

Wärmeleitfähige Polyamide

VDI- Arbeitskreis Kunststofftechnik

Bodensee

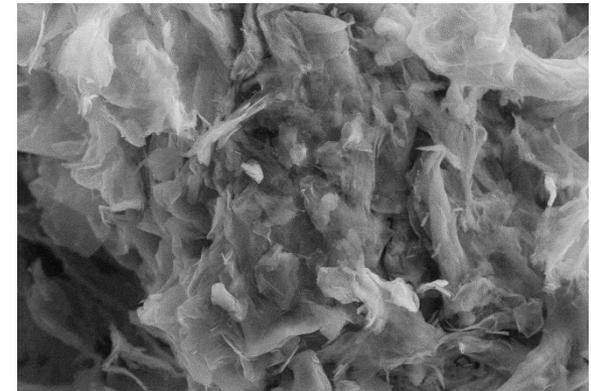
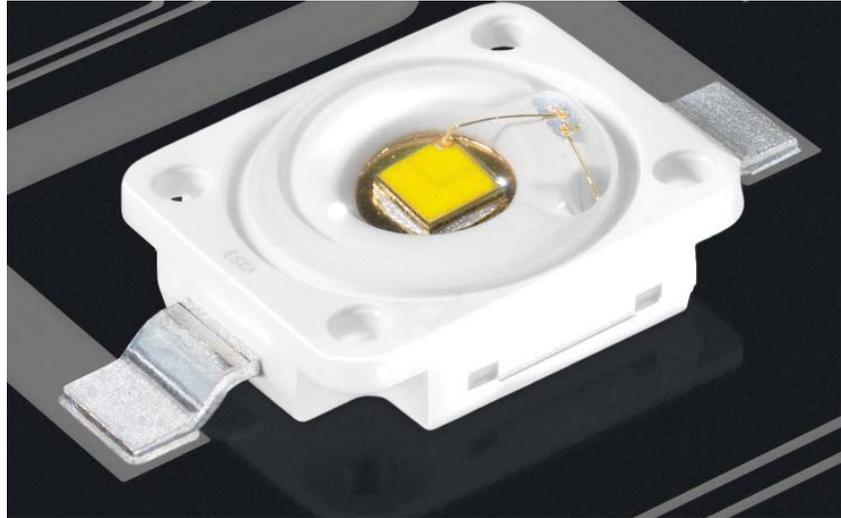
Rorschach

08.05.2014

Dr. Georg Stöppelmann,
Research & Development
EMS-Chemie AG
Business Unit EMS-GRIVORY, Europe
+ 41 81 632 6558
georg.stoepplmann@emsgrivory.com

Übersicht

- Mechanismus der Wärmeleitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit von Polymeren
- Messmethode
- Additive
- Materialien
- Anwendungen
- Ausblick



Grundlagen

- **Wärme wird in nichtmetallischen Festkörpern oder in Flüssigkeiten durch Schwingungen übertragen**
- **In Metallen Wärmetransport über Elektronen**
- **Wärmeleitfähigkeit ist temperaturabhängig**
- **In Gasen erfolgt der Wärmetransport direkt über Atome/Moleküle**
- **Wärmeleitfähigkeit kann richtungsabhängig sein**

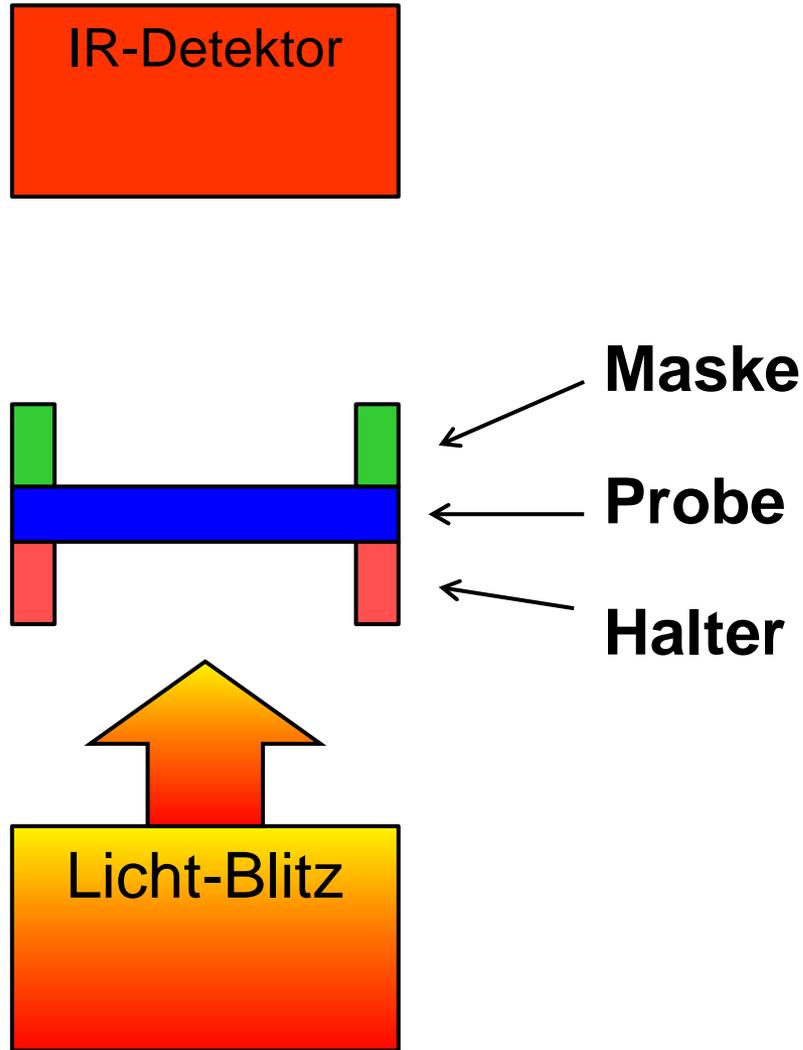
Messmethoden

- Hotdisk, Wärme wird durch eine Platte übertragen
- Nano-Flash, berührungslos, Bestrahlung mit einem Xenon-Lichtblitz

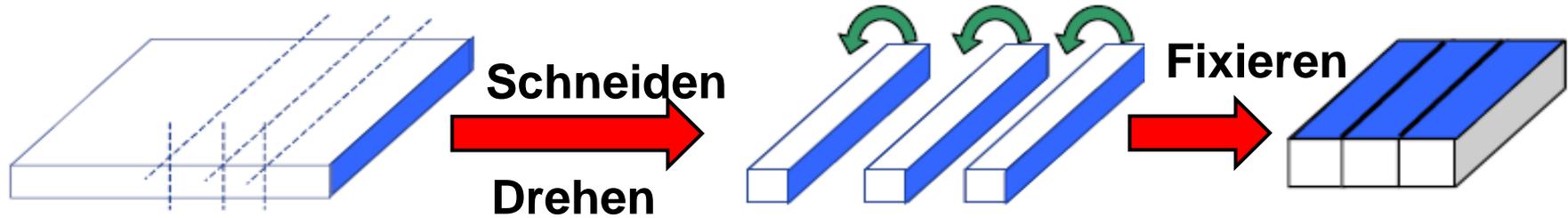


Messprinzip

**Flash-Methode:
senkrecht**

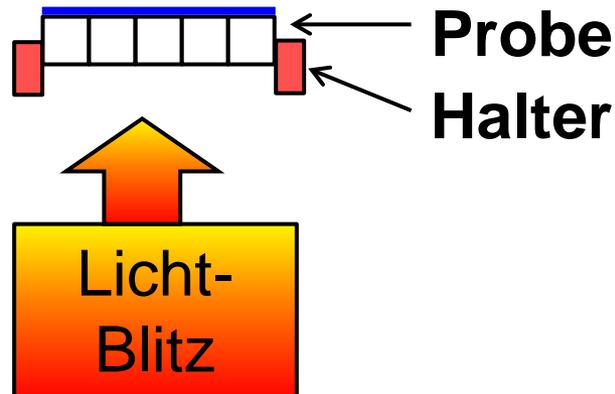


Messprinzip

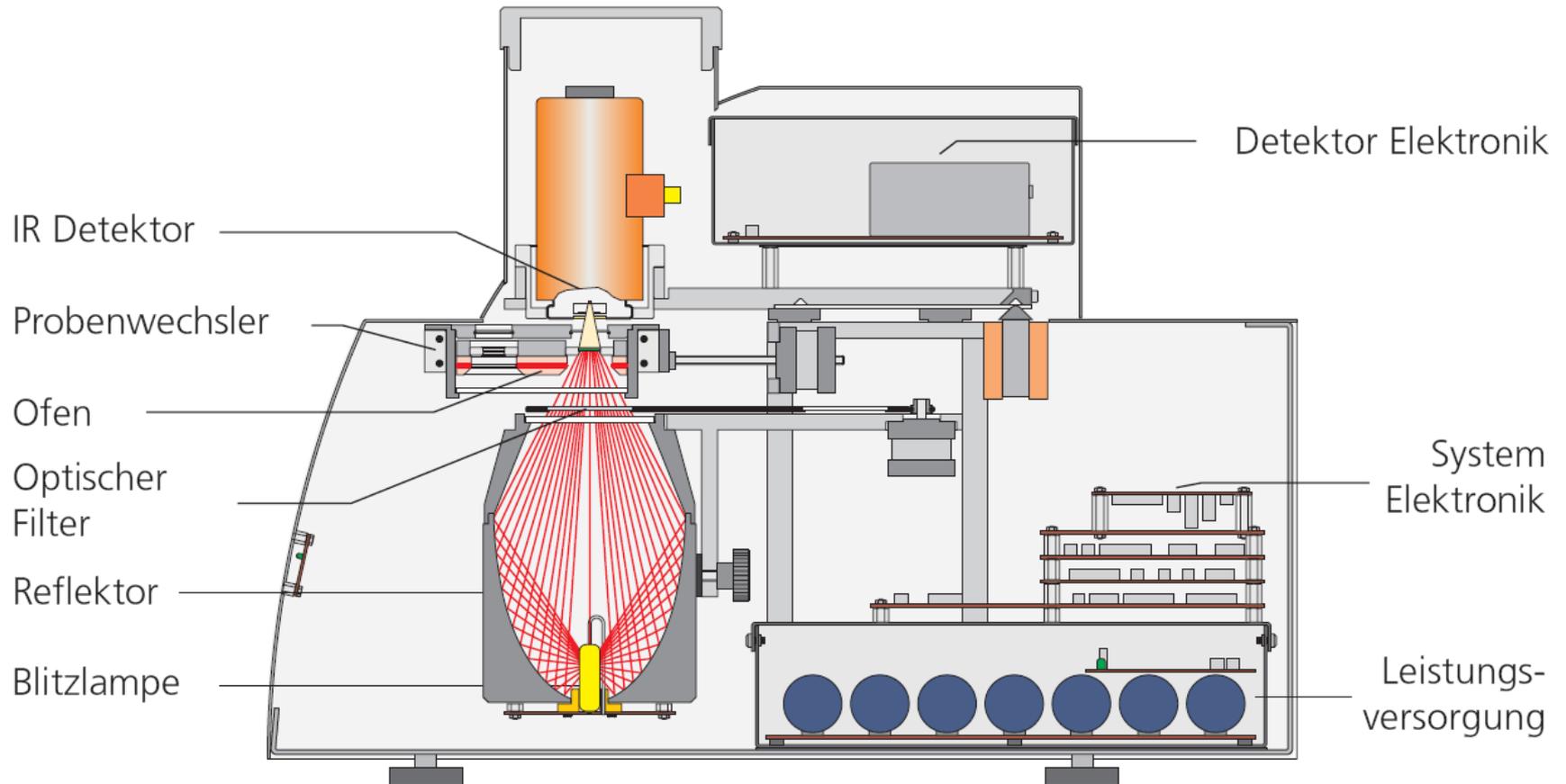


**Flash-Methode:
parallel**

IR-
Detektor



Aufbau Nano-Flash, Netzsch AG



Auswertung

Wärmeleitfähigkeit berechnet sich

$$\lambda = \frac{\rho \cdot a}{C_p} \text{ [W/mK]}$$

λ : Wärmeleitfähigkeit

ρ : Dichte

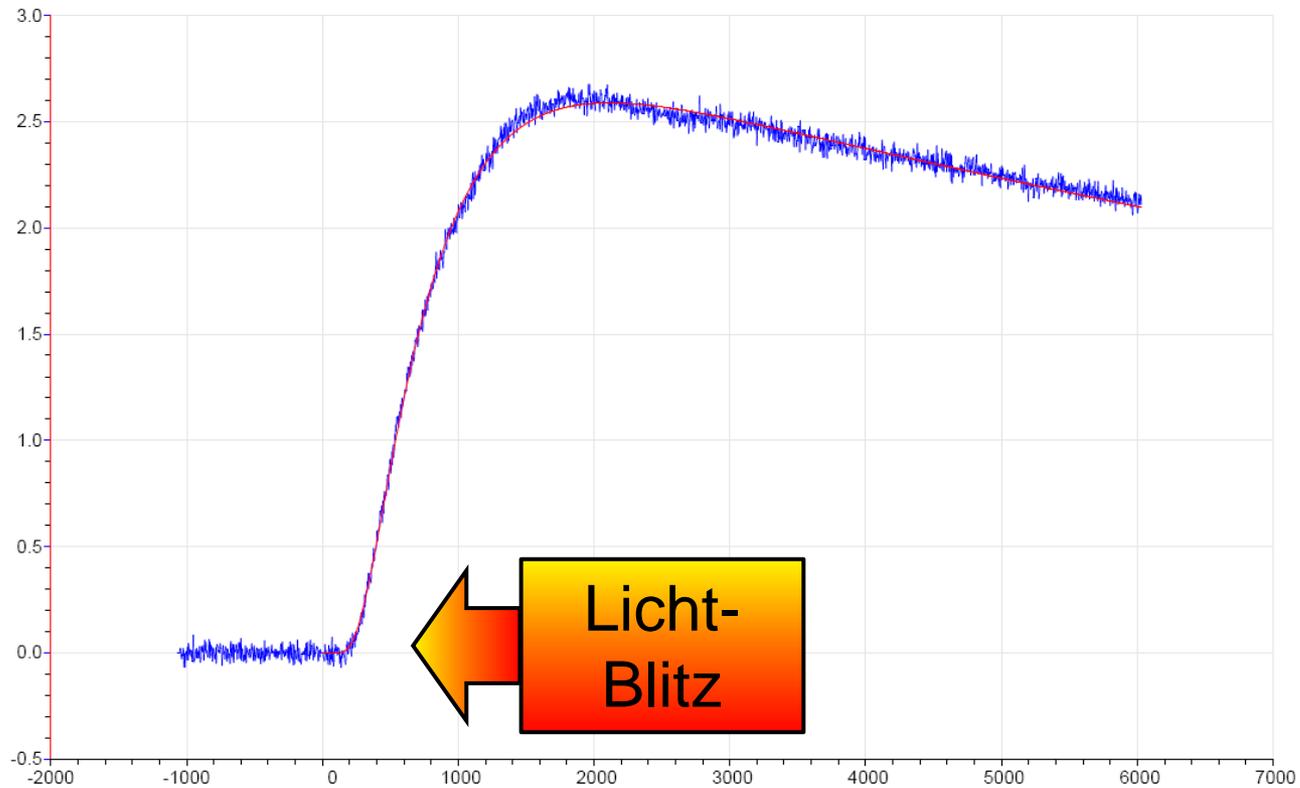
a : Temperaturleitfähigkeit

C_p : Spezifische Wärme

Rohdaten

Aus dem Spannungsanstieg nach dem Lichtblitz wird die Temperaturleitfähigkeit ermittelt

Signal [V]



Zeit [ms]

Resultate

Messung	Temperatur [°C]	Temperatur- leitfähigkeit [mm ² /s]	Spezifische Wärme [J/g/K]	WLF [W/mK]
1	25.3	0.647	1.515	1.402
2	25.2	0.644	1.513	1.395
3	25.1	0.625	1.511	1.352
Mittelwert	25.2	0.638	1.513	1.383

WLF: Wärmeleitfähigkeit

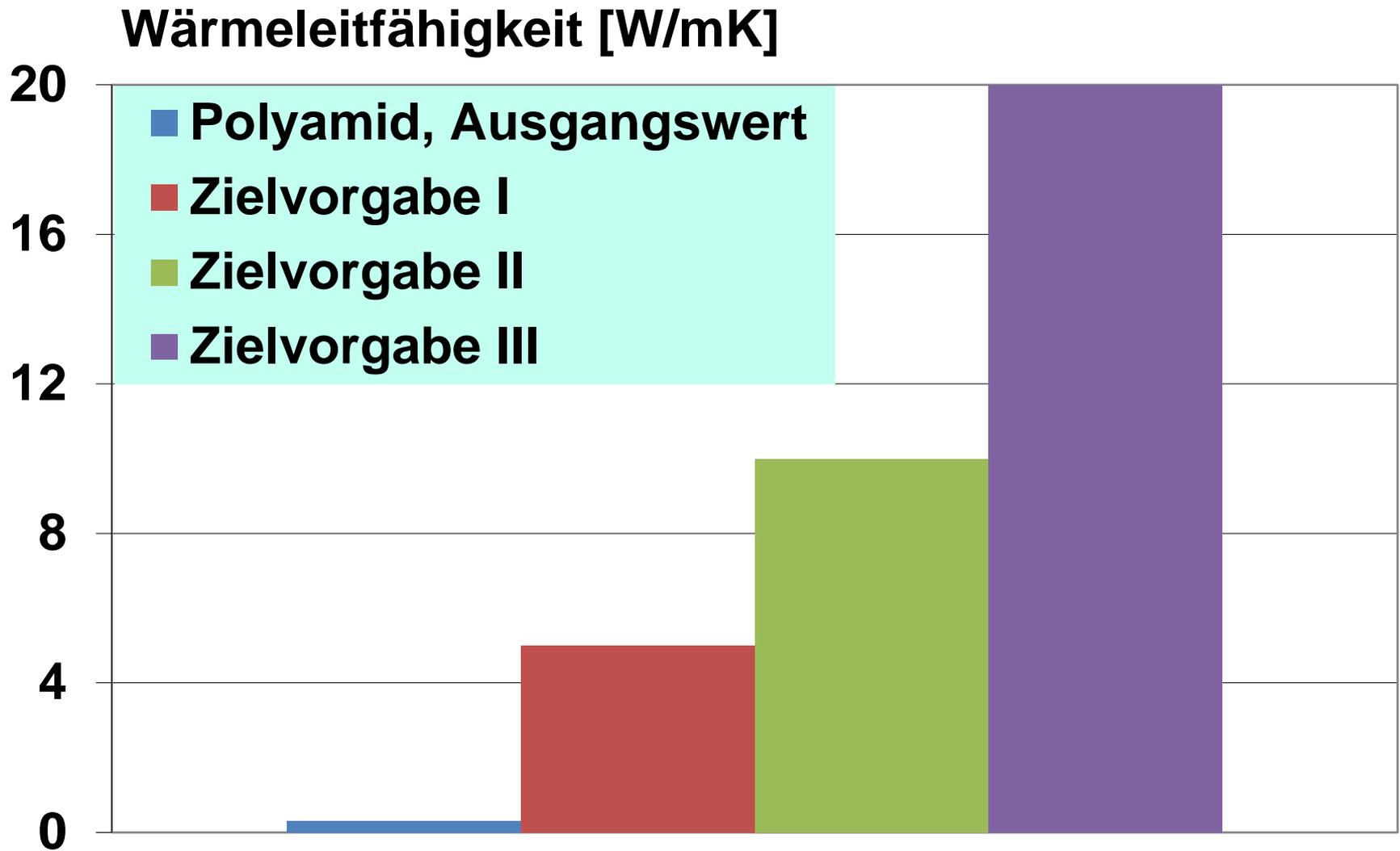
Wärmeleitfähigkeit Werkstoffe

Material	WLF [W/mK]	Material	WLF [W/mK]
Stahl	50	CNT	6000
Eisen	75	Diamant	bis 1000
Silber	430	Bornitrid	bis 400
Kupfer	380	Silizium-carbid	350
Gold	310	Aluminium-nitrid	200
Aluminium	220	Graphit	250-500
Messing	120	Aluminium-oxid	30

Wärmeleitfähigkeit Kunststoffe/Isoliermaterial

Material	WLF [W/mK]
Mineralwolle	0.032 – 0.05
PUR-Schaum	0.021 – 0.035
PS expandiert	0.03 – 0.04
PE-Schaum	0.03 – 0.04
PE	0.33 – 0.57
PP	0.23
PS	0.17
PC	0.2
Polyamide	0.25 – 0.35

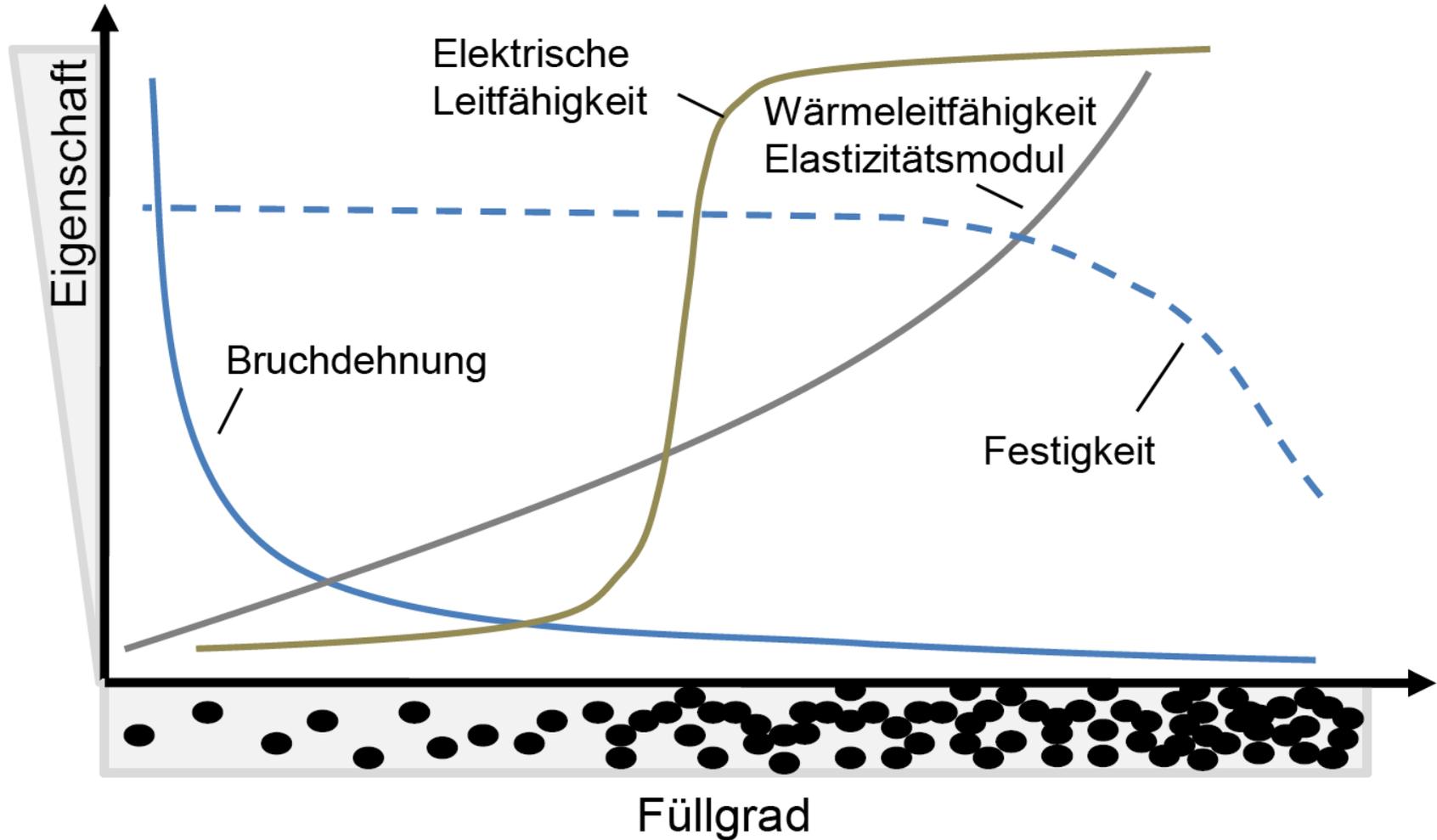
Anforderungen



Bekannte Additive

- **Nitride: Bornitrid, Aluminiumnitrid**
- **Carbide: Siliziumcarbide, Borcarbide**
- **Metallpulver: Kupfer, Aluminium, Bronze**
- **Kohlenstoff: Graphit, Carbon nanotubes**

Einfluss der Additiv-Zugabe

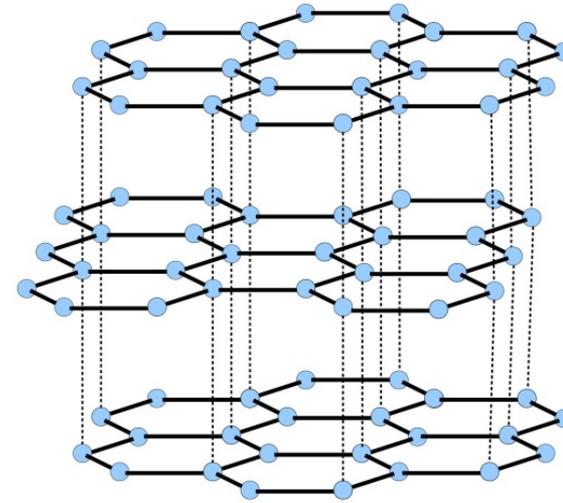
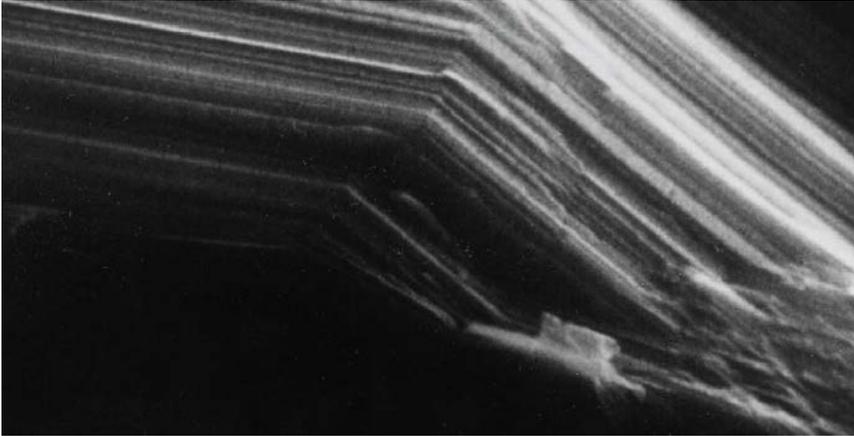


Bornitrid, hexagonal

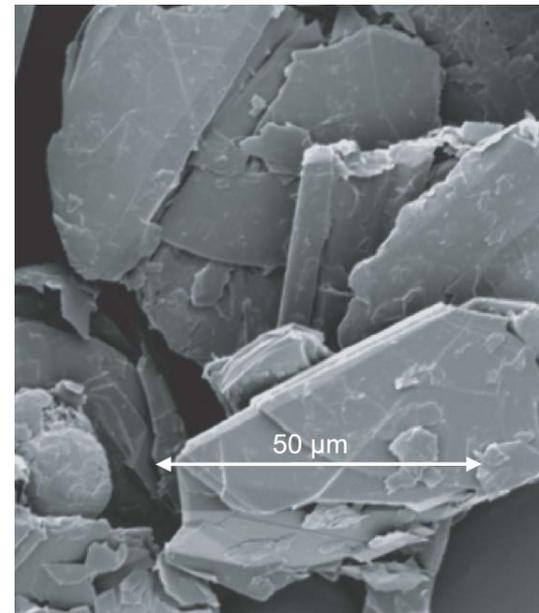
- Weiss
- Elektrisch isolierend
- “Weisser Graphit”
- Inert
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Gute Gleitreibung



Graphit



- **Schwarz**
- **Elektrisch leitfähig**
- **Thermisch leitfähig**
- **Gute Gleitreibung**



Eigenschaften Polyamid 6, WLF

■ Schwarz

Grilon PA6		FE7904	FE7946
Zug-E-Modul	MPa	12'500	9'500
Bruchspannung	MPa	90	60
Bruchdehnung	%	1.9	1.2
Schlag Charpy, 23°C	kJ/m²	20	25
Kerbschlag Charpy, 23°C	kJ/m²	3	7
Wärmeleitfähigkeit, senkrecht	W/mK	1.3	1.3
Wärmeleitfähigkeit, parallel	W/mK	6.9	3.7
Spezifischer Durchgangswiderstand	Ohm m	6.4E+01	3.5E+08
Spezifischer Oberflächenwiderstand	Ohm	2.7E+03	7.7E+10
Dichte	g/cm³	1.42	1.37

Eigenschaften Grilon TS, WLF

■ Schwarz

Grilon TS		FE 16000
Zug-E-Modul	MPa	11'600
Bruchspannung	MPa	45
Bruchdehnung	%	0.5
Schlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m²	6
Kerbschlag Charpy, 23°C	kJ/m²	2.8
Wärmeleitfähigkeit, senkrecht	W/mK	4
Wärmeleitfähigkeit, parallel	W/mK	30
Spezifischer Durchgangswiderstand	Ohm m	< 10⁶
Spezifischer Oberflächenwiderstand	Ohm	< 10⁶
Dichte	g/cm³	1.47

Eigenschaften Polyamid 12, WLF

■ Schwarz

Grilamid L		FE 7981	FE 10918
Zug-E-Modul	MPa	7'500	11'000
Bruchspannung	MPa	70	75
Bruchdehnung	%	4	1.3
Schlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m²	50	10
Kerbschlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m²	4	4
Wärmeleitfähigkeit, senkrecht	W/mK	1.1	3.4
Wärmeleitfähigkeit, parallel	W/mK	8.4	15
Spezifischer Durchgangswiderstand	Ohm m	8.7E+09	8.0E+04
Spezifischer Oberflächenwiderstand	Ohm	1.0E+11	7.0E+05
Dichte	g/cm³	1.29	1.35

Eigenschaften Polyamid 12, WLF

■ “Einfärbbar”

Grilamid L		FE7934	FE7935	FE7943
Zug-E-Modul	MPa	6'600	8'300	5'900
Bruchspannung	MPa	45	50	30
Bruchdehnung	%	2	1.5	0.7
Schlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m ²	20	15	7
Kerbschlag Charpy, 23°C	kJ/m ²	4	3	3
Wärmeleitfähigkeit, senkrecht	W/mK	1.4	1.6	3.8
Wärmeleitfähigkeit, parallel	W/mK	7.5	8.7	24
Spez. Durchgangswiderstand	Ohm m	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰
Spez. Oberflächenwiderstand	Ohm	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹
Dichte	g/cm ³	1.42	1.51	1.85

Eigenschaften HT-Polyamid, WLF

Grivory HT		FE10517	FE 10518
Zug-E-Modul	MPa	11'000	14'500
Bruchspannung	MPa	60	55
Bruchdehnung	%	0.7	0.5
Schlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m²	8	9
Kerbschlag Charpy, 23°C	kJ/m²	3.2	4.7
Wärmeleitfähigkeit, senkrecht	W/mK	2.6	1.7
Wärmeleitfähigkeit, parallel	W/mK	18	7.0
Spez. Durchgangswiderstand	Ohm m	<10⁶	10¹⁰
Spez. Oberflächenwiderstand	Ohm	<10⁶	10¹¹
Dichte	g/cm³	1.39	1.61
Farbe		Schwarz	Weiss

Anwendungen

- **Kühlung**
 - **Beleuchtungssysteme**
 - **Tragbare elektronische Geräte**
 - **Batterien**
- **Heizen im Automobilbereich**
 - **Düsen, Leitungen**
 - **Batterien**
- **Keramikersatz**

Ausblick

- **Weitere Polyamidsysteme in Entwicklung**
- **Materialien für Extrusionsanwendungen**
- **Simulation Bauteilauslegung für optimalen Wärmetransport**
- **Optimierung mechanische Eigenschaften**