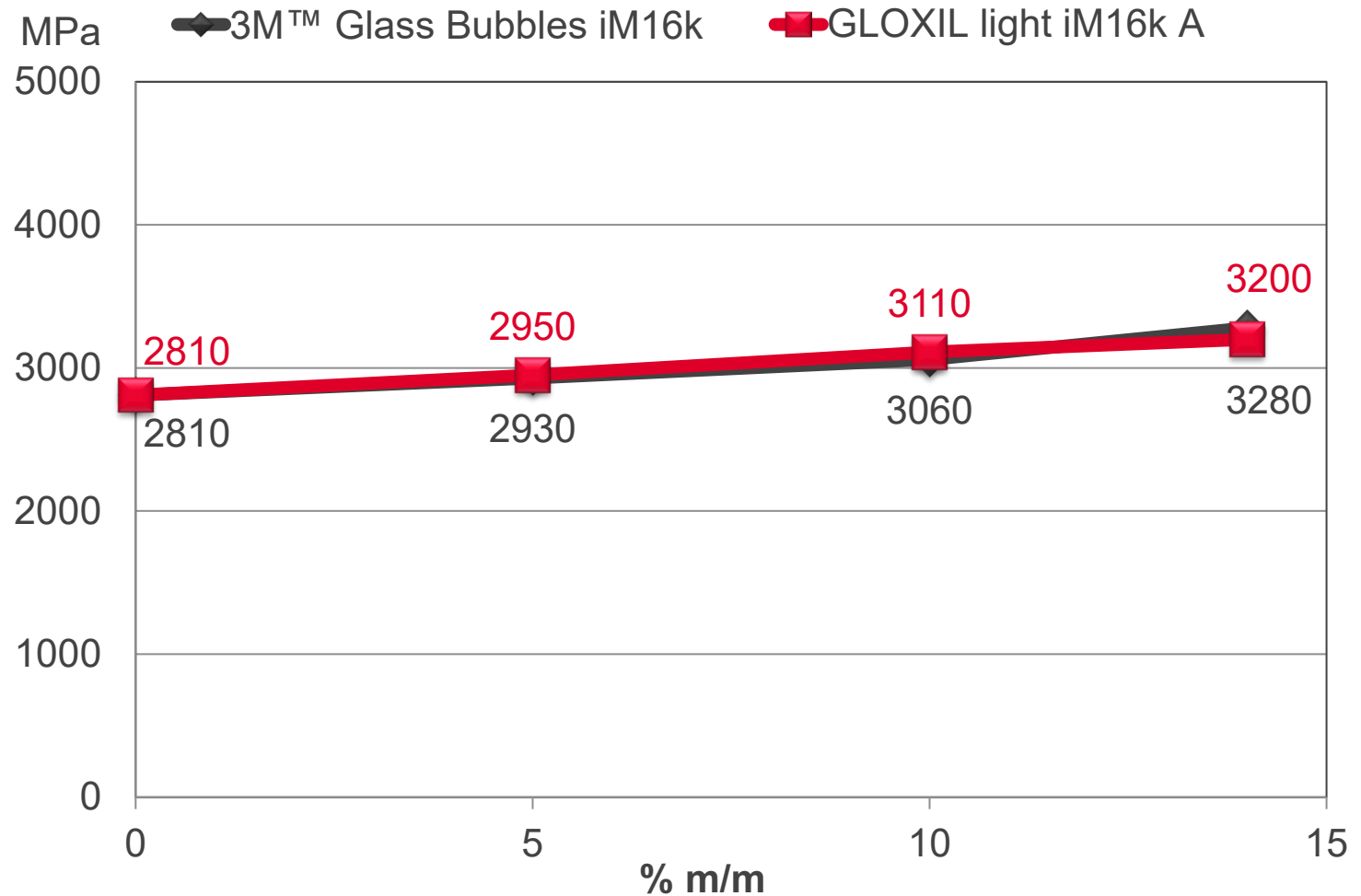
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Streckspannung

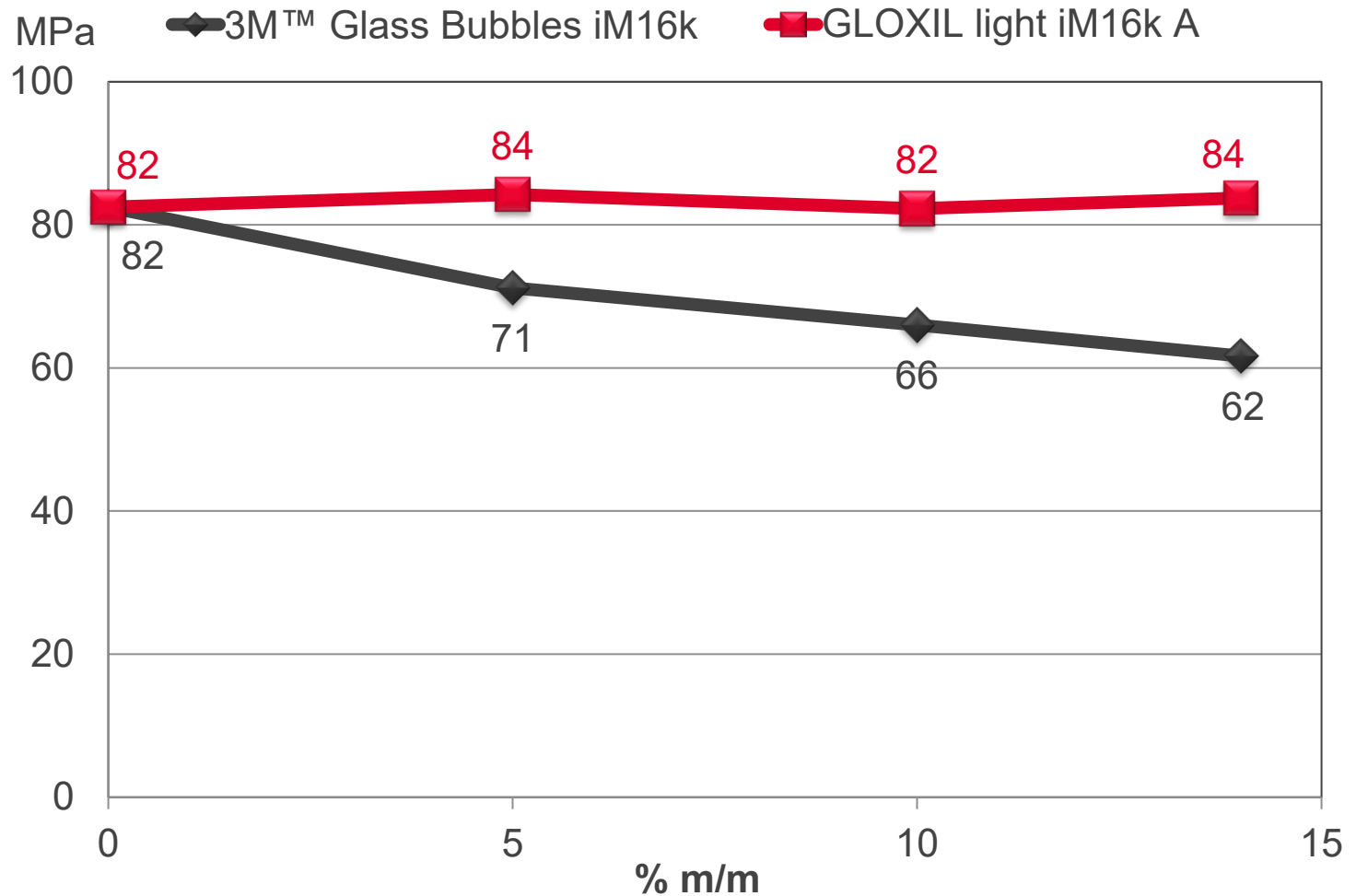
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Streckdehnung

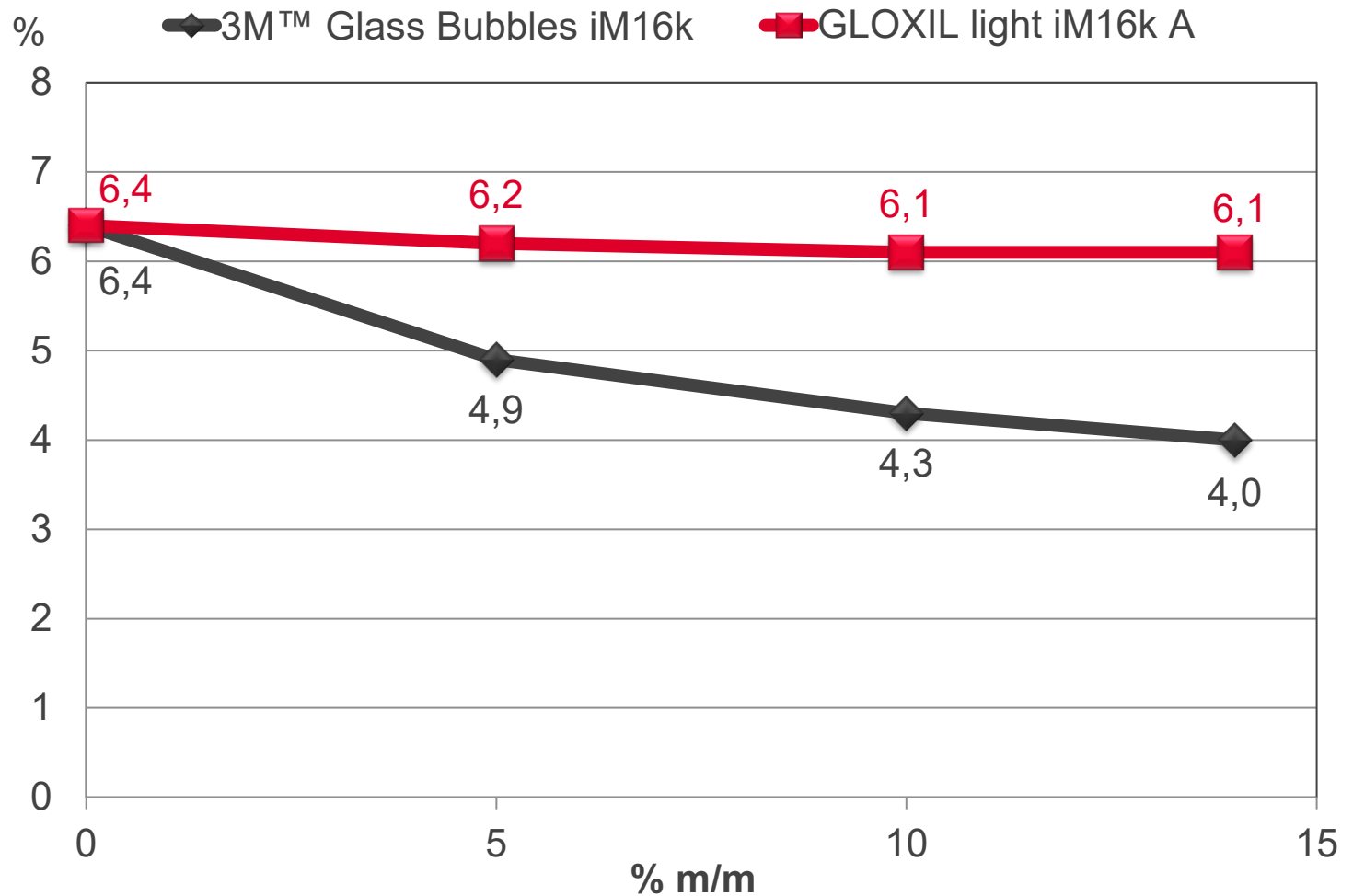
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Biegefestigkeit

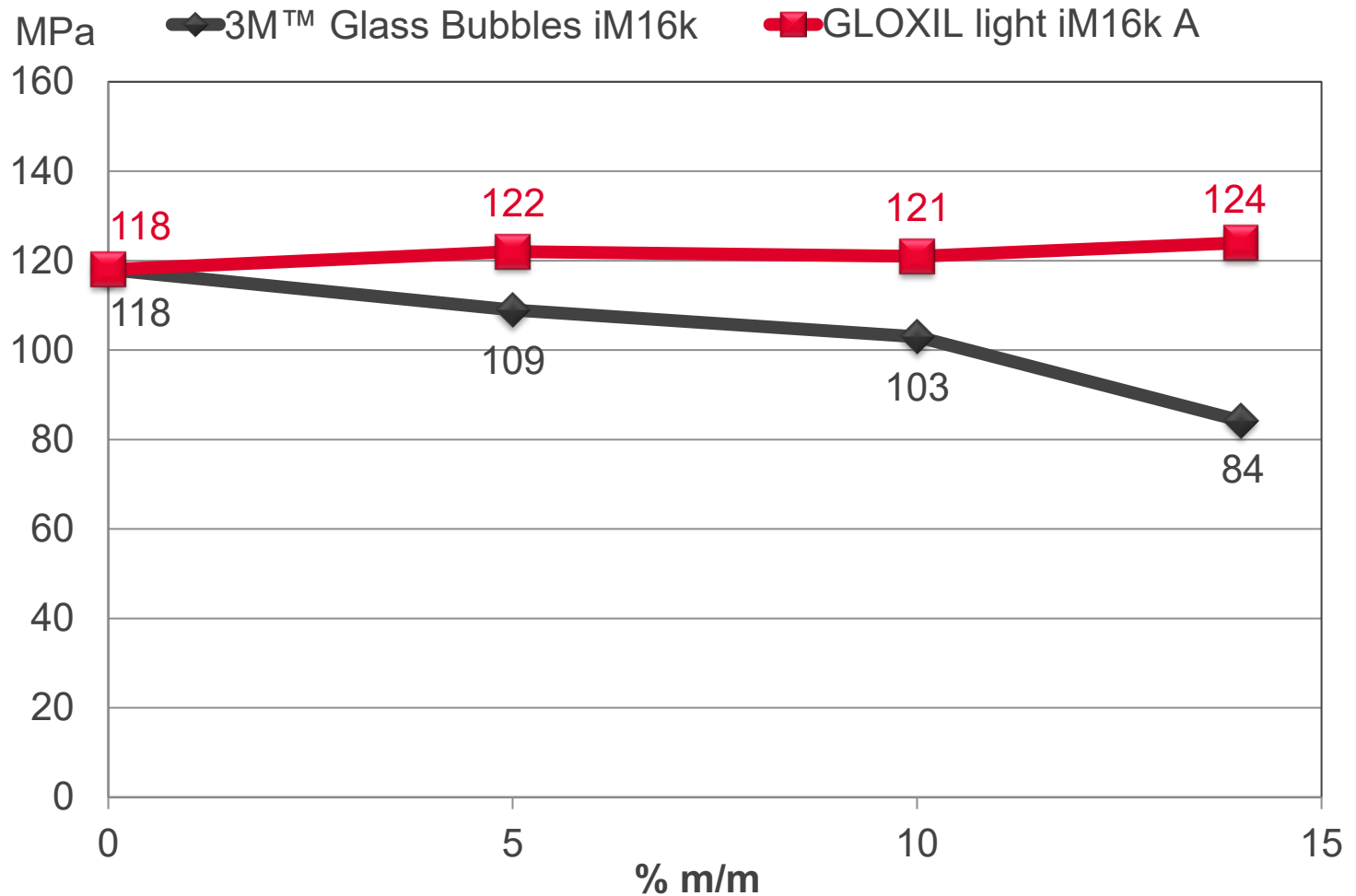
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

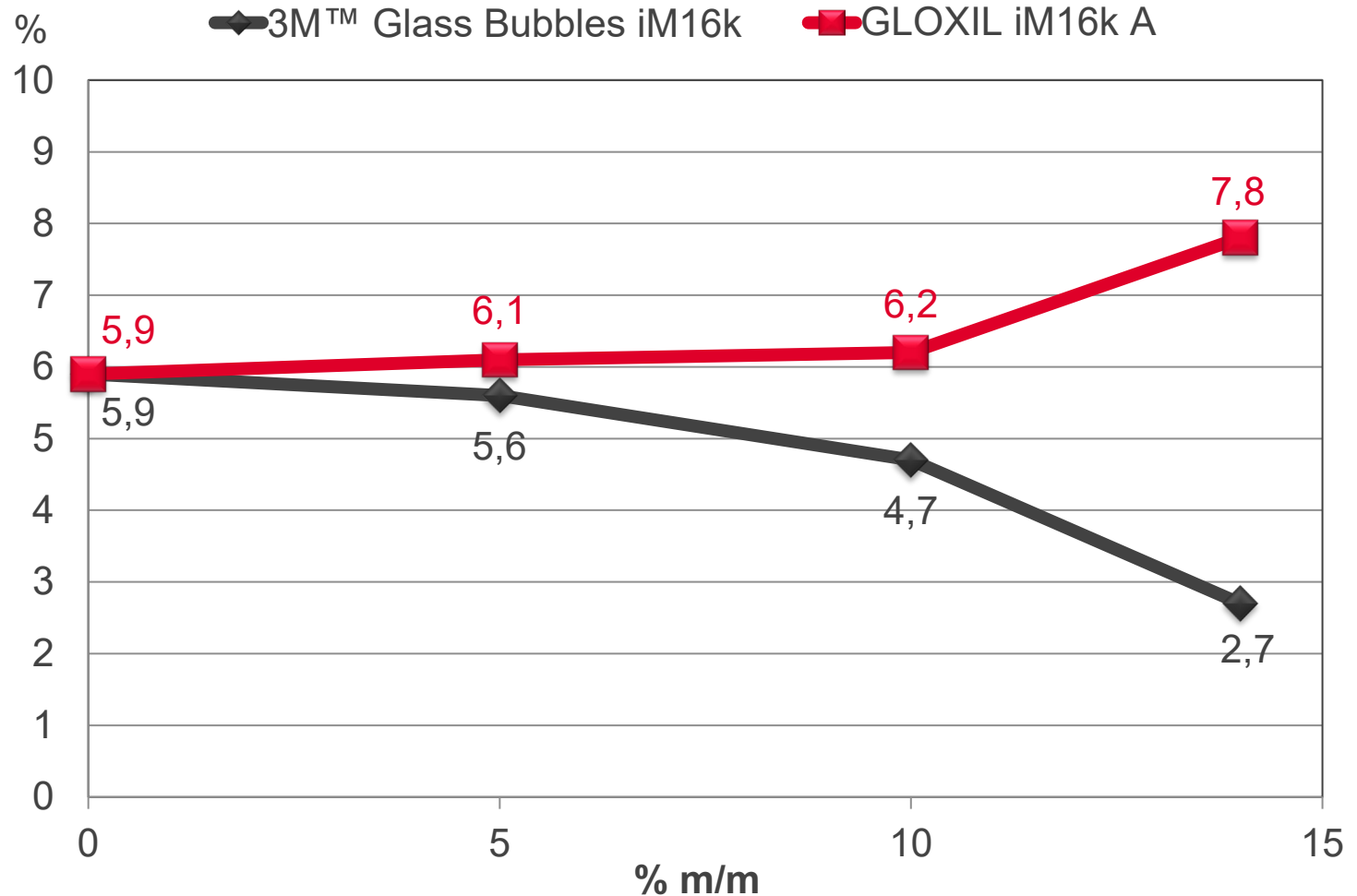
ZUSAMMENFASSUNG





# Biegedehnung

bei Biegefestigkeit



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG



# Schlagzähigkeit Charpy

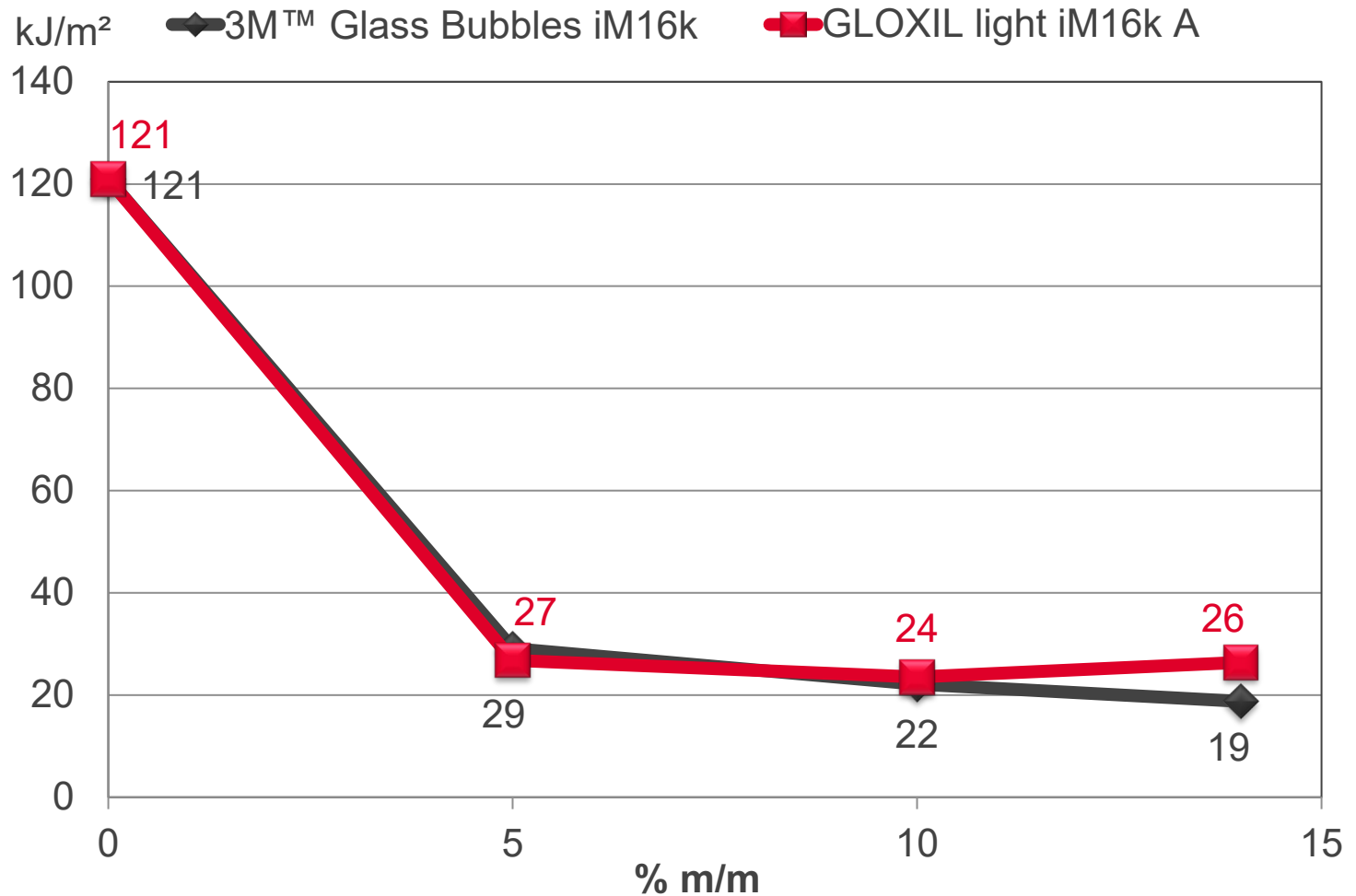
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Kerbschlagzähigkeit Charpy

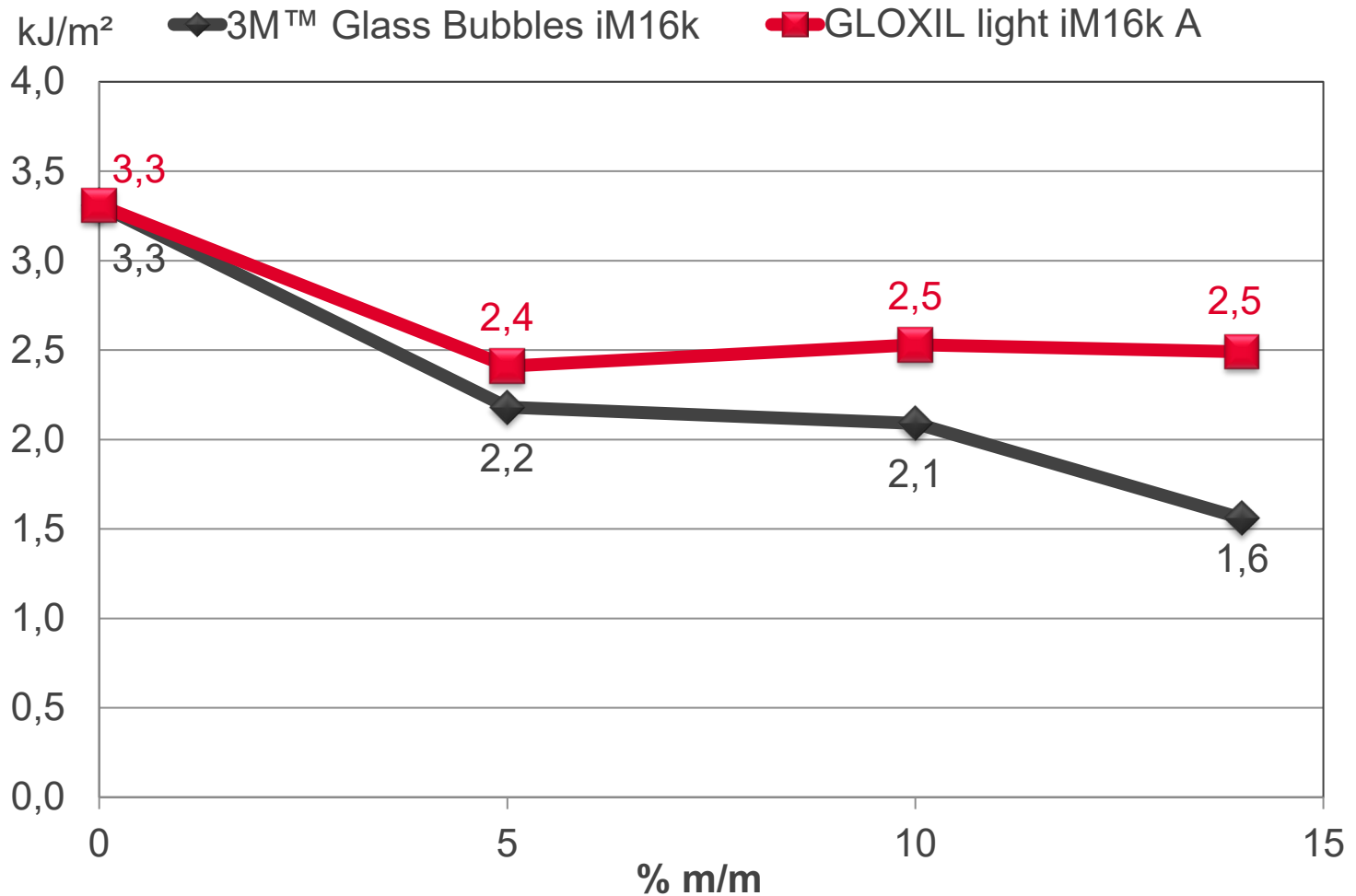
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Zusammenfassung

## PA6

**HOFFMANN**  
**MINERAL®**

**GLOXIL light iM16k A** zeigt im Vergleich zur unbehandelten Hohlglaskugel:

- Gleiche Dichte und damit Gewichtseinsparungspotential
- Vergleichbare Erhöhung der Steifigkeit (Zug- und Biegemodul)
- + Deutlich höhere Streckspannung, weitgehend unabhängig vom Füllgrad auf dem Niveau des ungefüllten PA6
- + Deutlich höhere Streckdehnung, weitgehend unabhängig vom Füllgrad auf dem Niveau des ungefüllten PA6
- + Deutlich höhere Biegefestigkeit, mit steigendem Füllgrad sogar höher als das ungefüllte PA6
- + Leicht höhere Schlagzähigkeit
- + Leicht höhere Kerbschlagzähigkeit
- Ziel erreicht: Dichte- / Gewichtsreduzierung und gute Mechanik
- + Erwartung: verbesserte Kratzfestigkeit

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6

ZUSAMMENFASSUNG





# Weitere Ergebnisse PA6 Glasfaser + Glass Bubbles

**HOFFMANN  
MINERAL®**

**Ziel: Erhöhung Füllgrad/Steifigkeit ohne Erhöhung der Dichte/Gewicht und trotzdem gute Mechanik**

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

PA-Compound Ultramid® B3K BASF Schmelzevolumenrate MVR 160 cm <sup>3</sup> /10 min (275 °C, 5 kg)			
<b>Glasfasern</b>	15 % (m/m) 8 % (V/V)	17 % (m/m) 8 % (V/V)	17 % (m/m) 8 % (V/V)
<b>3M™ Glass Bubbles iM16k</b>	---	4 % (m/m) 10 % (V/V)	---
<b>GLOXIL light iM16k A</b>	---	---	4 % (m/m) 10 % (V/V)
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Daten ermittelt von 3M Advanced Materials Division, Special Additives Laboratory



# Dichte

gemessen

g/cm<sup>3</sup>

1,4

1,2

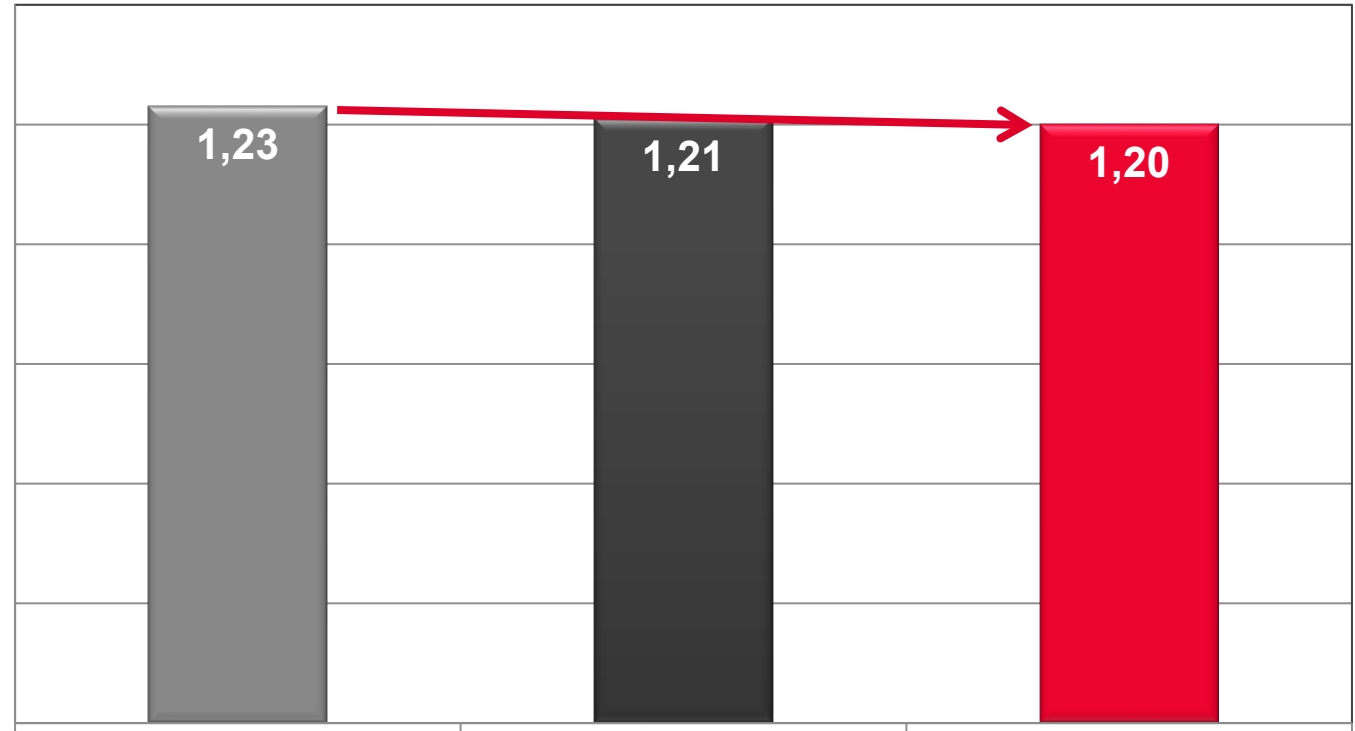
1,0

0,8

0,6

0,4

0,2



ohne  
Hohlglasskugeln

3M™ Glass Bubbles  
iM16k

GLOXIL light  
iM16k A

4 % m/m = 10 % V/V

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG



# Zugmodul

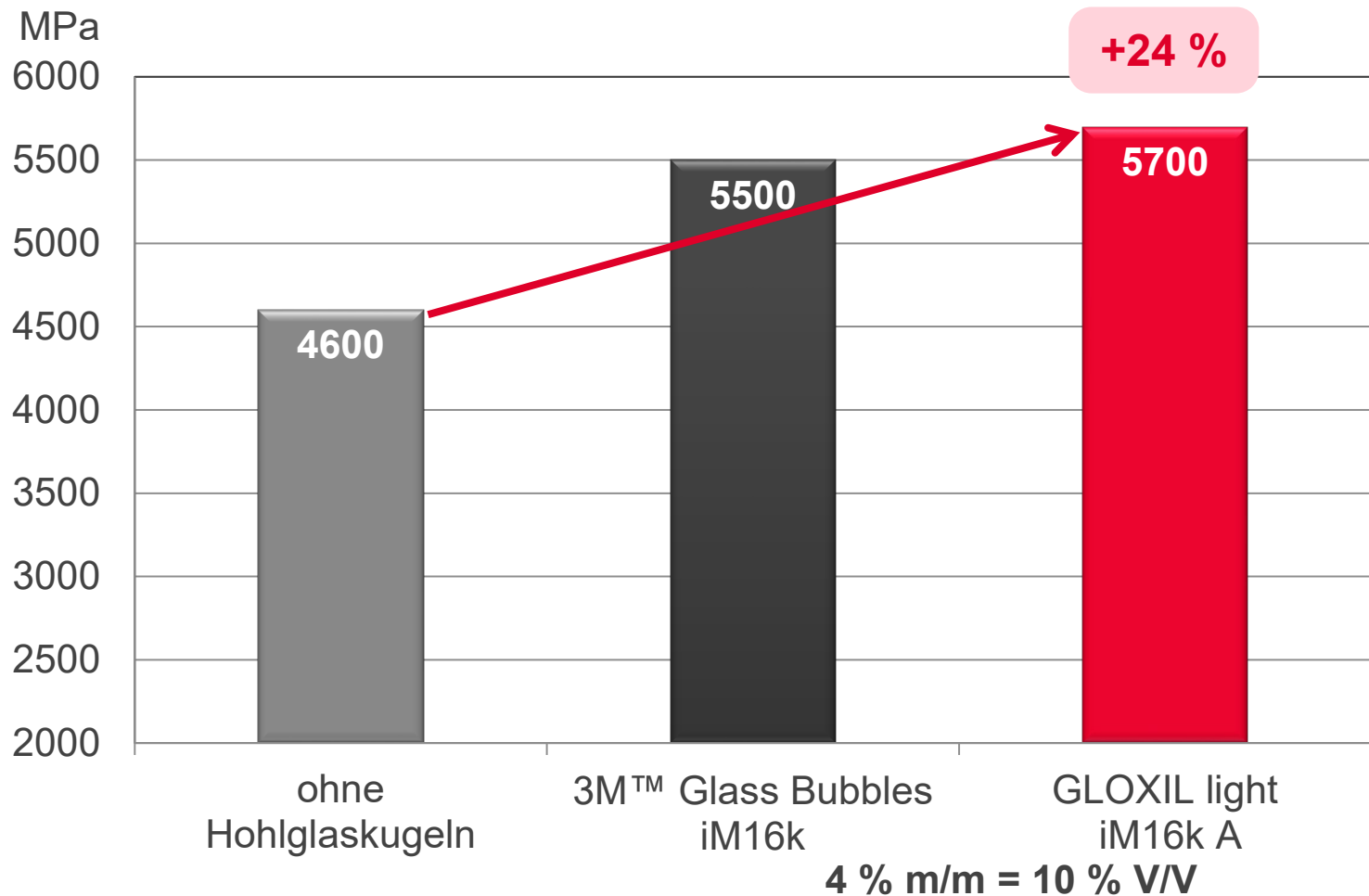
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Biegemodul

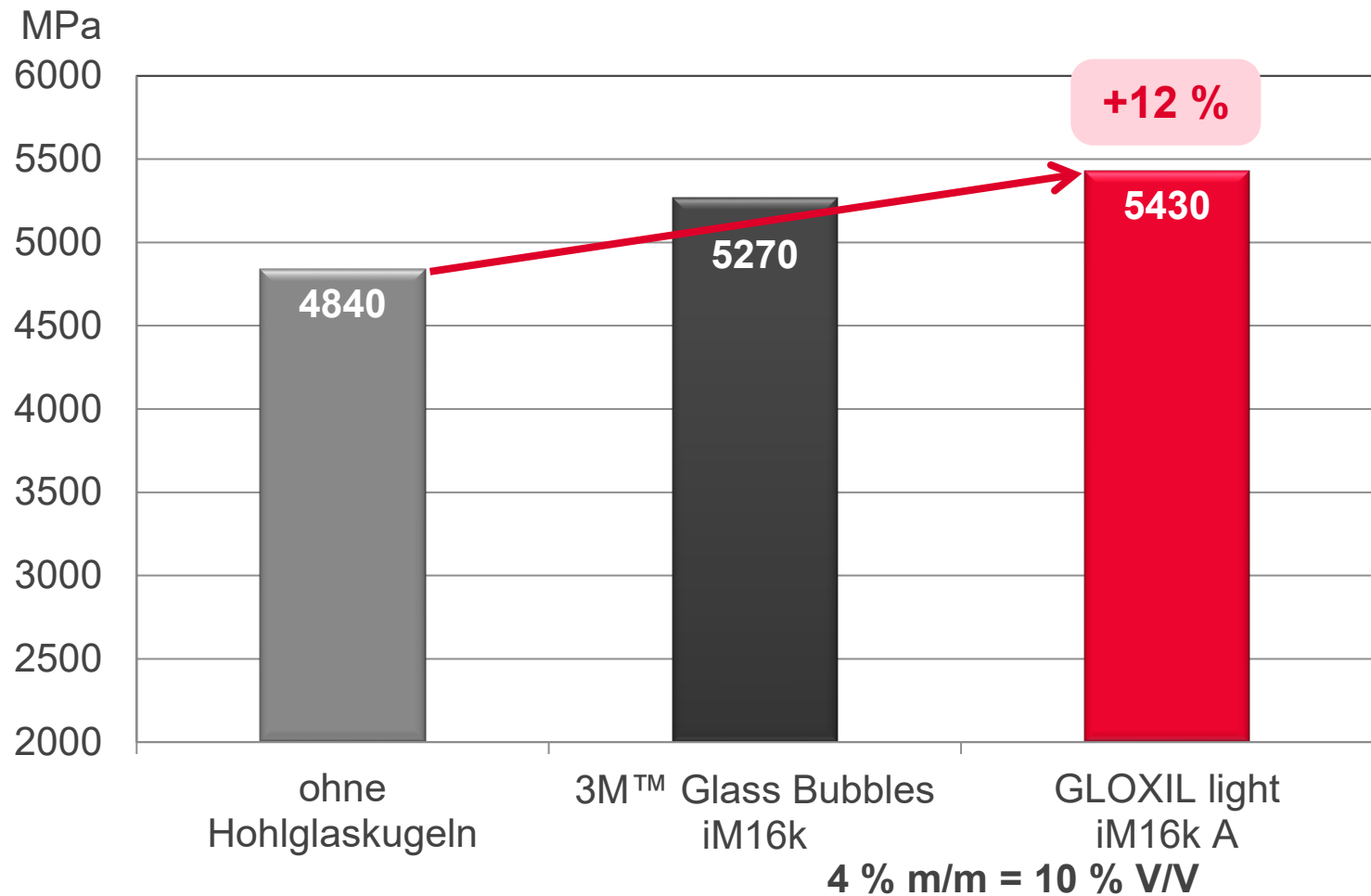
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Zugfestigkeit

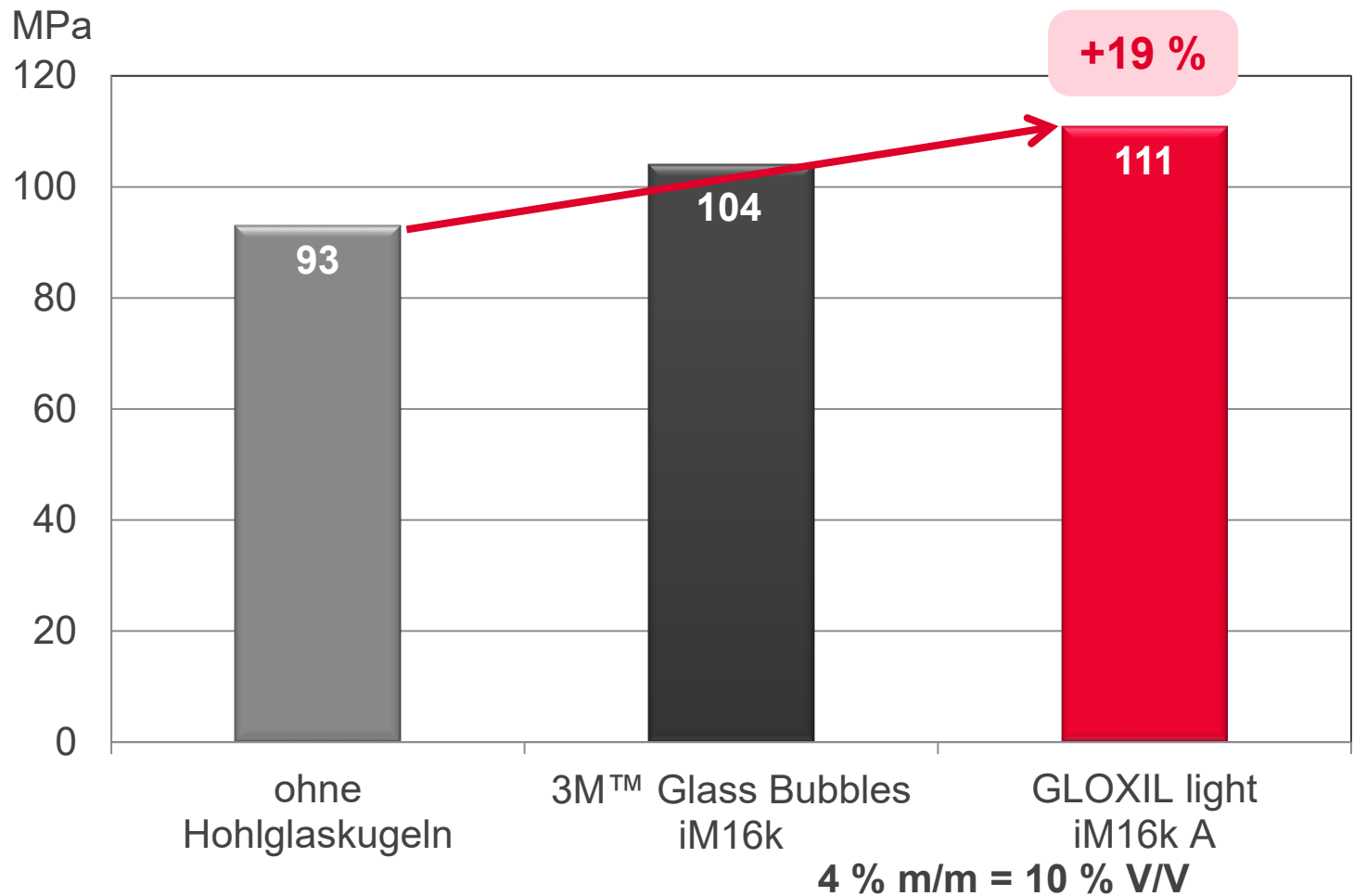
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Bruchdehnung

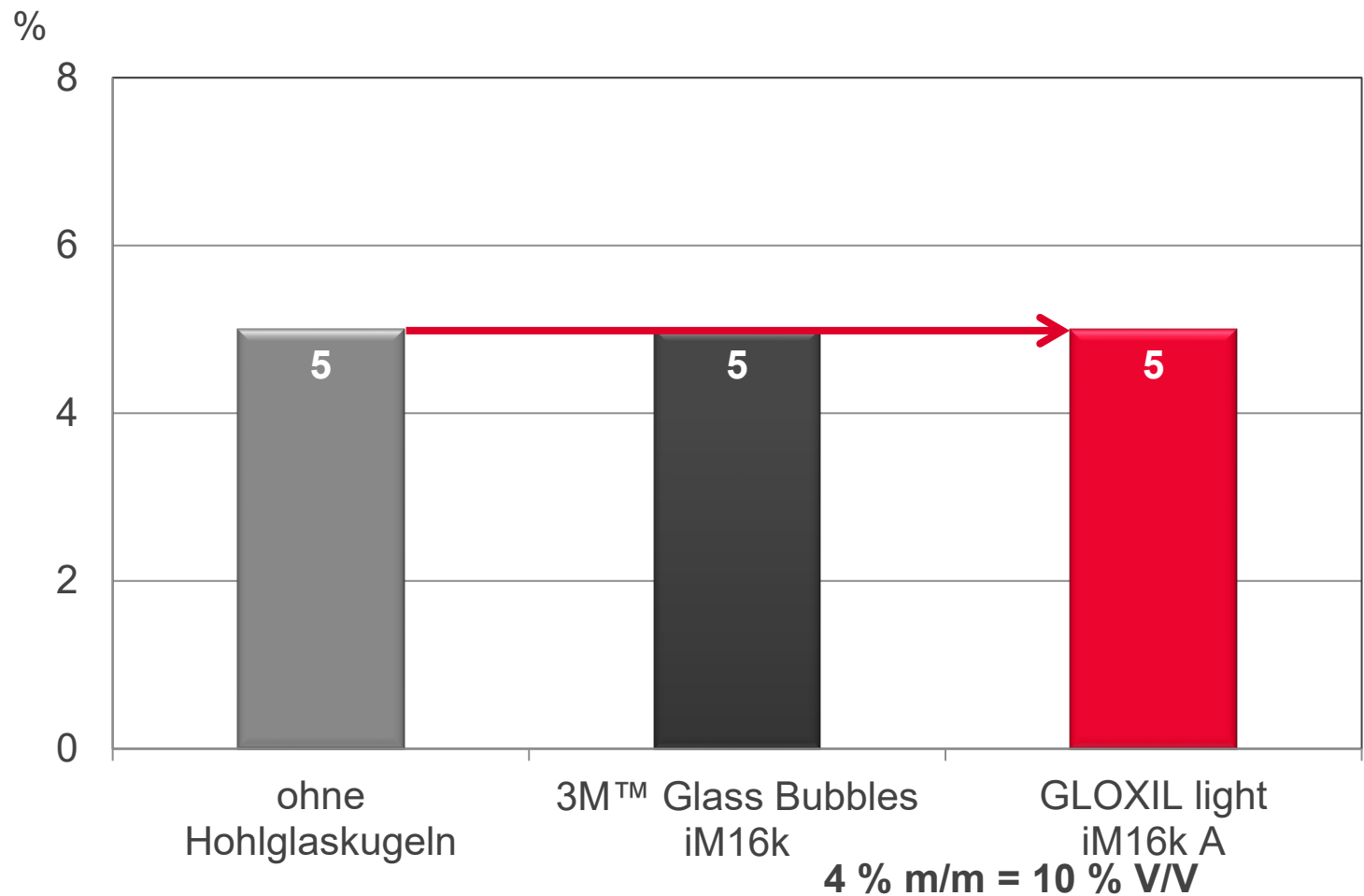
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Biegefestigkeit

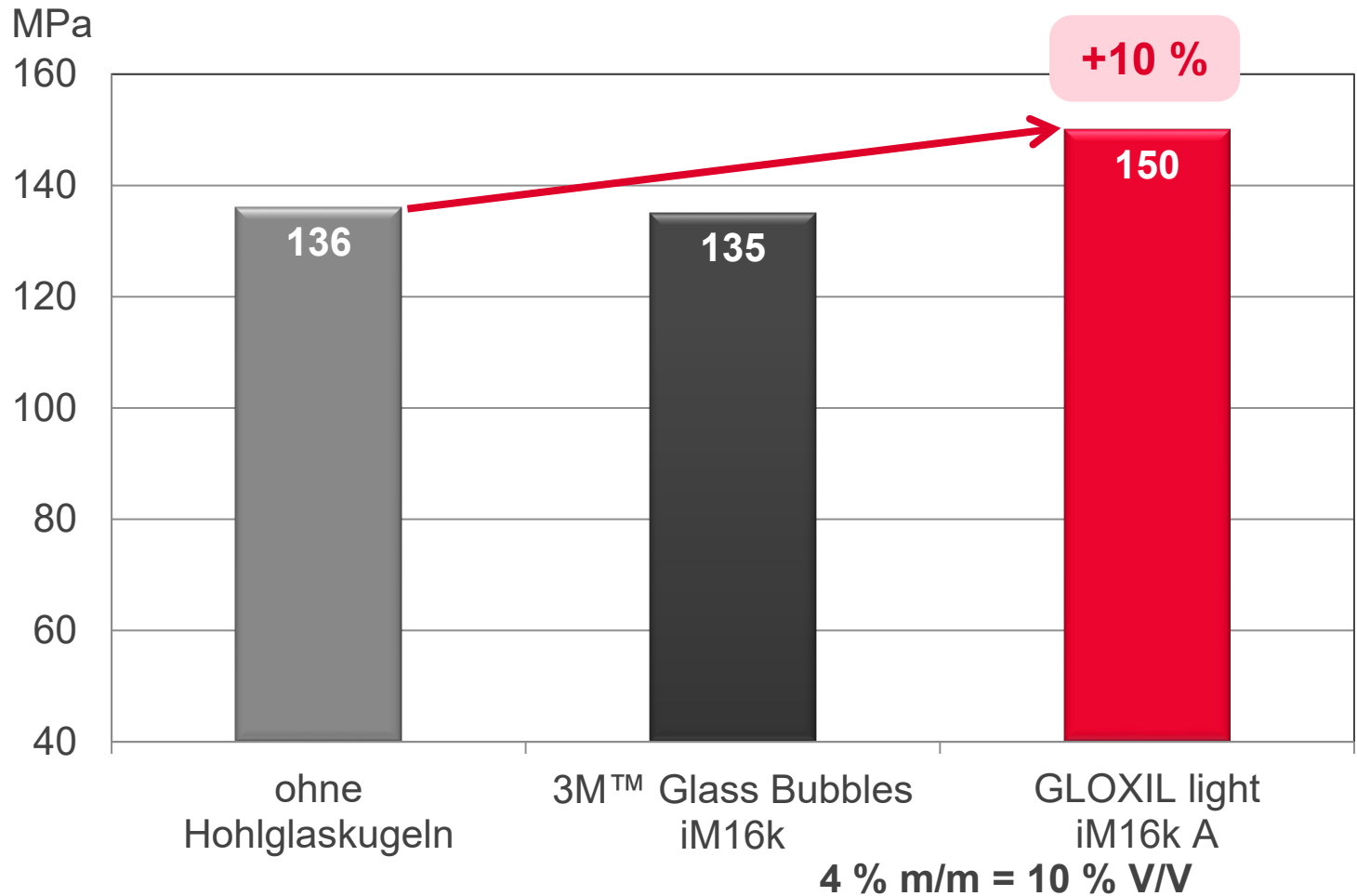
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Schlagzähigkeit Charpy

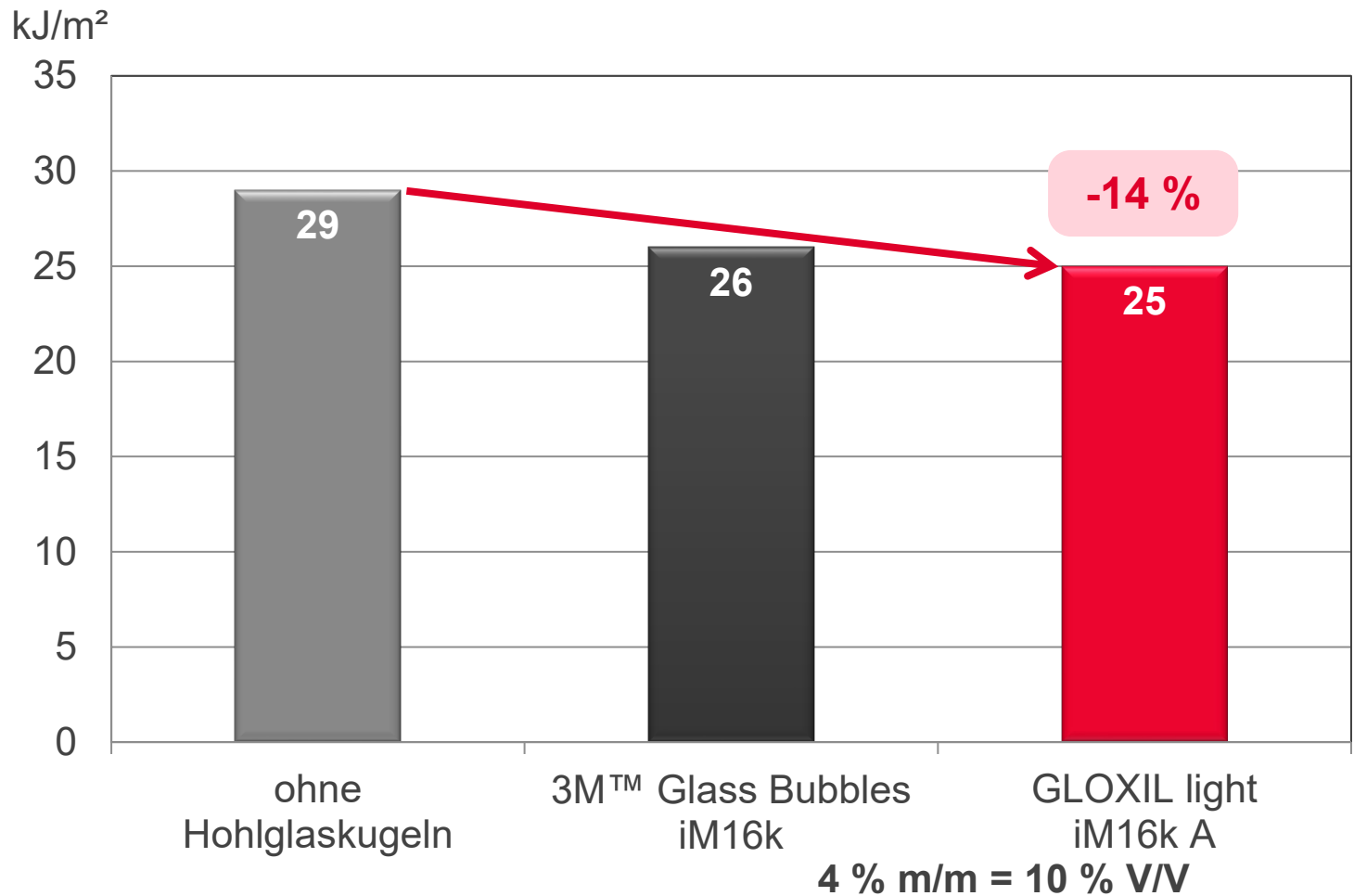
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Kerbschlagzähigkeit Charpy

**HOFFMANN  
MINERAL®**

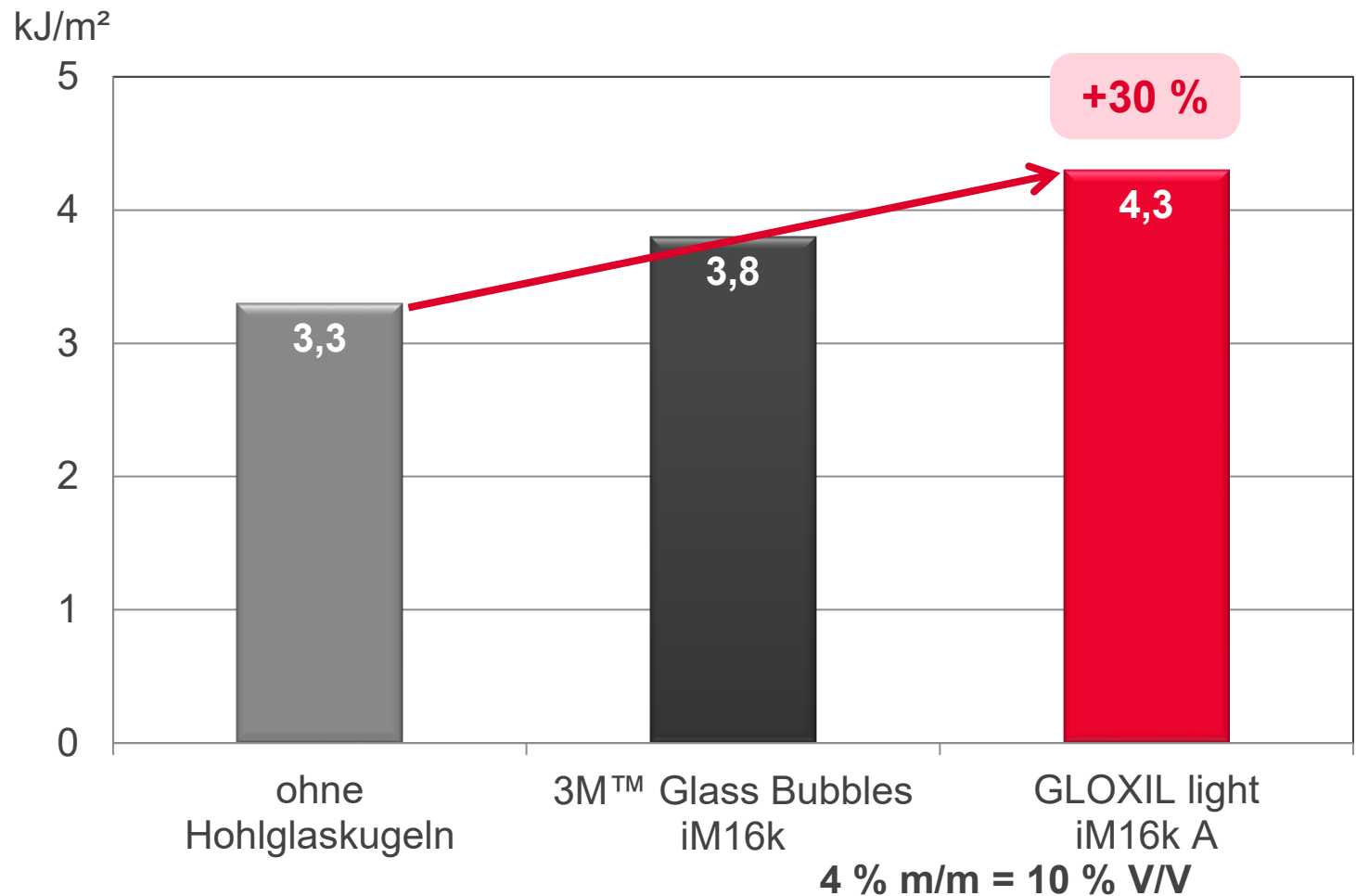
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Zusammenfassung

## PA6 GF15 + Glass Bubbles

**HOFFMANN**  
**MINERAL®**

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PA6 GF15  
+ Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG

**GLOXIL light iM16k A** als Zusatz zum PA6 GF 15 zeigt im Vergleich zu PA6 GF15 ohne Hohlglaskugel:

- Leicht niedrigere Schlagzähigkeit
- Leicht reduzierte Dichte und damit Gewichtseinsparungspotential
- + Erhöhung der Steifigkeit (Zug- und Biegemodul)
- + Erhöhung der Zugfestigkeit bei unveränderter Bruchdehnung
- + Erhöhung der Biegefestigkeit
- + Erhöhung Kerbschlagzähigkeit
- Ziel erreicht: höhere Steifigkeit ohne Erhöhung der Dichte/Gewicht und gute Mechanik
- + Erwartung: verbesserte Kratzfestigkeit





# PP-Copolymer Compoundrezepturen

**HOFFMANN  
MINERAL®**

Ziel: Dichte- / Gewichtsreduzierung und trotzdem gute Mechanik

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

PP-Copolymer

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG

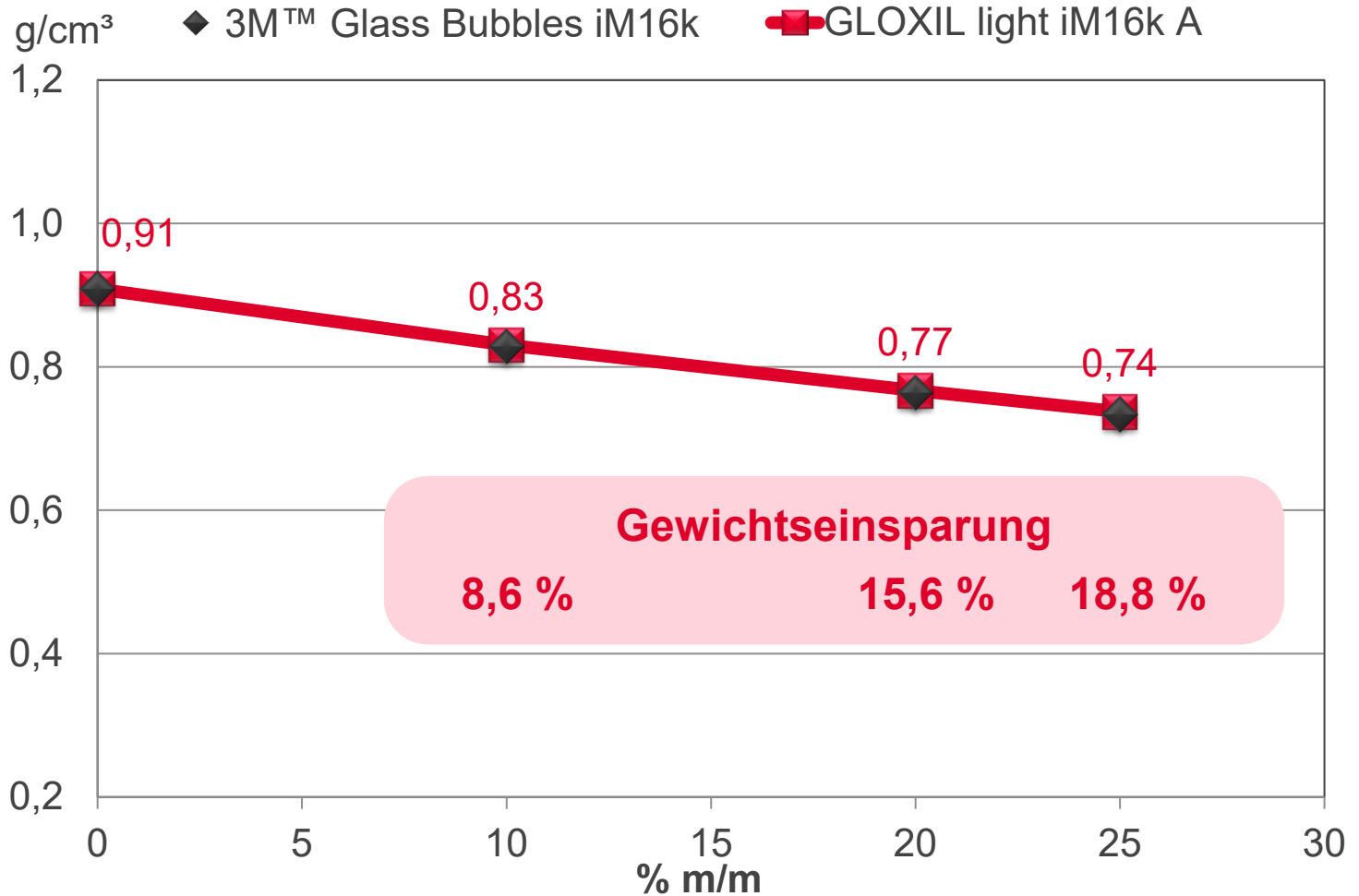
PP-Compound Copolymer Bormod™ BF970MO Borealis MFR 20 g/10 min (230 °C, 2,16 kg)		
<b>3M™ Glass Bubbles iM16k</b>	0 bis 25 % (m/m) 0 bis 40 % (V/V)	---
<b>Scona TPPP 2112 GA</b> PP-g-MAH, ca. 1 % MAH, Byk	---	5 % (m/m)
<b>GLOXIL light iM16k A</b>	---	0 bis 25 % (m/m) 0 bis 40 % (V/V)
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Daten ermittelt von 3M Advanced Materials Division, Special Additives Laboratory



# Dichte und Gewichtsreduzierung

gemessen; % m/m Hohlglaskugeln



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG



# Zugmodul

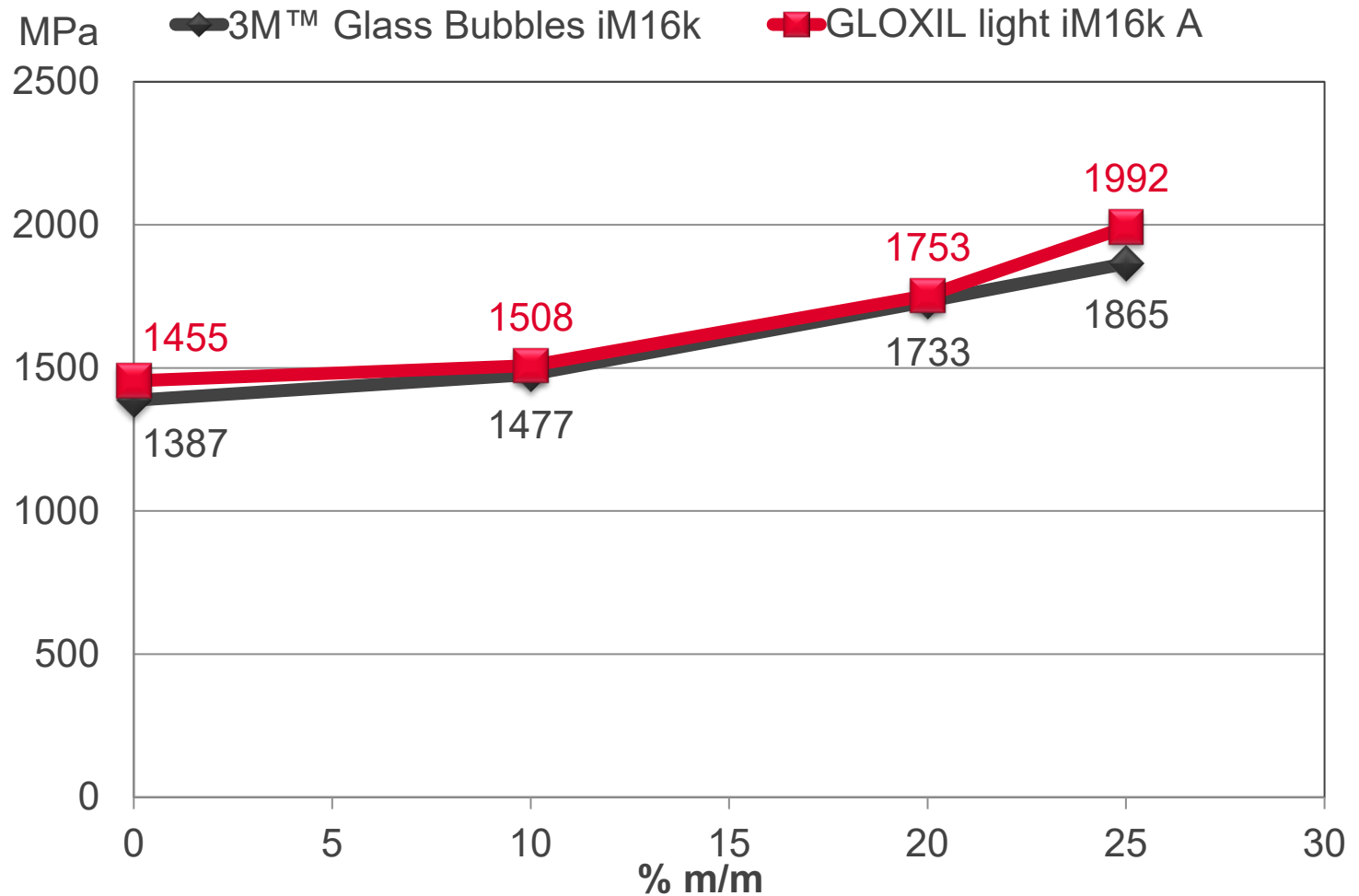
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG





# Biegemodul

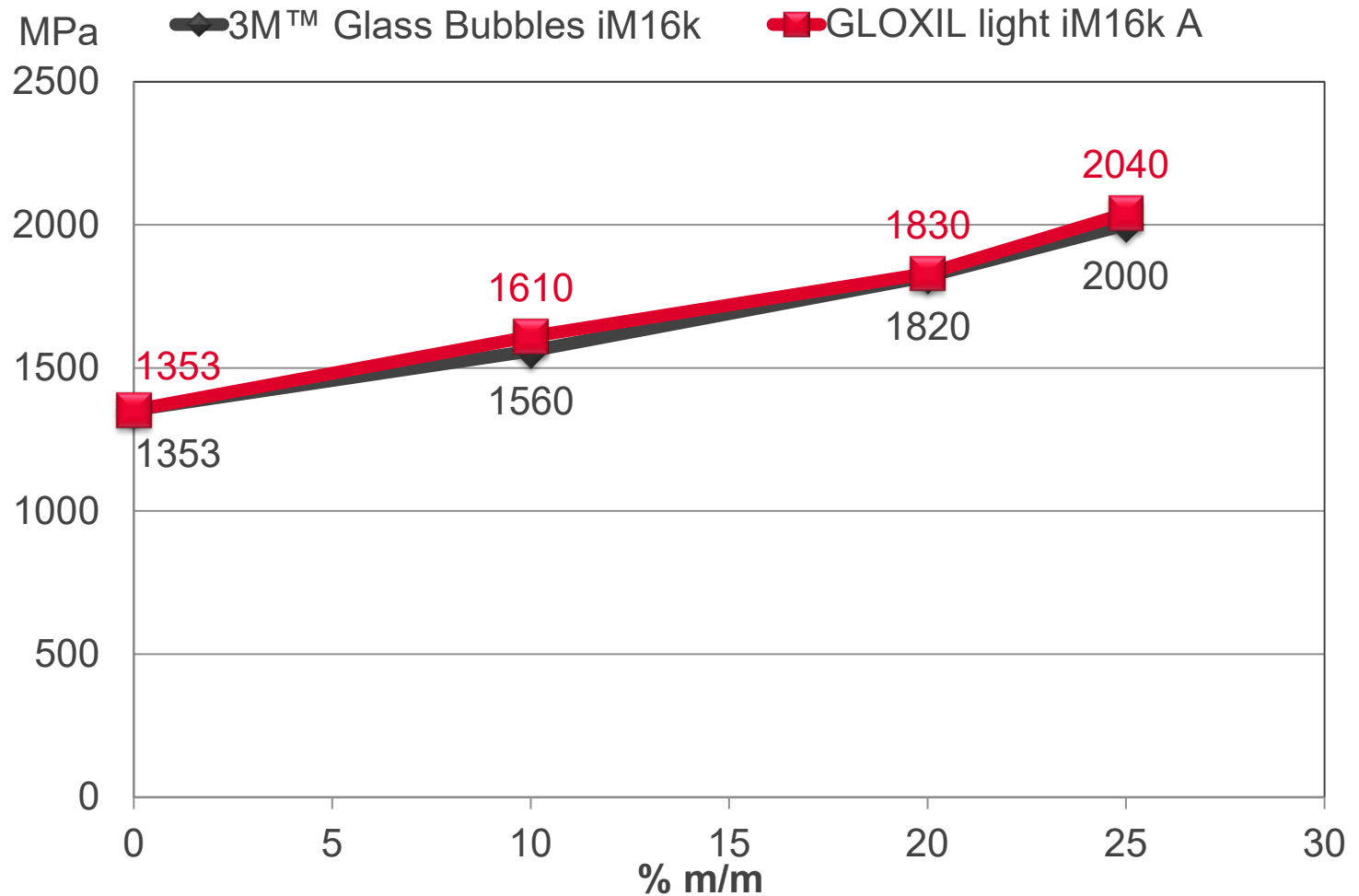
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG





# Zugfestigkeit

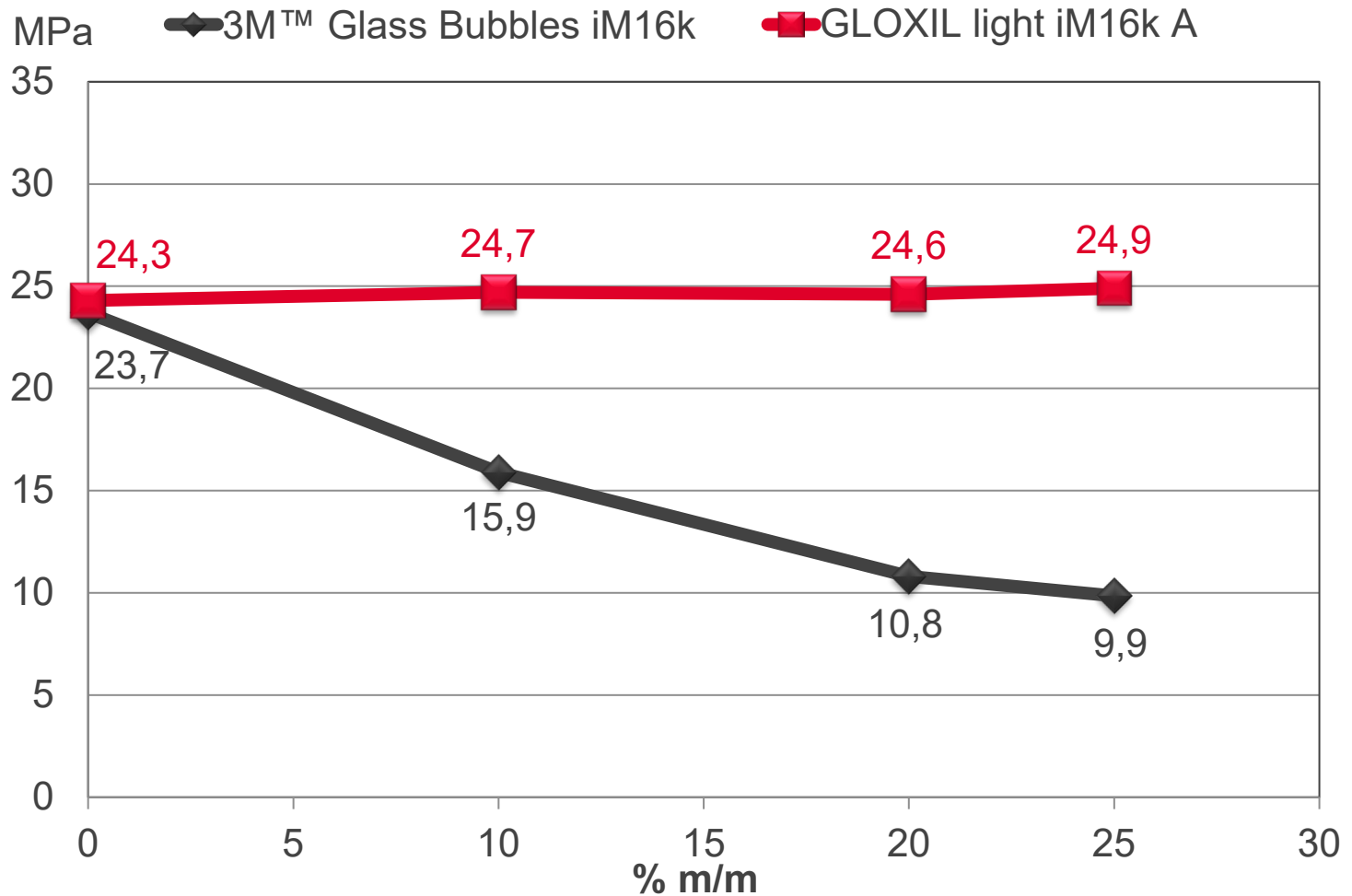
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG





# Biegefestigkeit

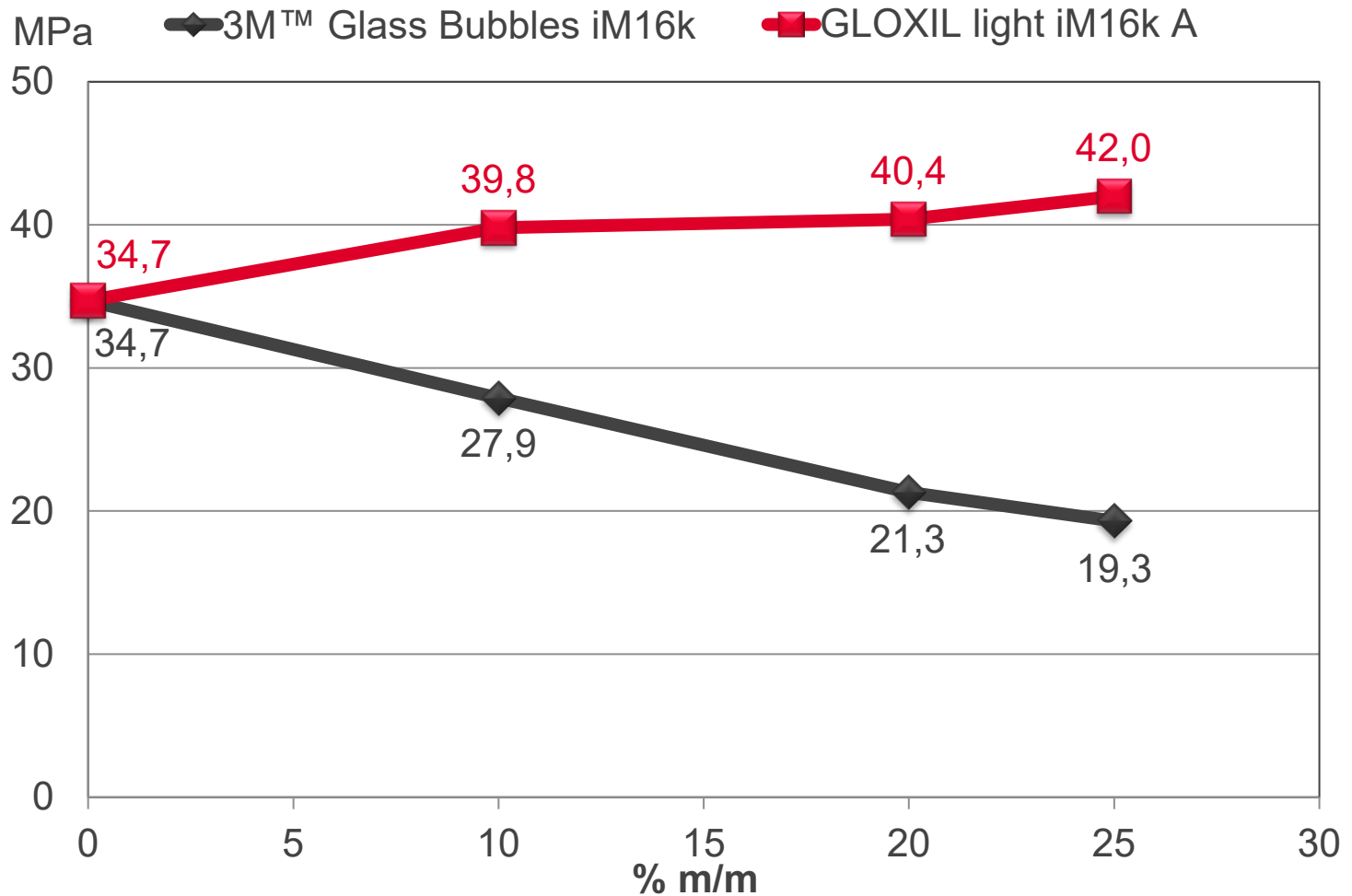
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG





# Schlagzähigkeit Charpy

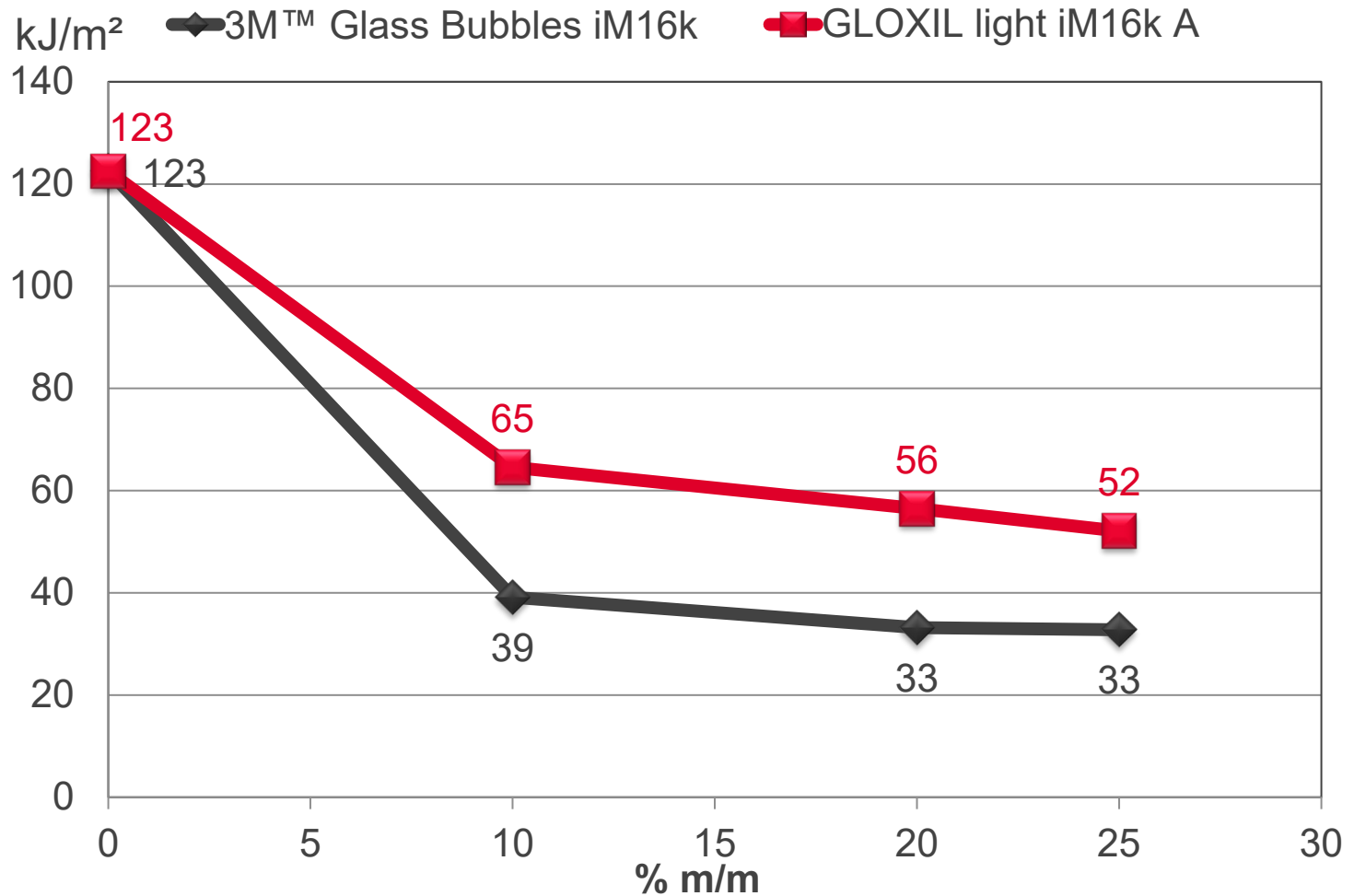
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG





# Kerbschlagzähigkeit Charpy

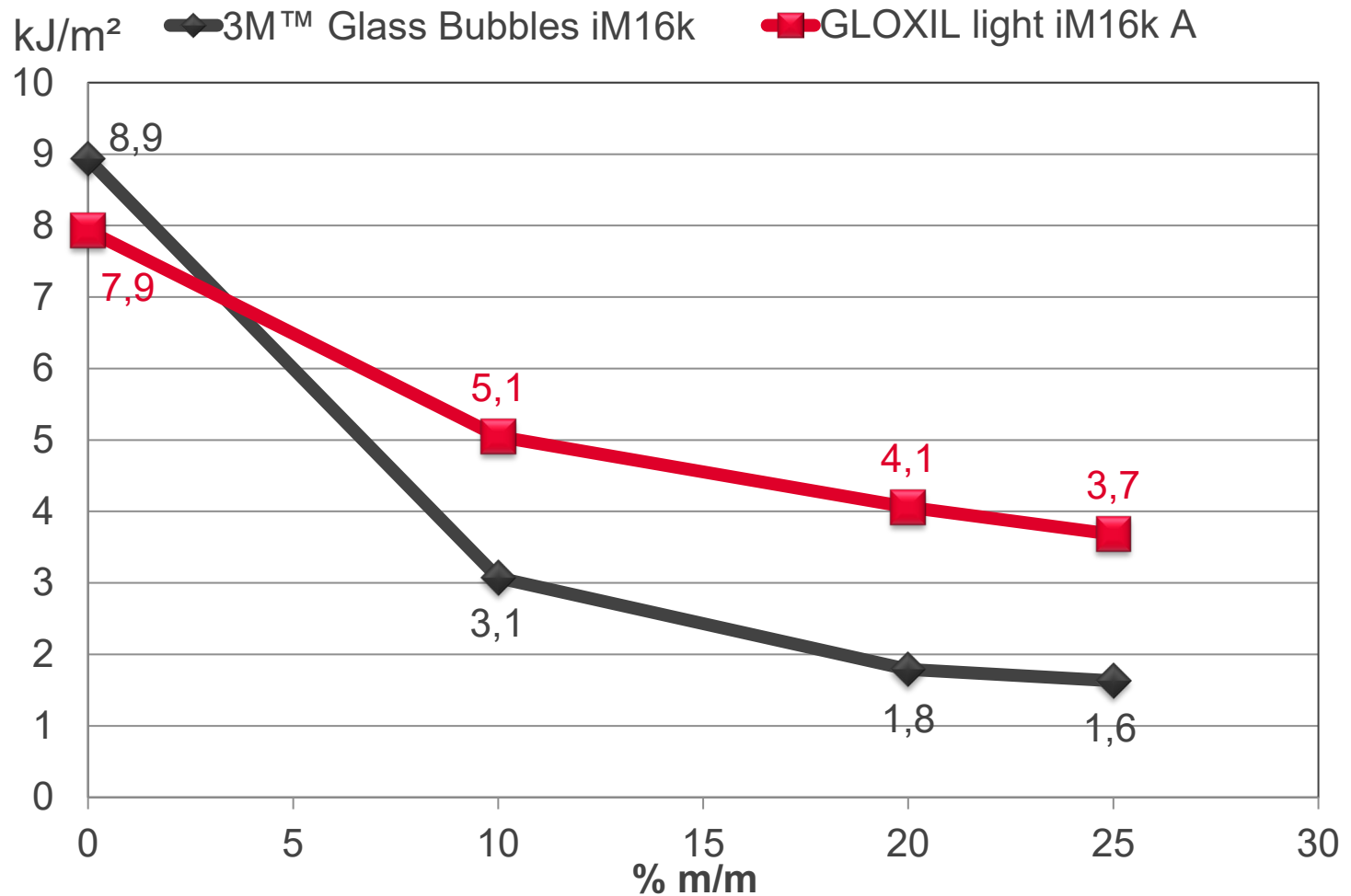
EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG





# Zusammenfassung

## PP Copolymer

**HOFFMANN**  
**MINERAL®**

**GLOXIL light iM16k A** zeigt im Vergleich zur unbehandelten Hohlglaskugel:

- Gleiche Dichte und damit Gewichtseinsparungspotential
  - Vergleichbare Erhöhung der Steifigkeit (Zug- und Biegemodul)
  - + Deutlich höhere Zugfestigkeit, weitgehend unabhängig vom Füllgrad auf dem Niveau des ungefüllten PP-Copolymers
  - + Deutlich höhere Biegefestigkeit, mit steigendem Füllgrad sogar höher als das ungefüllte PP-Copolymer
  - + Höhere Schlagzähigkeit
  - + Höhere Kerbschlagzähigkeit
- **Ziel erreicht: Dichte- / Gewichtsreduzierung und gute Mechanik**
- + Erwartung: verbesserte Kratzfestigkeit und verringerte Sichtbarkeit der Kratzspuren

Anmerkung zur effizienten Dosierung von PP-g-MAH:

Konzentration sollte im Bereich von 10 bis 15 % (m/m), bezogen auf die GLOXIL light iM16k A Dosierung liegen (gilt für MAH-Gehalt im PP-g-MAH von ca. 1 %, bei anderen Gehalten ist die Konzentration sinngemäß anzupassen)



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

ZUSAMMENFASSUNG



# Weitere Ergebnisse PP Talkum / Glass Bubbles

Ziel: Dichte- / Gewichtsreduzierung und trotzdem gute Mechanik

PP-Compound Copolymer Bormod™ BF970MO					
Borealis					
MFR 20 g/10 min (230 °C, 2,16 kg)					
<b>Talkum</b>	20 % (m/m) 7 % (V/V)	10 % (m/m) 3 % (V/V)	10 % (m/m) 3 % (V/V)	10 % (m/m) 3 % (V/V)	---
<b>Fusabond® P 613</b> PP-g-MAH 0,5 bis 1% MAH, Dow	---	6 % (m/m) 6 % (V/V)	6 % (m/m) 6 % (V/V)	6 % (m/m) 6 % (V/V)	5 % (m/m) 4 % (V/V)
<b>3M™ Glass Bubbles iM16k</b>	---	5 % (m/m) 10 % (V/V)	---	---	---
<b>GLOXIL light iM16k A</b>	---	---	5 % (m/m) 10 % (V/V)	5 % (m/m) 10 % (V/V)	10 % (m/m) 18 % (V/V)
<b>Infuse™ 9000</b> Olefin Block Copolymer	---	---	---	10 % (m/m) 10 % (V/V)	---
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Daten ermittelt von 3M Advanced Materials Division, Special Additives Laboratory

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG



# Dichte und Gewichtsreduzierung

gemessen

g/cm<sup>3</sup>

1,4

1,2

1,0

0,8

0,6

0,4

0,2

**Gewichtseinsparung**

**11,4 %**

**11,4 %**

**13,3 %**

**21,0 %**

**1,05**

**0,93**

**0,93**

**0,91**

**0,83**

Talkum

-Talkum  
+3M™ Glass  
Bubbles  
iM16k

-Talkum  
+GLOXIL  
iM16k A

-Talkum  
+GLOXIL  
iM16k A  
+Infuse

GLOXIL light  
iM16k A

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG



# Zugmodul

EINLEITUNG

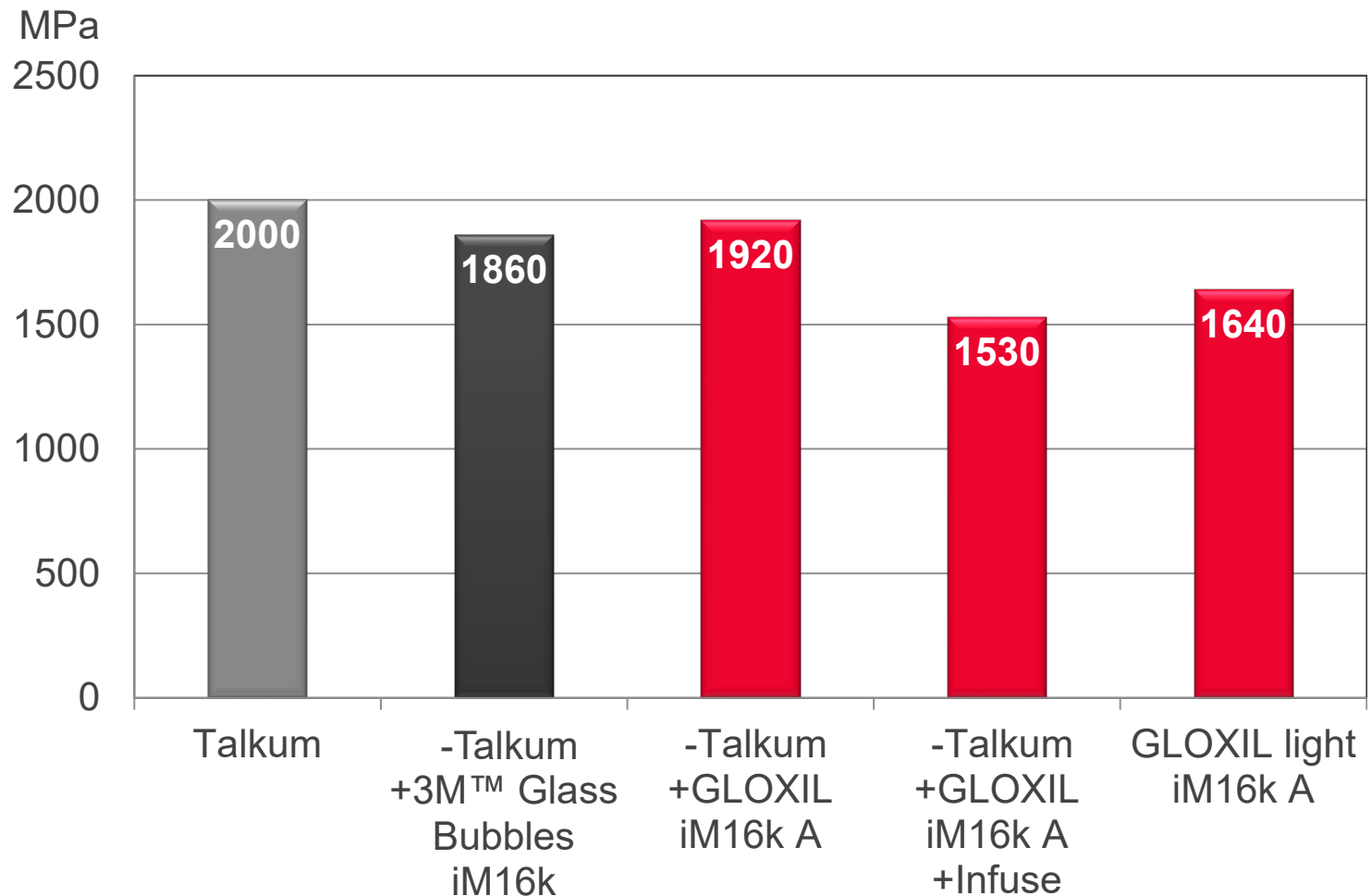
EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Streckspannung

EINLEITUNG

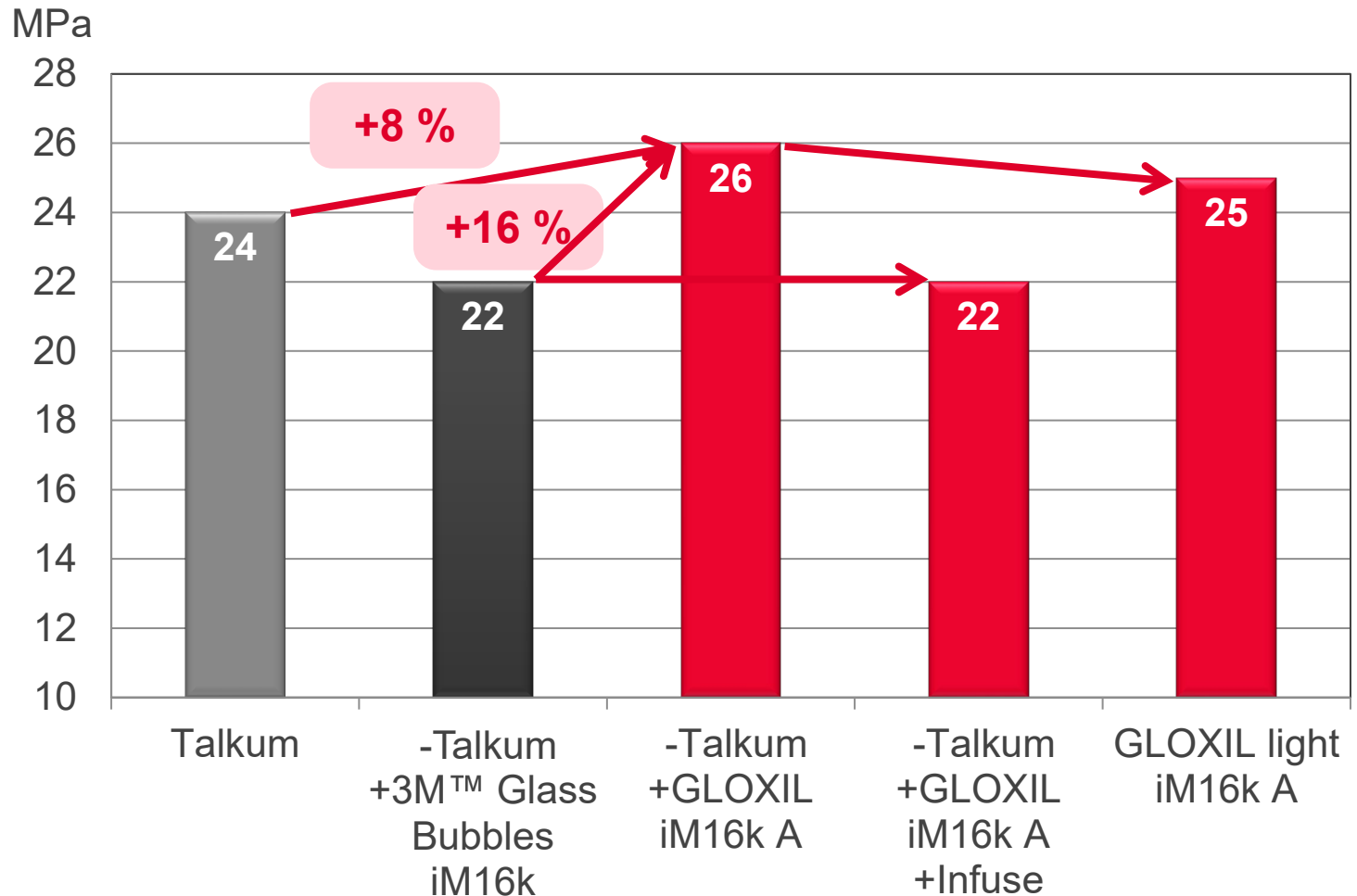
EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Schlagzähigkeit Charpy

EINLEITUNG

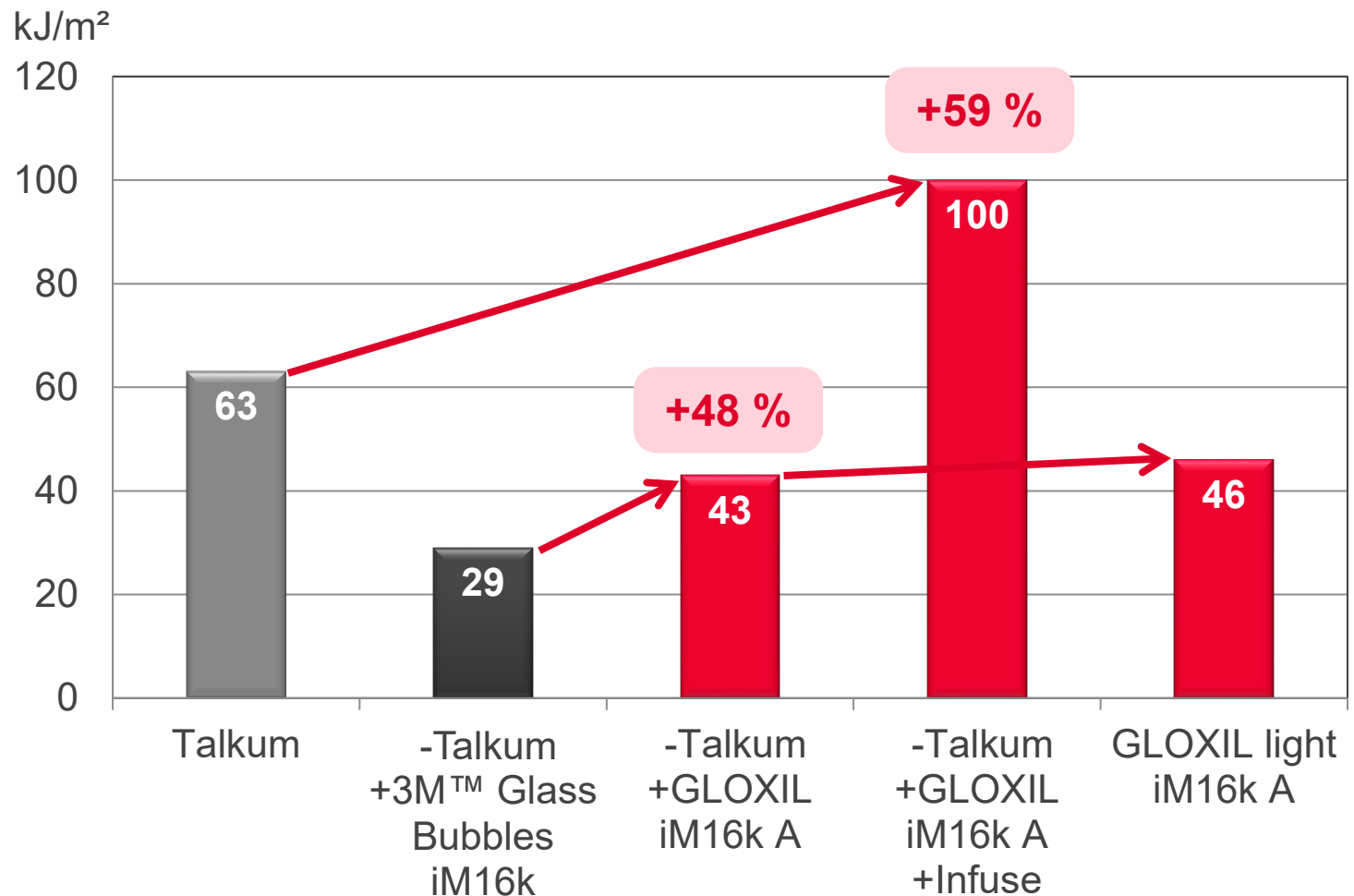
EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Kerbschlagzähigkeit Charpy

EINLEITUNG

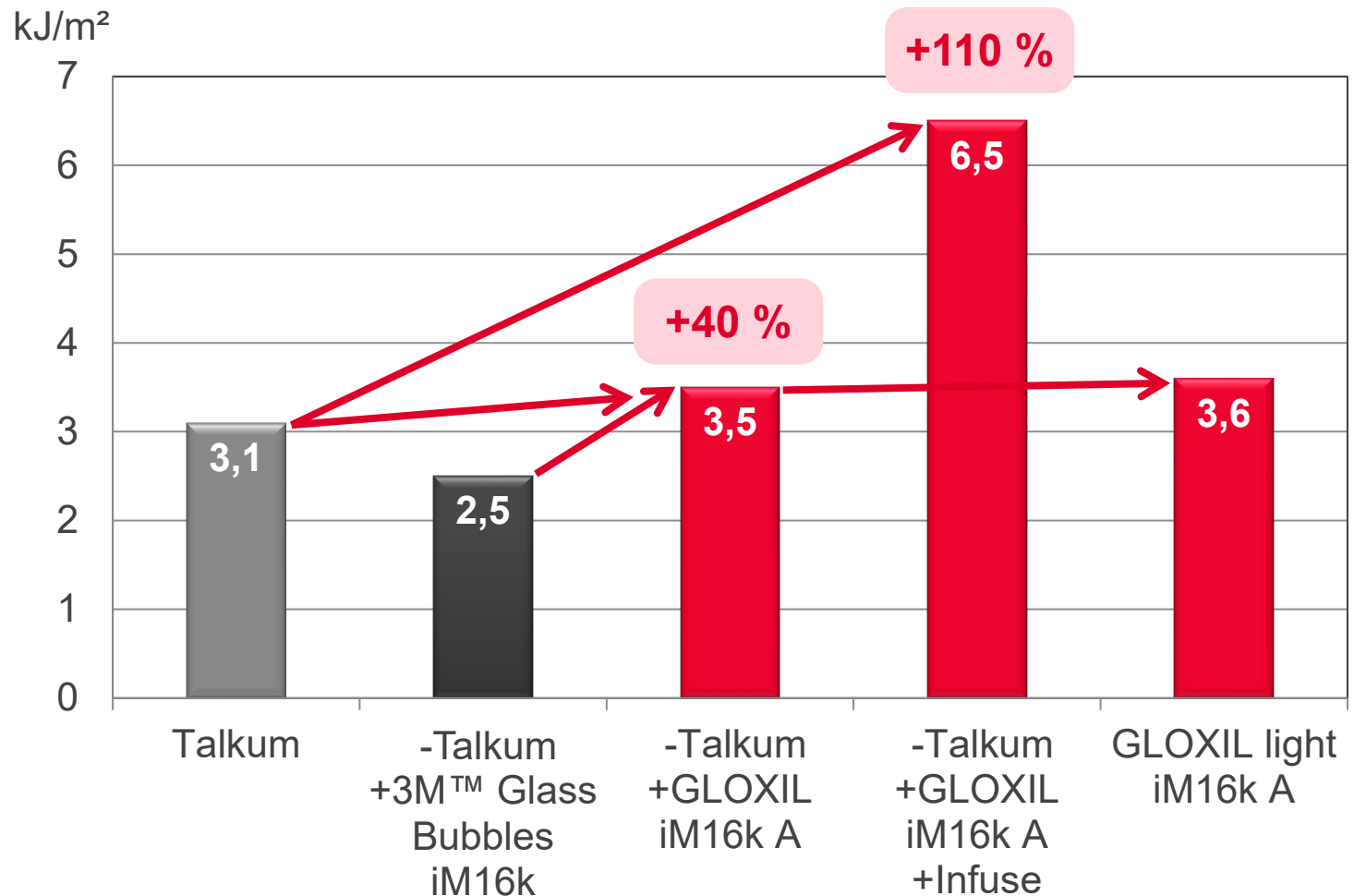
EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG





# Zusammenfassung PP Copolymer Talkum / Glass Bubbles

**HOFFMANN  
MINERAL®**

**GLOXIL light iM16k A** zeigt als Teil- und Vollersatz von Talkum im Vergleich zu PP Copo T20 ohne Hohlglaskugel:

- Vollersatz leicht niedrigere Steifigkeit
- Teilersatz vergleichbare Steifigkeit
- + Reduzierte Dichte / Gewichtseinsparungspotential bis zu 21 %
- + Erhöhung der Streckspannung (und damit Potential zur Einführung von Schlagzähmodifikator)
- + Trotz Schlagzähmodifikator kaum Verlust an Streckspannung
- + Vergleichbare Streckspannung bei Vollersatz
- + Erhöhung der Schlagzähigkeit, besonders bei Zusatz vom Schlagzähmodifikator
- + Erhöhung Kerbschlagzähigkeit, besonders bei Zusatz vom Schlagzähmodifikator
- + Vergleichbare Kerbschlagzähigkeit bei Vollersatz
- **Ziel erreicht: Dichte- / Gewichtsreduzierung und gute Mechanik**
- + Erwartung: verbesserte Kratzfestigkeit



EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

PP-Copolymer

Talkum / Glass Bubbles

ZUSAMMENFASSUNG



## Zusammenfassung gesamt

**GLOXIL light iM16k A** zeigt im Vergleich zur unbehandelten Hohlglaskugel:

- Gleiche Dichte und damit Gewichtseinsparungspotential
- Vergleichbare Erhöhung der Steifigkeit (Zug- und Biegemodul)
- + Deutlich höhere Streckspannung oder Zugfestigkeit, weitgehend unabhängig vom Füllgrad auf dem Niveau des ungefüllten Polymers
- + Deutlich höhere Biegefestigkeit, mit steigendem Füllgrad teilweise sogar höher als das ungefüllte Polymer
- + Höhere Schlagzähigkeit
- + Höhere Kerbschlagzähigkeit
- + Vielfältige Möglichkeiten für Compoundmodifikation mit z. B. Schlagzähmodifikatoren ohne Einbruch der anderen Eigenschaften
- + Erwartung: verbesserte Kratzfestigkeit

EINLEITUNG

EXPERIMENTELLES

ERGEBNISSE

ZUSAMMENFASSUNG



## Wir geben Stoff für gute Ideen!

HOFFMANN MINERAL GmbH  
Münchener Straße 75  
DE-86633 Neuburg (Donau)

Telefon: +49 8431 53-0  
Internet: [www.hoffmann-mineral.de](http://www.hoffmann-mineral.de)  
E-Mail: [info@hoffmann-mineral.com](mailto:info@hoffmann-mineral.com)

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.