

## Projektziel

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem abgeschlossenen Verbundprojekt „Wärmeleitfähige Kunststoffe 1“ werden innerhalb des Projektes umfangreiche Kenntnisse zum Thema der wärmeleitfähigen Materialien vermittelt. Im Vordergrund steht die Untersuchung von Materialsystemen im Hinblick auf bestehende Anforderungen. Innerhalb des Projekts soll anhand praktischer Versuchsreihen das Potenzial wärmeleitfähiger Kunststoffe und deren Modifizierungsmöglichkeiten herausgestellt werden. Ein weiteres Ziel ist die umfangreiche verarbeitungstechnische Untersuchung, um Grenzen und Potenziale der Materialien aufzuzeigen. Ebenfalls dient das Projekt als interdisziplinäre Plattform von Akteuren der gesamten Wertschöpfungskette, um zielgerichtet Lösungsansätze zu erarbeiten.

## Projektleistungen

- Zwei Projekttreffen pro Jahr für ein bis zwei Personen je Unternehmen
- Umfassende Schulung zu den Arbeitspaketen anlässlich der Projekttreffen
- Recherchen und ausgewählte Gemeinschaftsuntersuchungen zu den Projektinhalten
- Einbindung externer Experten
- Systematisierung der Ergebnisse in einer Ergebnisdatenbank
- Zugang zu dem geschützten Internetbereich

## Projektdaten

Projektname: Wärmeleitfähige Kunststoffe 2  
Projektstart: März 2017  
Projektlaufzeit: 2 Jahre  
Projektkosten: 6.950 €/Jahr\*

Die Rechnungsstellung erfolgt in Teilbeträgen jeweils zum Start des Projektes und nach einer Laufzeit von einem Jahr.

\*Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenscheid zahlen einen um zehn Prozent ermäßigten Projektbeitrag.

### Quereinstieg möglich

Auch nach Projektstart ist ein Quereinstieg jederzeit möglich.

## Information

Weitere Auskünfte zum Projektinhalt und -ablauf erhalten Sie über unsere Internetseite oder durch einen direkten Kontakt:

### Thies Falko Pithan, B.Eng.

+49 (0) 23 51.10 64-135  
pithan@kunststoff-institut.de

### Dipl.-Ing. Michael Tesch

+49 (0) 23 51.10 64-160  
tesch@kunststoff-institut.de

### Kunststoff-Institut

für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH  
(K.I.M.W.)

Karolinenstraße 8 | 58507 Lüdenscheid

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-191

Fax: +49 (0) 23 51.10 64-190

www.kunststoff-institut.de | mail@kunststoff-institut.de

Verbund-  
projekt



KUNSTSTOFF  
INSTITUT  
LÜDENSCHIED

Quelle: www.shutterstock.com/Yuganov\_Konstantin



## 2. Projekt

# Wärmeleitfähige Kunststoffe

Materialsysteme |  
Eigenschaftsoptimierung | Anwendung

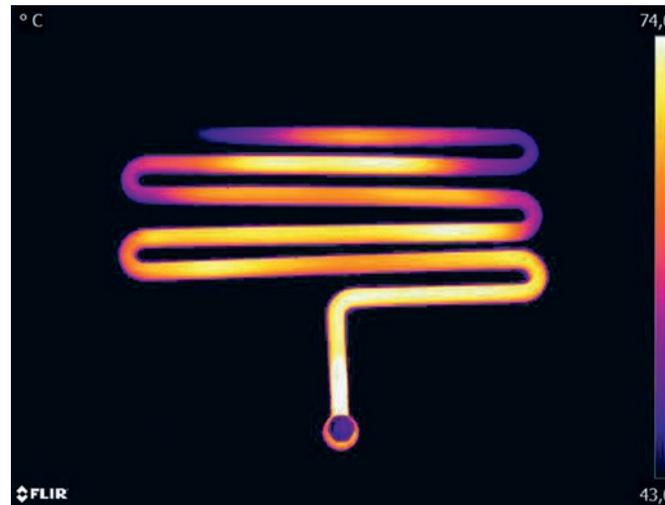
## Einleitung

Die Möglichkeit des Einsatzes wärmeleitfähiger Kunststoffe gewinnt im Zuge innovativer Produktentwicklungsprozesse mehr und mehr an Bedeutung. Für die Substitution von herkömmlichen Kühlkörpermaterialien durch wärmeleitfähige Kunststoffe sprechen vielfältige Gründe: wirtschaftliche Fertigung, Leichtbau, neue Baugruppenkonzepte, hohe Gestaltungsfreiheit, Funktionsintegration sowie die Möglichkeit der gezielten Kunststoffadditivierung. Durch die Funktionsintegration mehrerer Eigenschaften im Polymer können gleichzeitig wärmeleitende Materialien bei geforderter elektrischer Isolation konzipiert werden.

Wärmeleitfähige Kunststoffe können somit aufgrund des Leichtbaupotentials und der Gestaltungsfreiheit, kombiniert mit den gängigen Verarbeitungsverfahren, einen Mehrwert im Hinblick auf einen ressourceneffizienten Materialeinsatz darstellen. In vielen Fällen muss jedoch ein Umdenken in der Bauteilentwicklung stattfinden, da konventionelle Ansätze häufig nicht zum Ziel führen.

Aufbauend auf dem ersten Verbundprojekt zum Thema, in dem die Einflussfaktoren und die Stellgrößen zur Erzielung eines wärmeleitfähigen Materials gewichtet und bewertet wurden, soll der Fokus im Verbundprojekt „Wärmeleitfähige Kunststoffe 2“ auf die gezielte Eigenschaftsoptimierung hinsichtlich verschiedener Branchen gelegt werden. Hierzu zählen Anforderungen wie z.B. Schlagzähigkeit, Fließfähigkeit oder der Einfluss möglicher Materialmodifikationen. Nicht zuletzt ist die spritzgießtechnische Verarbeitung dieser Materialien ein wichtiger Faktor in der Entwicklungskette, die es zu beherrschen gilt, um Materialien für die Anwendung zu qualifizieren.

Der Einsatz wärmeleitfähiger Kunststoffe ist in technologischer, ökonomischer und ökologischer Hinsicht eine zukunftsweisende Strategie, um innovative Produkte auf dem Markt zu etablieren.



### Was ist ein Verbundprojekt?

In den Verbundprojekten entwickelt das Institut für die teilnehmenden Unternehmen ein innovatives Thema. Dieses ist praxisnah, mit hohem technologischem Know-how und wird ausschließlich über Teilnehmer-Beiträge finanziert.

### Vorteile eines Verbundprojektes

- Kostensharing = niedrige Projektbeiträge pro Teilnehmer
- Geringe Personaleinbindung der teilnehmenden Firmen
- Technologische Marktführerschaft
- Netzwerkbildung
- Interdisziplinärer Erfahrungsaustausch
- Mitarbeiterweiterbildung/-qualifizierung

Zeit- und kostenintensive Untersuchungen sowie die Projektabwicklung erfolgen ausschließlich durch das Institut. Die Personaleinbindung der Firmen beschränkt sich im Minimum auf die Teilnahme an den Projekttreffen (i. d. R. zwei- bis dreimal im Jahr).

### Geheimhaltung

Sämtliche Projektergebnisse unterliegen während der Projektlaufzeit der Geheimhaltung. Ergebnisse von firmenspezifischen Untersuchungen werden vertraulich behandelt.

## Projektschwerpunkte

Das Projektvorhaben betrachtet die Einflussfaktoren gezielter Materialmodifikationen wärmeleitfähiger Materialien im Hinblick auf verschiedene Anforderungen. Als Basis für die Materialmodifizierung dienen die im ersten Verbundprojekt betrachteten Materialsysteme. Aufbauend auf dem vorangegangenen Projekt sollen Einflüsse von Materialmodifizierungen auf die Wärmeleitfähigkeit, die mechanischen Eigenschaften sowie die verarbeitungstechnische Umsetzung bewertet werden.

Nachfolgend sind die Arbeitspakete und Fragestellungen wie folgt aufgezeigt:

- Durchführung einer Marktstudie
- Erstellen von Anforderungsprofilen der Projektteilnehmer
- Ermittlung des Leistungspotenzials ausgewählter, am Markt verfügbarer wärmeleitfähiger Materialien hinsichtlich verschiedener Anwendungsbranchen
- Untersuchung des Verarbeitungsverhaltens/des thermischen Verhaltens an einem Demonstrator
- Eigenschaftsoptimierung/Compoundierung von Materialsystemen und Bewertung der Einflüsse hinsichtlich anwendungstechnisch relevanter Eigenschaften (z.B. Schlagzähigkeit, Fließfähigkeit, etc.)
- Anwendungsprüfung hinsichtlich des thermischen Verhaltens modifizierter Materialien
- Einfluss von Fließhilfsmitteln auf die Viskosität (Fließspiraluntersuchung)
- Untersuchung der Bindenahtfestigkeit wärmeleitfähiger Kunststoffe
- Möglichkeiten der anisotropen Materialsimulation/Stand der Technik
- Implementierung der Ergebnisse innerhalb einer bestehenden Materialmatrix



## Verbundprojekt Wärmeleitfähige Kunststoffe 2

Materialsysteme | Eigenschaftsoptimierung | Anwendung

### Motivation – Wärmeleitfähige Kunststoffe



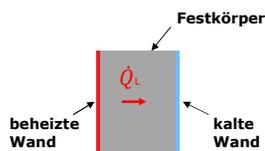
## Beweggründe

- ▶ Kenntnisse über die Modifizierungsmöglichkeiten von wärmeleitfähigen Kunststoffen für die Anwendung liegen nur bedingt vor
- ▶ Hohe Füllstoffkonzentrationen führen zu Zielkonflikten hinsichtlich mechanischer und rheologischer Eigenschaften
- ▶ Am Markt verfügbare wärmeleitfähige Compounds sind häufig nicht hinreichend bewertet
- ▶ Konventionelle Gedankenansätze in der Bauteilkonzeptphase führen häufig nicht zum Ziel (trial and error) oder binden Ressourcen
- ▶ Der Einsatz von wärmeleitfähigen Füllstoffen beeinflusst die Verarbeitung

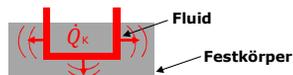
## Grundlagen und Begrifflichkeiten

Man unterscheidet grundlegend 3 Wärmeübertragungsmechanismen

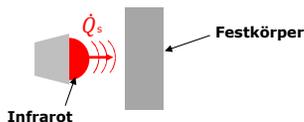
- Wärmeleitung



- Konvektion



- Strahlung



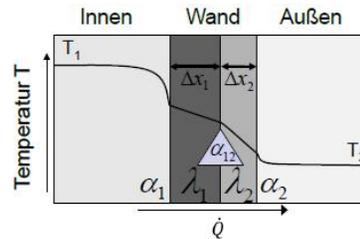
## Grundlagen und Begrifflichkeiten

### Wärmeleitung

=  
Energietransport infolge atomarer molekularer Wechselwirkung in  
Richtung fallender Temperatur

Der Wärmedurchgang wird gesteigert durch:

- ▶ Erhöhung der Temperaturdifferenz
- ▶ Vergrößerung der Oberfläche A
- ▶ Reduzierung der Wanddicke
- ▶ Verbesserung des konvektiven Wärmeübergangs

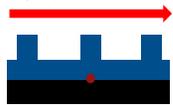


- ▶ Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$

Quelle: Heine, C.: Simulationsgestützte Entwicklung von Bauteilen aus wärmeleitenden Kunststoffen, Dissertation, Lehrstuhl für Kunststofftechnik, Universität Nürnberg-Erlangen, Erlangen, 2012;  
© Kunststoff-Institut Lüdenschied

## Grundlagen und Begrifflichkeiten

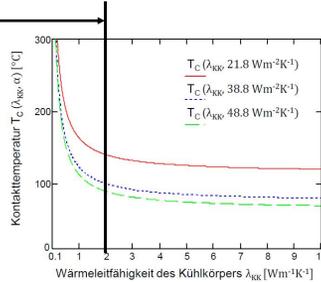
Erzwungene Konvektion  
geringer Luftstrom  
 $21,8 \text{ W/m}^2\text{K}$



Erzwungene Konvektion  
starker Luftstrom  
 $48,8 \text{ W/m}^2\text{K}$



„Schwellwert“  
Wärmeübertragung über  
Wärmeleitfähigkeit



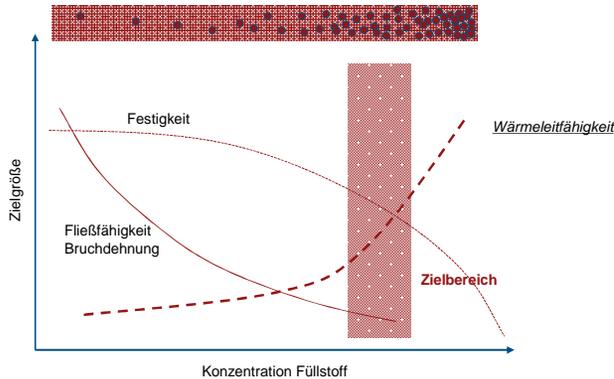
Verlauf der Kontakttemperatur  $T_c(\lambda_{KK}, \alpha_w)$  in Abhängigkeit von der Kühlkörperwärmeleitfähigkeit  $\lambda_{KK}$  und vom Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_w$

- ▶ Entwärmungsverhalten ist stark abhängig vom Wärmeübergangskoeffizienten (Konvektionsbedingungen)
- ▶ Ab einem Wärmeleitfähigkeitsniveau des Kühlkörpers (1-2 W/mK) ist die treibende Kraft für die Temperaturreduktion der konvektive Luftstrom

Quelle: Heine, C.: Simulationsgestützte Entwicklung von Bauteilen aus wärmeleitenden Kunststoffen, Dissertation, Lehrstuhl für Kunststofftechnik, Universität Nürnberg-Erlangen, Erlangen, 2012;  
© Kunststoff-Institut Lüdenschied

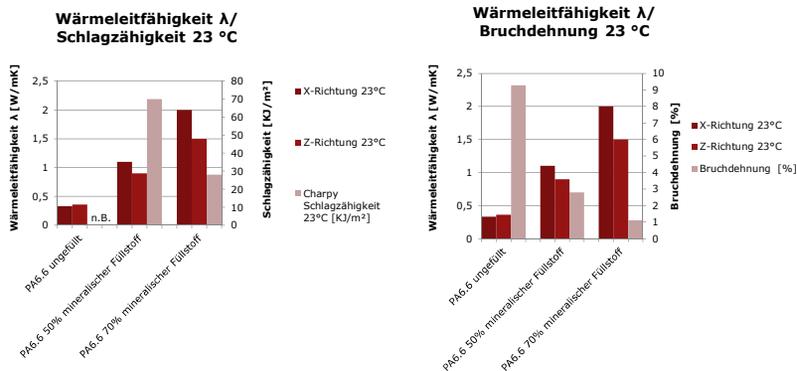
## Grundlagen und Begrifflichkeiten

- ▶ Steigender Füllgrad
  - + Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit
  - - Reduzierung der mechanischen Eigenschaften
  - - Einfluss auf die Verarbeitung (+)



## Optimierungspotential - mechanische Eigenschaften

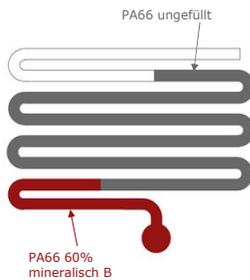
- ▶ Der Füllgrad beeinflusst die Wärmeleitfähigkeit von elektrisch isolierenden Compounds maßgeblich
  - Höhere Füllung → höhere Wärmeleitfähigkeit
- ▶ Die Schlagzähigkeit und Bruchdehnung nimmt durch Zugabe des Füllstoffs deutlich ab



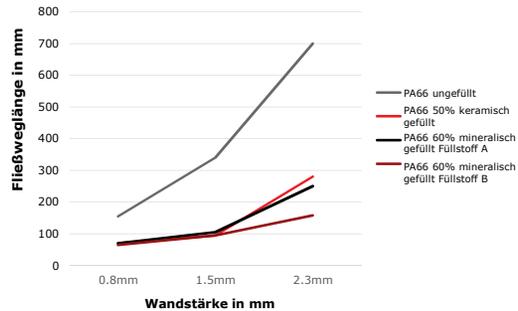
## Optimierungspotential - Verarbeitung

- ▶ Der Füllgrad sowie die Wärmeleitfähigkeit beeinflusst die Rheologie maßgeblich
- ▶ Die Fließfähigkeit des Kunststoffs nimmt durch die Einbringung des wärmeleitfähigen Füllstoffs deutlich ab

### Ergebnisse Wandstärke 2,3mm



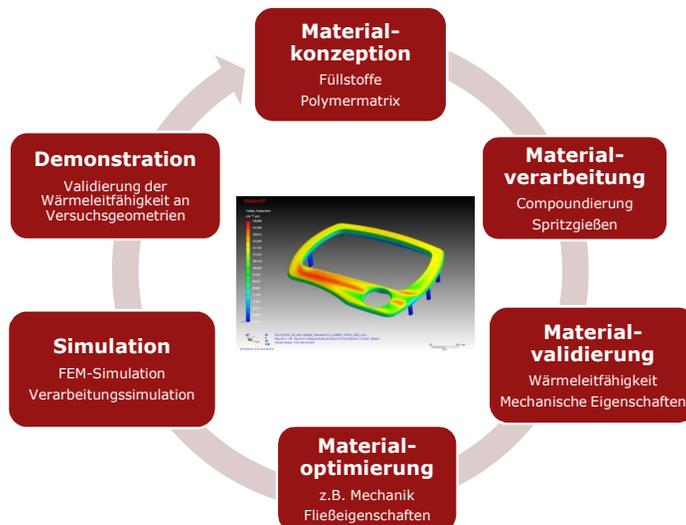
### Fließverhalten wärmeleitfähiger Kunststoffe



Quelle: Verbundprojekt Wärmeleitfähige Kunststoffe, Kunststoff-Institut Lüdenschied (KIMW GmbH), Lüdenschied 2016

© Kunststoff-Institut Lüdenschied

## Vorgehensweise in der Materialkonzeption



© Kunststoff-Institut Lüdenschied

## Wärmeleitfähige Kunststoffe 2

### Offene Fragen

- ▶ Können Bauteilanforderungen mit bestehenden Materialsystemen erfüllt werden?
- ▶ Können durch Materialmodifikationen Eigenschaftsverbesserungen erzielt werden?
- ▶ Wir wirken sich diese Modifikationen auf die Wärmeleitfähigkeit aus?
- ▶ Welche Vor- und Nachteile ergeben sich in der Verarbeitung wärmeleitfähiger Materialien?
- ▶ Welche Bindenahtfestigkeiten sind erzielbar?
- ▶ Wie entwickelt sich der Markt im Bereich der wärmeleitfähigen Kunststoffen?
- ▶ Was ist bei dem Einsatz von Simulationsprogrammen zu berücksichtigen und welche Eigenschaftskennwerte können herangezogen werden?

### Projektziele

- ▶ Untersuchung von Materialsystemen im Hinblick auf bestehende Anforderungen der Projektteilnehmer
- ▶ Herausstellen der Potentiale wärmeleitfähiger Kunststoffe und deren Modifizierungsmöglichkeiten anhand praktischer Versuchsreihen
- ▶ Vermittlung umfangreicher Kenntnisse zum Thema der wärmeleitfähigen Kunststoffen
- ▶ Interdisziplinäre Plattform von Akteuren der gesamten Wertschöpfungskette, um zielgerichtet Lösungsansätze zu erarbeiten



## Projektschwerpunkte



- ▶ Durchführung einer Marktstudie
- ▶ Erstellen von Anforderungsprofilen der Projektteilnehmer
- ▶ Ermittlung des Leistungspotentials ausgewählter, am Markt verfügbarer wärmeleitfähiger Materialien hinsichtlich verschiedener Anwendungsbranchen
- ▶ Untersuchung des Verarbeitungsverhaltens/ des thermischen Verhaltens an einem Demonstrators
- ▶ Eigenschaftsoptimierung/ Compoundierung von Materialsysteme und Bewertung der Einflüsse hinsichtlich anwendungstechnisch relevanter Eigenschaften (z.B. Schlagzähigkeit, Fließfähigkeit, etc.)
  - Einfluss von Fließhilfsmitteln auf die Viskosität (Fließspiraluntersuchung)
  - Untersuchung der Bindehaftfestigkeit wärmeleitfähiger Kunststoffe
  - Anwendungsprüfung hinsichtlich des thermischen Verhaltens modifizierter Materialien
- ▶ Möglichkeiten der anisotropen Materialsimulation/ Stand der Technik

© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

## Projektleistungen



- ▶ Zwei Projekttreffen pro Jahr für ein bis zwei Personen je Unternehmen
- ▶ Recherchen und ausgewählte Gemeinschaftsuntersuchungen zu den Projektinhalten
- ▶ Systematisierung der Ergebnisse in einer Ergebnisdatenbank
  - Implementierung der Ergebnisse innerhalb einer bestehenden Materialmatrix
- ▶ Umfassende Schulung zu den Arbeitspaketen anlässlich der Projekttreffen
- ▶ Halbtägige Schulung der Projektinhalte des vorangegangenen Projektes zzgl. Reisekosten
- ▶ Zugang zu dem geschützten Internetbereich
- ▶ Einbindung externer Experten

© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

## Projektleistungen - Untersuchungsmöglichkeiten



### Compoundiertechnologie

- ZSK 26, Fa. Coperion
- Herstellen von Versuchscompounds



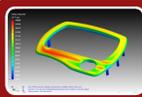
### Spritzgießtechnologie

- Abmusterung von Probekörpern
- Abmusterung von Demonstratoren



### Materialprüfungen

- Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mittels LFA-Methode
- Bestimmung von Werkstoffeigenschaften
- mechanische, rheologische, thermische Prüfungen
- Analytische Methoden (Mikroskopie, REM, TGA, Faserlängenverteilung, ...)



### Simulationsbetrachtung

- Durchführung von Berechnungen im Verbund

© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

## Projektteam - Wärmeleitfähige Kunststoffe 2



**Thies Falko Pithan, B.Eng**  
Werkstofftechnik/ Neue Materialien  
Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-135  
E-Mail: pithan@kunststoff-institut.de



**Dipl.-Ing. Michael Tesch**  
Bereichsleiter  
Werkstofftechnik/ Neue Materialien  
Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-160  
E-Mail: tesch@kunststoff-institut.de



**Stefan Euler**  
Projektorganisation  
Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-192  
E-Mail: euler@kunststoff-institut.de

© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

## Verbundprojekt Wärmeleitfähige Kunststoffe 2



### Projektdaten

- ▶ Projektstart: März 2017
- ▶ Projektlaufzeit: 2 Jahre
- ▶ Projektkosten: 6.950 €/Jahr\*

- ▶ Mitgeltende Unterlagen
  - Allg. Geschäftsbedingungen
  - Projektflyer

\* Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenscheld zahlen einen um zehn Prozent ermäßigten Projektbeitrag



## Projektteilnehmer 02.2015 – 01.2017\*



### Rohstoff/Matrixmaterial

- Covestro

### Füllstoffe/ Additive

- Quarzwerke GmbH
- Huntsman Pigments
- Martinswerk GmbH
- 3M Technical Ceramics
- H.C. Starck GmbH

### Compoundierung

- SITRAPLAS GmbH
- Kunststoff-Institut Lüdenscheld
- Simcon GmbH

### Simulation

- Kunststoff-Institut Lüdenscheld

### Prüftechnik

### Anwendung

- Bopla Gehäuse Systeme GmbH
- IMS Gear GmbH
- Kendrion Academy GmbH
- Günther Spelsberg GmbH + Co. KG
- MD Elektronik GmbH
- Willy Kreutz GmbH & Co. KG
- ITZ GmbH
- Gustav Hensel GmbH & Co. KG
- Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG
- MANN + HUMMEL GmbH
- Seidel GmbH & Co. KG
- SONCEBOZ SA
- Siemens AG
- Pierburg GmbH

\*Teilnehmer des vorangegangenen Verbundprojekts **Wärmeleitfähige Kunststoffe 1** mit dem Schwerpunkt der Bewertung und Gewichtung der Einflussfaktoren im Hinblick des Einsatzes wärmeleitfähiger Kunststoffe



**K** KUNSTSTOFF  
I N S T I T U T  
L Ü D E N S C H E I D

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.**

Thies Falko Pithan, B.Eng. | Tel.: +49 (0) 2351 -10 64 135 | pithan@kunststoff-institut.de

Kunststoff-Institut Lüdenscheid  
Herr Stefan Euler  
Karolinenstr. 8  
58507 Lüdenscheid

per Fax: +49 (0) 23 51.10 64-190  
per E-Mail: [mail@kunststoff-institut.de](mailto:mail@kunststoff-institut.de)

Anmeldung zum Projekt:

**Wärmeleitfähige Kunststoffe 2**

Hiermit bestätigen wir verbindlich unsere Teilnahme an dem Projekt.

Projektleiter:.....Thies Falko Pithan, B.Eng.  
Dipl.-Ing. Michael Tesch  
Projektkosten:.....6.950 €/Jahr  
Laufzeit:.....2 Jahre  
Projektstart:.....März 2017  
Mitgeltende Unterlagen:.....AGB und Projektflyer

Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenscheid zahlen einen um zehn Prozent ermäßigten Projektbeitrag.

- Unsere Einkaufsbestell-Nr. lautet: \_\_\_\_\_
- Wir reichen unsere Einkaufsbestell-Nr. nach \_\_\_\_\_
- Die Rechnungserstellung erfolgt ohne Einkaufsbestell-Nr.

**Die Einkaufsbestell-Nr. muss spätestens nach Ablauf von zwei Wochen nachgereicht werden!**  
**Sollte nach Ablauf der Frist noch keine Bestell-Nr. vorliegen, erfolgt die Rechnungsstellung ohne diese Angabe.**

|                                 |  |   |
|---------------------------------|--|---|
|                                 |  | <input type="checkbox"/> Abweichende Rechnungsadresse |
| Firma*                          |  |   |
| Straße*                         |  |   |
| PLZ/Ort*                        |  |   |
| Telefon                         |  |   |
| Telefax                         |  |   |
| Folgende Personen nehmen teil*: |  | Durchwahl/E-Mail*:                                    |
| 1.                              |  |   |
| 2.                              |  |   |
|                                 |  |   |
| Datum                           |  | rechtsverbindliche Unterschrift/Stempel               |

**\*erforderliche Angaben**