

## Projektziel

Stoffschlüssiges Fügen von Glas und einer Kunststoff-Komponente durch den Spritzgießprozess.

Hierzu: Ermittlung passender LSR Typen zum Aufbau eines „Sandwiches“ bestehend aus Glasfront und Kunststoff, dazwischen LSR. Das LSR soll hierbei nicht nur die mechanische Verbindung schaffen sondern auch die optische Kopplung ermöglichen.

## Projektleistungen

- Zugriff auf die Projektzusammenfassungen aus den Vorgängerprojekten
- Bearbeitung der Arbeitspakete 1- 4
  - Verbund Glas-LSR
  - Verbund LSR-Kunststoff
  - Spritzgießtechnisch hergestelltes 2D-Sandwich
  - Spritzgießtechnisch hergestelltes 3D-Sandwich
- Überarbeitung benötigter Spritzgießwerkzeuge
- Prüfung und Bewertung der mechanischen Festigkeit
  - Einbindung von Bauteilstressungen (Klimawechseltest, Kondenswasser o. ä.)
- 2-3 Projektreffen pro Jahr für bis zu zwei Personen je Unternehmen
- Fachvorträge externer Referenten
- Dokumentation
- Auf Wunsch: bilaterale Untersuchungen zum Thema Kunststoff-Glas zu einem vergünstigten Stundensatz

## Projektdaten

Projektname: KuGlas 4  
Projektstart: November 2017  
Projektlaufzeit: 2 Jahre  
Projektkosten: 8.500 €/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:

### Andreas Wortmann, B.Eng.

+49 (0) 23 51.10 64-181  
wortmann@kunststoff-institut.de

### Dipl.-Ing. Guido Kramer

+49 (0) 23 51.10 64-103  
kramer@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



Spiegelung in „piano-black“



4. Projekt

**KuGlas**

**Verzugsfreies, flächiges Hinterspritzen von Glas**

## Einleitung

In drei vorangegangenen Verbundprojekten wurde bereits das Fügen von Glas und Kunststoff im Spritzgießprozess erfolgreich am Kunststoff-Institut Lüdenscheid untersucht.

Da Kunststoff und Glas sich in der Regel nicht per se miteinander verbinden, bedarf es einer gezielten Vorbehandlung der Gläser. Solche Vorbehandlungen können beispielsweise Primer- oder auch Abscheideverfahren sein. Neben der Realisierung einer Verbundhaftung ist eine weitere häufige Anforderung die optische Unauffälligkeit, beziehungsweise Transparenz der haftvermittelnden Schicht.

Erzielt man einen guten Verbund, ergeben sich durch die teils sehr unterschiedlichen spezifischen Materialeigenschaften neue Herausforderungen. Allen voran sei hier die Wärmeausdehnung genannt. Verzug bis hin zum Glasbruch kann die Folge sein (links):



In der letzten Projektdurchführung wurden daher auch LSR (Liquid Silicone Rubber) betrachtet. Diese erlauben ein nahezu verzugsfreies, vollflächiges Hinterspritzen von Flachglas, beziehungsweise von 3D verformten Gläsern. (rechtes Bild: verzerrungsfreie Reflektion in hinterspritztem Flachglas)

## Projektschwerpunkte

Aufbauend auf den Projektergebnissen aus KuGlas 3 sollen LSR-Typen ermittelt werden, welche nicht nur zu blankem, sondern auch zu rückseitig bedrucktem Glas sowie thermoplastischen Werkstoffen Haftung aufweisen. Eine rückseitige Bedruckung kann beispielsweise dann zum Tragen kommen, wenn Symbole oder Dekoration hinter Glas dargestellt werden sollen. Optik und

Haptik der Glasfront bleiben so erhalten.

Die Kunststoffkomponente kann ein spritzgegossener Grundkörper oder eine Folie sein. Aufgaben solcher Komponenten in einem späteren Realbauteil sind zum Beispiel mechanische Funktionselemente wie Schnapphaken, Schraubdome etc. auszubilden oder auch, wie beim Einsatz von Folien, elektrische Funktionen wie zum Beispiel Leiterbahnen oder gedruckte Sensorik bereitzustellen.

Die jeweiligen Materialkombinationen werden separat an einfachen Geometrien untersucht. LSR-Typen, die sowohl zum Glas als auch zum Kunststoff funktionieren, sollen final in einem „Sandwich“-Bauteil, bestehend aus Glas, LSR und Kunststoff eingesetzt werden. Glas und Kunststoff sind hierbei Einlegeteile und werden durch das LSR gefügt.

Hieraus ergeben sich die folgenden Arbeitspakete:

### 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.

### Arbeitspaket 1: Verbund Glas-LSR

- Druckverfahren für Glas
- Analyse einer Eignung der Bedruckung für die weiteren Verfahrensschritte
- Einfluss einer rückseitigen Lackierung/Bedruckung auf den Verbund. Vorbehandlungsverfahren für die Farbschicht
- Vergleichsprüfungen der mechanischen Festigkeit vor und nach Bauteilstressungen

### Arbeitspaket 2: Verbund LSR-Kunststoff Folien

- Versuche mit üblichen, technischen Folienwerkstoffen
- Untersuchung des Einflusses von aufgetragenen Leiterbahnen und dekorativer Drucke auf die Haftung

### Hartkunststoffe

- Versuche mit üblichen/tauglichen Materialien

### Beide

- Einbindung von Vorbehandlungsverfahren, falls das LSR nicht direkt haftet
- Prüfung hinsichtlich mechanischer Festigkeit vor und nach Bauteilstressung

### Arbeitspaket 3: 2D-Sandwich

Ergebniszusammenführung aus den separaten Betrachtungen in AP1 und AP2

- Flachglas wird zusammen mit einer Hartkunststoffplatte oder einer Folie in das Spritzgießwerkzeug eingelegt. Das LSR wird zwischen beide gespritzt
- Das LSR ist nun beidseitig zwischen zwei festeren Materialien gebunden: Bewertung, ob Wechselwirkungen zwischen Kunststoff und Glas auftreten

### Arbeitspaket 4: 3D-Sandwich

Ausgewählte Varianten, die beim 2D-Demonstrator als gut bewertet wurden, sollen final auf eine 3D-Glas-Geometrie übertragen werden

- Umgeformtes Glas
- Tiefgezogener Kunststoffträger soll der Glasform folgen




**KuGlas 4**

Verzugsfreies, flächiges Hinterspritzen von Glas



**Bisherige Untersuchungen am Kunststoff-Institut**

- ▶ Rückseitiger Verguss
- ▶ Formschlüssiges Umspritzen kleiner und mittelgroßer Flachgläser mit Thermoplasten
- ▶ Hinterspritzen von Flachgläsern: Wie kann eine stoffschlüssige Verbindung erzielt werden?
  - Haftungsmodifizierte Werkstoffe
    - Thermoplaste, Duroplaste, LSRs
  - Vorbehandlungsmethoden
    - Haftvermittler (Folien, Lacke, Dispersionen, ...)
    - Physikalisch (Plasma, Corona u. ä., oder mechanisch anrauen/sandstrahlen, etc.)
    - Chemisch (Primer, Abscheideverfahren, etc.)
- ▶ Übertragung der Ergebnisse auf 3D-verformte Gläser

© Kunststoff-Institut Lüdenschied | 2

## Demonstrator KuGlas 2 auf der Fakuma 2014



- ▶ Tiefgezogenes Glas mit Freiformflächen
- ▶ Rückseitige Kunststoffanbindung (Direkthaftung) + kapazitiver Sensorik
  - Manueller, mehrstufiger offener Verguss
- ▶ Demonstrator weist einen Slider und zwei Buttons auf
  - Kooperationspartner
    - Kostal GmbH & Co. KG
    - Momentive Performance Materials GmbH
    - Flabeg Deutschland GmbH



© Kunststoff-Institut Lüdenschied

13

## Formschlüssiges Umspritzen



- ▶ Formschlüssiges Umspritzen ist möglich
  - Verzugsreduzierung, bspw. durch TSG, ansonsten Glasbruch möglich



© Kunststoff-Institut Lüdenschied

14

## Hinterspritzen Einsatz von Haftvermittlern



Probekörper ca. visitenkartengroß:  
Glas-Haftvermittler-Kunststoff



Probekörper ca. DIN A5. Kunststoff geschäumt

Oben: Glasdicke 2 mm

Unten: Glasdicke 0,5 mm - deutlicher Verzug

## Problemstellungen



### Haftung Kunststoff-Glas

- ▶ Keine Haftung
- ▶ Gute Haftung
  - Bauteil verzieht sich bis hin zum Glasbruch
  - Thermo- und Duroplaste sind zu steif um Spannungen im Material aufzunehmen

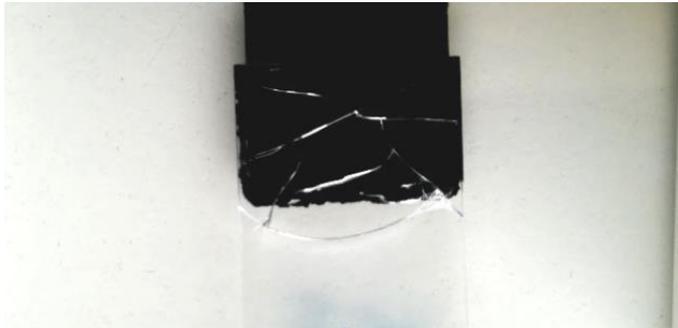


„Muschelbruch“ beim Abkühlen an  
hinterspritzter Glasplatte (ca. DIN A5)

### Maße der Glaseinleger

- ▶ Glas weist herstellungsbedingt verhältnismäßig hohe Toleranzen auf
  - 3D umgeformte Gläser unterliegen zusätzlichen Schwankungen
- ▶ Abfangen der Toleranzen im Werkzeug möglich?
  - Bruchdehnung von Glas 0,04% → elastisches Biegen der Gläser kaum/nicht möglich

### Glasbruch beim Abkühlen nach ca. 5 min



Hinterspritztes Glas, Breite ca. 25 mm

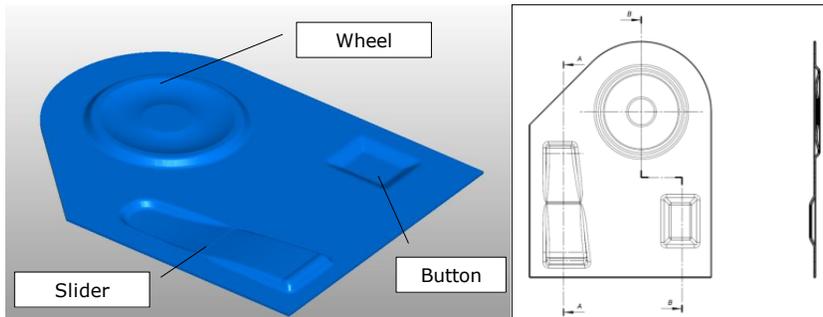
- ▶ Verzug hier vorrangig aufgrund von Wärmeausdehnungseigenschaften
  - Duroplaste u. a. mit geringer Schwindung verfügbar
    - Die Wärmeausdehnung bleibt allerdings bestehen. Auch Materialien mit sehr hohem Glasfaseranteil ( $>>70\%$ ) zeigen mitunter deutlichen Verzug

### Lösungsansatz in KuGlas 3: LSR-Spritzguss Liquid Silicon Rubber



- ▶ LSRs lassen sich im Spritzgießprozess verarbeiten
  - Manche Typen auch gießfähig
- ▶ Reaktive Komponenten A+B
  - Additions-Vernetzung unter Temperatur
- ▶ Mitunter Direkthaftung zu verschiedenen Oberflächen
- ▶ Geringe Steifigkeit und Härte verfügbar (Shore A ca. 1-90)
- ▶ Hohe Dehnung (bis 400%) & Ausdehnungskoeffizient ( $3 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$ )
- ▶ Gute Temperaturbeständigkeit (180°C-300°C)
- ▶ Kälteflexibilität, teils bis -50°C
- ▶ Gute Chemikalienbeständigkeit (wässrige Säuren, Laugen & Salze)
- ▶ Gute Alterungs- und UV-Beständigkeit
- ▶ Hochtransparente Typen verfügbar
- ▶ Vielfältig einfärbbar

## Demonstrator „3D verformtes Flachglas“



- ▶ Das umgeformte Glas wird im Spritzgießverfahren mit direkthaftenden Kunststoff hinterspritzt
  - Es tritt also kein Form- oder Kraftschluss auf

## Flächig hinterspritzte, 3D geformte Gläser



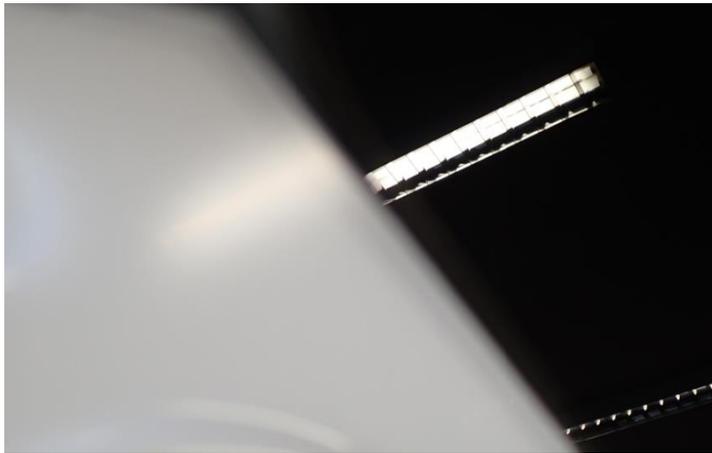
„Crystal Clear“<sup>1</sup>

matt-weiß<sup>2</sup>

„Piano-Black“

<sup>1</sup> Mattigkeit ist werkzeugbedingt: das Werkzeug ist nicht hochglanzpoliert.  
<sup>2</sup> durch Glas-Satinierung

## Reflexionen in hinterspritzten Gläsern



Reflektion einer Deckenlampe in  
matt-weiß<sup>2</sup> und „Piano-Black“

## Piano-Black-Hinterspritzung mit LSR



Phänomenta-Turm,  
links: gespiegelt



Verzerrungsfreie Spiegelung  
im hinterspritzten Demonstrator

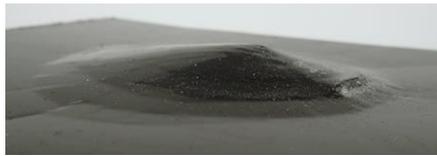
## Kugelfalltest Keine Delamination von Glas und LSR



► In Anlehnung an VW PV3905

- Kugel: 500g
- Fallhöhe: 1m

Einschlagstelle auf der Glasfront:  
Glas verbleibt am LSR!



Ausbeulung an der Rückseite (LSR)



**KUGLAS 4**

## Arbeitspakete KuGlas 4



Ziel: Ermittlung passender LSR Typen zum Aufbau eines Demonstrators bestehend aus Glasfront, LSR und Kunststoff-Komponente

- ▶ AP1: Haftung der LSR zu rückseitig bedrucktem Glas
  - „i. O.“ bewertete LSR-Typen werden in das nächste AP eingebunden
- ▶ AP2: Haftung LSR zu einem Hartkunststoff
  - Folientypen
  - Spritzgießmaterialien
  - „i. O.“ bewertete LSR-Typen werden in das nächste AP eingebunden
- ▶ AP3: Übertrag der Ergebnisse aus AP1 und AP2 auf einen spritzgießtechnisch hergestellten Demonstrator
  - 2D-Glas, Folie / Kunststoff-Platte werden gemeinsam in ein Werkzeug eingelegt und durch das LSR gebunden
- ▶ AP4: Spritzgießtechnisch hergestellter Demonstrator
  - 3D-Glas und tiefgezogene Folie werden gemeinsam in ein Werkzeug eingelegt und durch das LSR gebunden

## Ablauf KuGlas 4



- ▶ Die Verbundhaftung des LSRs zu den weiteren Komponenten wird separat an 2D-Geometrien untersucht
  - Zugscher- und/oder Schälprobekörper: Benchmark der mechanischen Festigkeit
    - Einbindung von Bauteilstressungen wie bspw. Klimawechsel-, Klimakonstantlagerung, o. ä.
- ▶ Eine Auswahl der als tauglich bewerteten Materialkombinationen soll bei einem Demonstrator-„Sandwich“ eingesetzt werden
  - Aufbau zuerst mit 2D-Komponenten
    - Flachglas-LSR-Kunststoff-Platte/Folie
    - Bewertung von Wechselwirkungen zwischen Kunststoff-Komponente und Glas
- ▶ Final: Aufbau eines „3D-Demonstrators“ Verwendung geformter Flachgläser
  - 3D-verformtes Glas
  - Folie soll der Glastopologie folgen

## Versuchsumfang



	Oberflächen (Glas/Kunststoff)	LSR	Kombinationen inkl. Vorbehandlungen
<b>AP1: Glas-LSR</b>	5	4	20
<b>AP2: LSR-Kunststoff</b>	11	3	>50
<b>AP3: 2D-Sandwich</b>	2+2	2	8
<b>AP4: 3D Sandwich</b>	1+1	2	4

→ In Summe werden ca. 1000 Muster im Spritzgießprozess hergestellt

## AP1: Glas-LSR



- ▶ Haftung LSR zu blankem Glas ist geklärt
- ▶ Wie beeinflusst eine rückseitige Lackierung/Bedruckung den Verbund?
  - Symbole, Individualisierung, Dekoration, ...
  - Welche Druckverfahren gibt es?
    - Eingebrennte Farben, Digitaldruck, ...
  - Ist die Bedruckung für die weiteren Verfahrensschritte geeignet?
- ▶ Vergleichsprüfungen der mechanischen Festigkeit vor und nach Bauteilstressungen



Tiefeneffekt durch hinterdrucktes Glas (Fa. Pröll)

## AP2: Hartkunststoffe Folien und Spritzgießmassen



- ▶ Welche Werkstoffe sind üblich / tauglich?
  - Folien
    - Einfluss von aufgetragenen Leiterbahnen auf die Haftung
    - Einfluss von dekorativen Drucken auf Folien?
    - Thermoformverfahren anwendbar?
    - ...
  - Spritzgießmaterialien
    - Einsatztemperaturen, Erweichungspunkt
    - ...
- ▶ Beide
  - Bedarf es einer Vorbehandlung, damit LSR anbindet?  
Wenn ja, welcher?
  - Vergleichsprüfungen der mechanischen Festigkeit vor und nach Bauteilstressungen

## AP3: 2D-Demonstrator



- ▶ Die Ergebnisse aus den separaten Betrachtungen aus AP1 und A2 werden zusammengeführt
  - Varianten die sowohl zum Glas als auch zum Hartkunststoff eine gute Haftung aufweisen, werden für den Aufbau eines „2D-Demonstrators“ herangezogen
- ▶ Flachglas in Kombination mit einem ebenen Kunststoff-Körper, gefügt im Spritzgießprozess
  - Das LSR ist nun beidseitig zwischen zwei festeren Materialien gebunden
    - Treten Wechselwirkungen zwischen Kunststoff und Glas auf?
- ▶ Bauteilstressungen mit anschließender Inaugenscheinnahme und Bewertung
  - Klimawechseltest, etc.

## AP4: 3D-Demonstrator



Ausgewählte Materialkombinationen sollen auf eine 3D-Glas-Geometrie übertragen werden

- ▶ Umgeformtes Glas
  - 3D-Demonstrator aus KuGlas 3
- ▶ Folie
  - der Glasform folgend
  - Ggf. Folie funktionalisiert und/oder dekoriert
    - Leiterbahnen, Farbdruck o. ä.
- ▶ Fügendes Element: LSR, im Spritzgießverfahren appliziert
  - Bspw. transparent, transluzent oder eingefärbt

## Vorteile des Verfahrens



- ▶ Sehr gute Haftung von LSR zu Glas
  - Siehe Kugelfalltest
- ▶ Geometrien können formfolgend gekoppelt werden
  - Wanddicken und Abstand zur Folie gleichmäßig
    - Auch vor dem Hintergrund kapazitiver Sensorik wichtig
- ▶ Schonung des empfindlichen Glases
  - nahezu verzugsfreie Bauteile möglich
- ▶ Blasenfreies Fügen
  - Keine optischen oder mechanischen Störstellen
  - Kein Autoklav, wie bspw. bei der klassischen Verbundglasherstellung nötig
- ▶ Spritzgießen ist etabliert
  - Hoher Automatisierungsgrad, kurze Prozesszeiten, Prozesskontrolle
  - Fertig „fallende“ Teile

## Weitere Projektleistungen



Zugriff auf die Projektzusammenfassungen der vorangegangenen KuGlas-Projekte

- ▶ Formschlüssige Verbindungen
  - Umspritzen
- ▶ Stoffschlüssige Verbindungen
  - Hinterspritzen mit Thermo- und Duroplasten
    - Einsatz von Haftvermittlern u. ä.
  - Screeningversuche LSR
- ▶ Grundlagen Glas
- ▶ Konstruktionshinweise
- ▶ Prüfscenarien
- ▶ ...

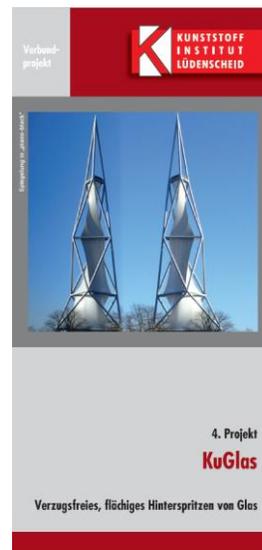


Für weitere Informationen sprechen Sie uns gerne an

## Projektdaten



- ▶ Projektdaten
  - Starttermin: November 2017
  - Projektlaufzeit: 2 Jahre
  - Projektkosten: 8.500 €/Jahr\*
- ▶ Mitgelieferte Unterlagen
  - Projektflyer
  - AGB
- ▶ Ansprechpartner
  - Andreas Wortmann  
+49 (0) 2351 1064-181  
[wortmann@kunststoff-institut.de](mailto:wortmann@kunststoff-institut.de)
  - Guido Kramer  
+49 (0) 2351 1064-103  
[kramer@kunststoff-institut.de](mailto:kramer@kunststoff-institut.de)



\*Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenschied zahlen einen um 10% ermäßigten Projektbeitrag

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:  
**KuGlas 4**

Hiermit bestätigen wir verbindlich unsere Teilnahme an dem Projekt.

Projektleiter:.....Andreas Wortmann, B.Eng.  
Dipl.-Ing. Guido Kramer  
Projektkosten:.....8.500 €/Jahr  
Laufzeit:.....2 Jahre  
Projektstart:.....November 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**