



# Ökobilanzierung in der Kunststoffspritzguss- Simulation

Projekt: LCA4Sim

IfBB-Webinarreihe „Biowerkstoffe im Fokus“

**Projektmitarbeiter: Kevin Ullmann**

**Moderation: Dr. Lisa Mundzeck**



Quelle: IfBB

**23.01.2025**



# Ablauf

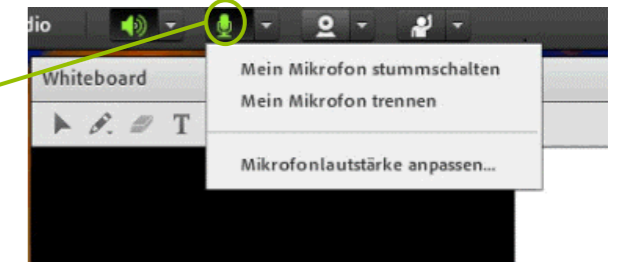


**IfBB**

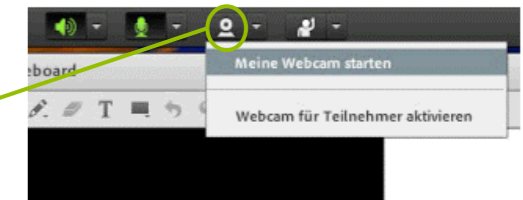
Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

- Dauer ca. 30 Minuten
- Webinar wird aufgezeichnet
- Fragen während des Vortrags: bitte das Modul „Chat“ nutzen
- Fragen werden gern am Ende des Vortrags beantwortet

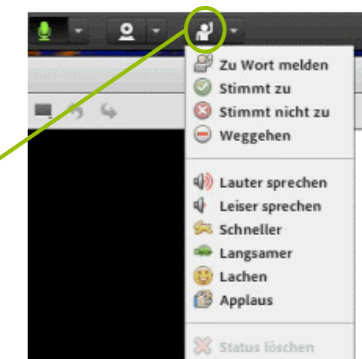
1. Zum Sprechen  
Mikrofon  
aktivieren.  
(ggf. seitens Moderation  
abgeschaltet.)



2. Für Video  
Webcam  
aktivieren.  
(ggf. seitens Moderation  
abgeschaltet.)



3. Wort- und  
Rückmeldungen  
für Referenten  
mittels  
Feedbackwerk-  
zeugen





1. VORSTELLUNG DES PROJEKTS LCA4SIM
2. MOTIVATION UND ZIELSETZUNGEN
3. DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN UND ERGEBNISSE
4. FAZIT

# Projektdaten LCA4Sim



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Projekttitel:               | Ökobilanzierung in der Spritzguss-Simulation       |
| Akronym:                    | LCA4Sim  |
| Laufzeit:                   | 01.07.2021 bis 30.06.2024                          |
| Förderung:                  | Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) |
| Projektträger:              | Projektträger Jülich (PTJ)                         |
| Förderkennzeichen:          | 031B1242E  |
| Projektleitung am IfBB:     | Prof. Dr.-Ing. Andrea Siebert-Raths                |
| Projektbearbeitung am IfBB: | Marco Neudecker, Nico Becker & Kevin Ullmann       |



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich

# LCA4Sim - Projektpartner



## Projektkoordination

- SIMCON kunststofftechnische Software GmbH (ansässig in Würselen)



## Wissenschaftlicher Projektpartner

- IfBB - Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe (ansässig in Hannover)
- Fraunhofer WKI (ansässig in Braunschweig)



## Unternehmen/ Industriepartner

- bekuplast GmbH (ansässig in Ringe)
- GreenDelta GmbH (ansässig in Berlin)



# LCA4Sim - Projektziele



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



Entwicklung einer Schnittstelle zwischen CADMOULD und OpenLCA



Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in die Simulationssoftware CADMOULD



Ermittlung des Energieeinsparpotentials einer Spritzgussmaschine



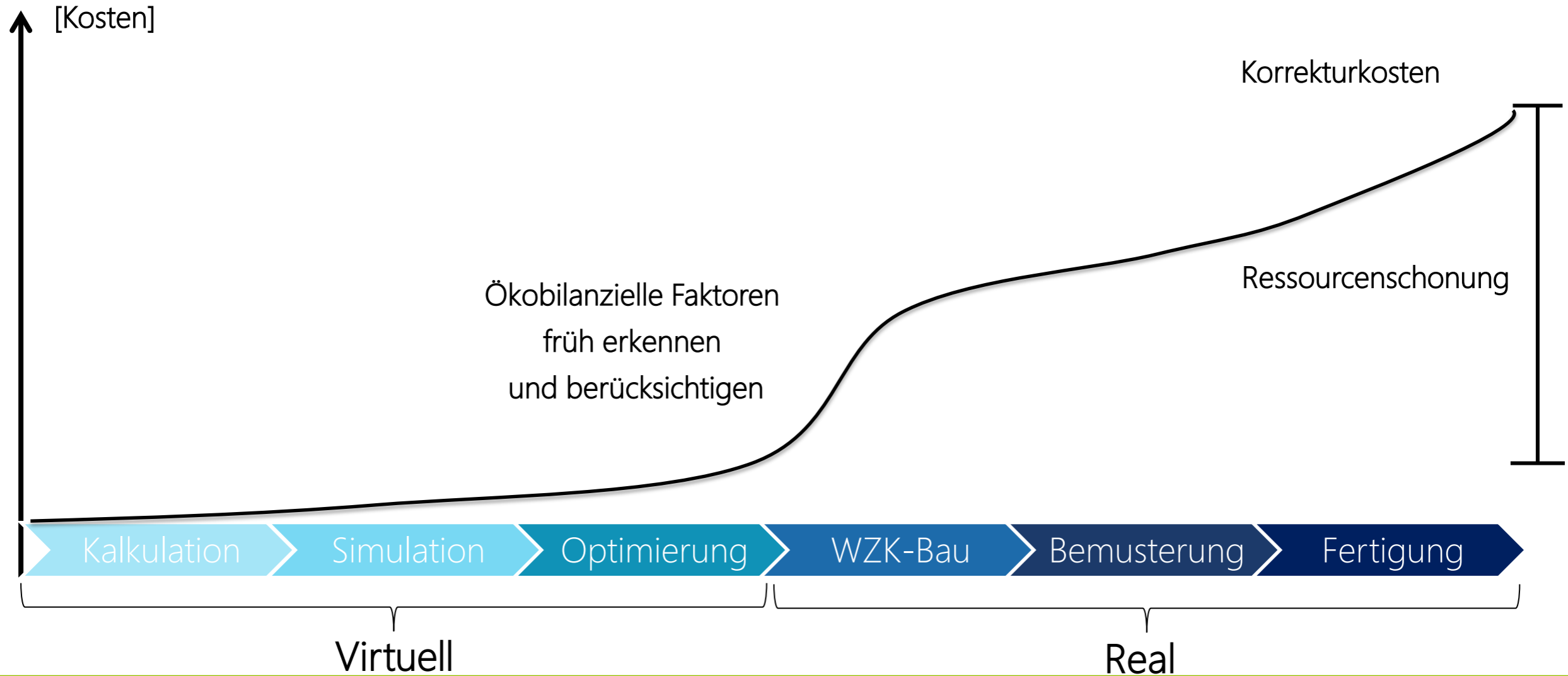
Die Förderung einer vorausschauenden und nachhaltigeren Kunststoffindustrie

# Kostenvermeidung durch frühzeitige ökobilanzielle Optimierung



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

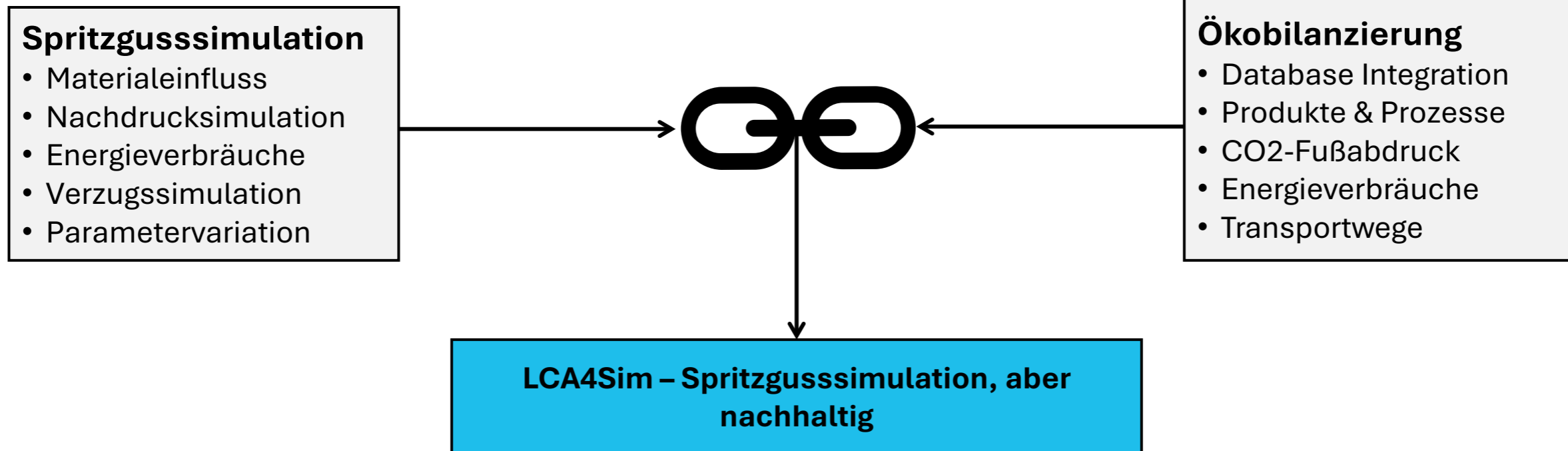


# Schnittstelle CADMOULD und openLCA



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



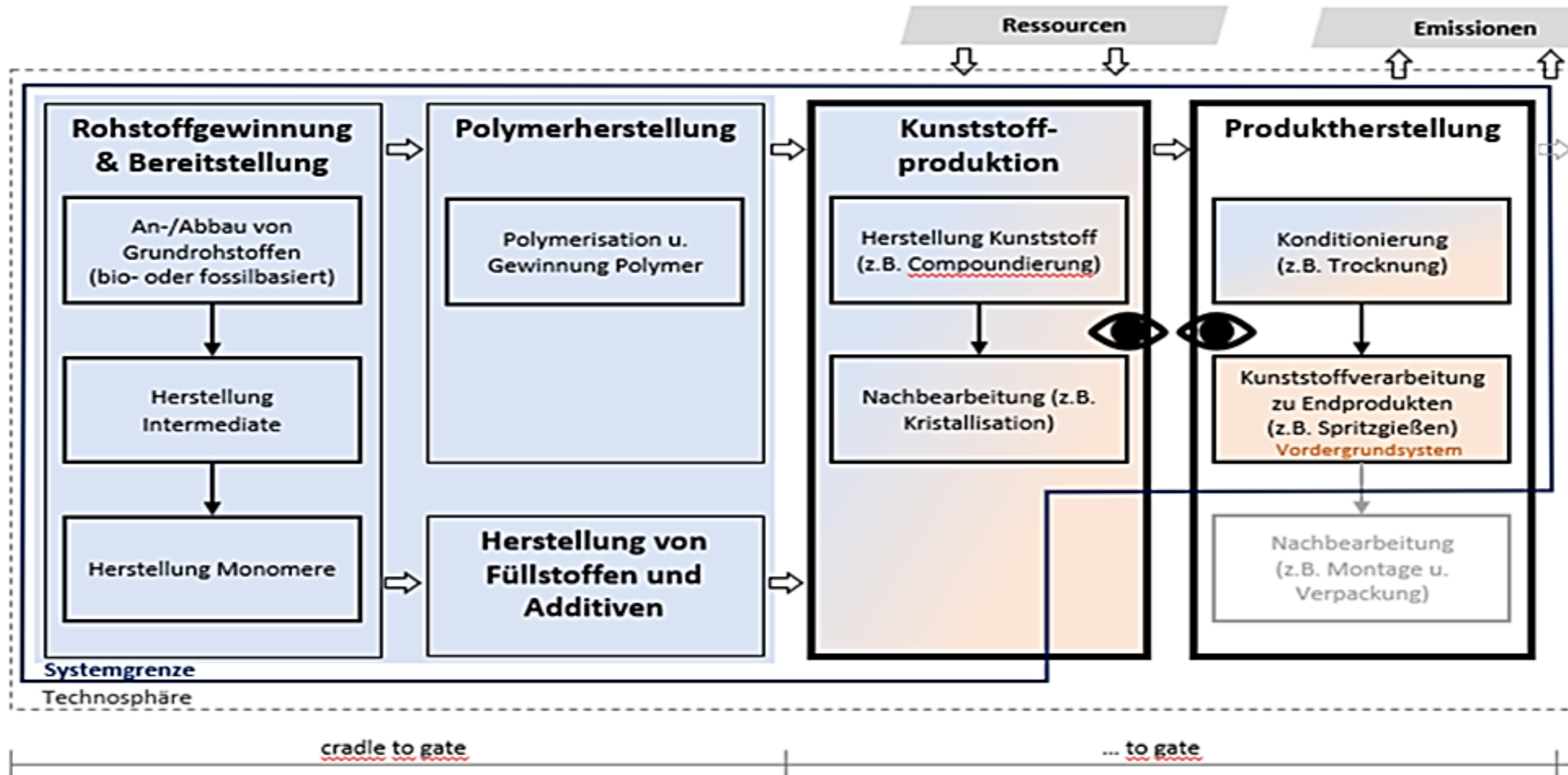


# Ökobilanzsystem der Kunststoffproduktion – cradle to gate

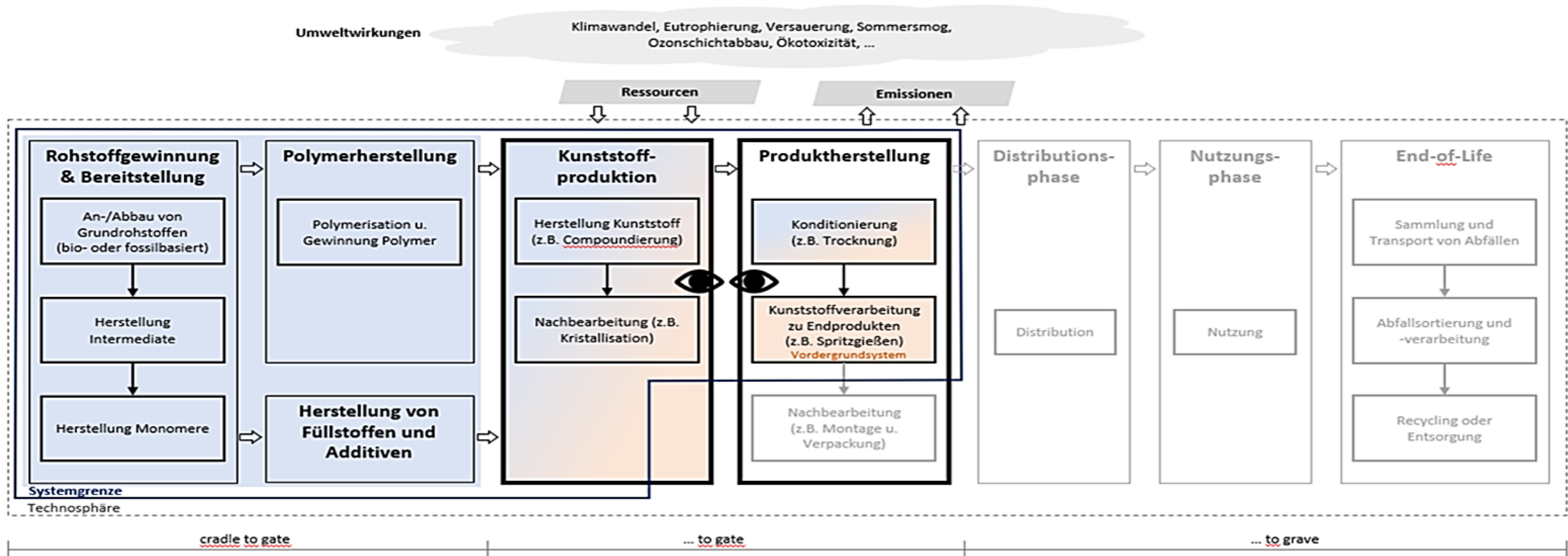


**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



# Ökobilanzsystem der Kunststoffproduktion – cradle to grave



\* Zwecks Übersichtlichkeit sind sämtliche Transporte zwischen Prozessen/Modulen noch nicht eingezeichnet

- = Primärdaten / spezifische Daten
- = Sekundärdaten / generische Daten

# Validierungsphase - Werkzeug, Spritzgussmaschine und Energiemessgeräte



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

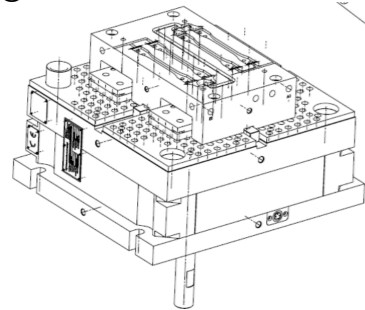
## Ausgewählte Werkzeuge am IfBB

### „2-fach Zugstab“

Axxicon

Stammwerkzeug/Familienwerkzeug

Schussgewicht PP-Faser > ca. 30 g



Quelle: IfBB

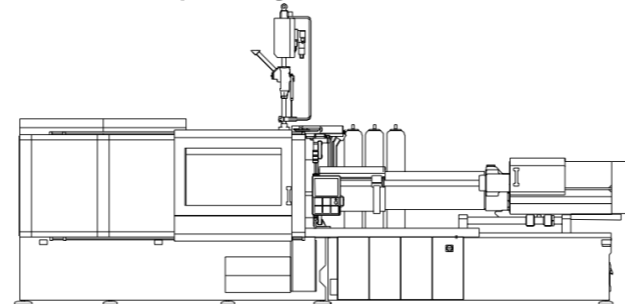
### „Pommesschale“

TPK

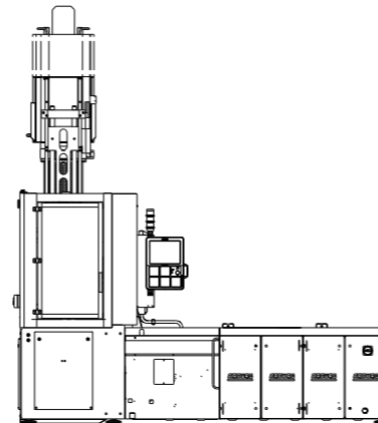
Stammwerkzeug/Familienwerkzeug

Schussgewicht PP-Faser > ca. 48 g

## Ausgewählte Spritzgussmaschinen am IfBB



Arburg 720S 3.200 kN, Quelle: ARBURG GmbH



Arburg 420 Vertikal 1.000 kN, Quelle: ARBURG GmbH

## Ausgewählte Energiemessgeräte



Stationär: Janitza UMG 96, Quelle: Janitza



Mobil: Metrel PowerQ4 Plus, Quelle: Metrel

# Validierungsphase - Kunststofftypen



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

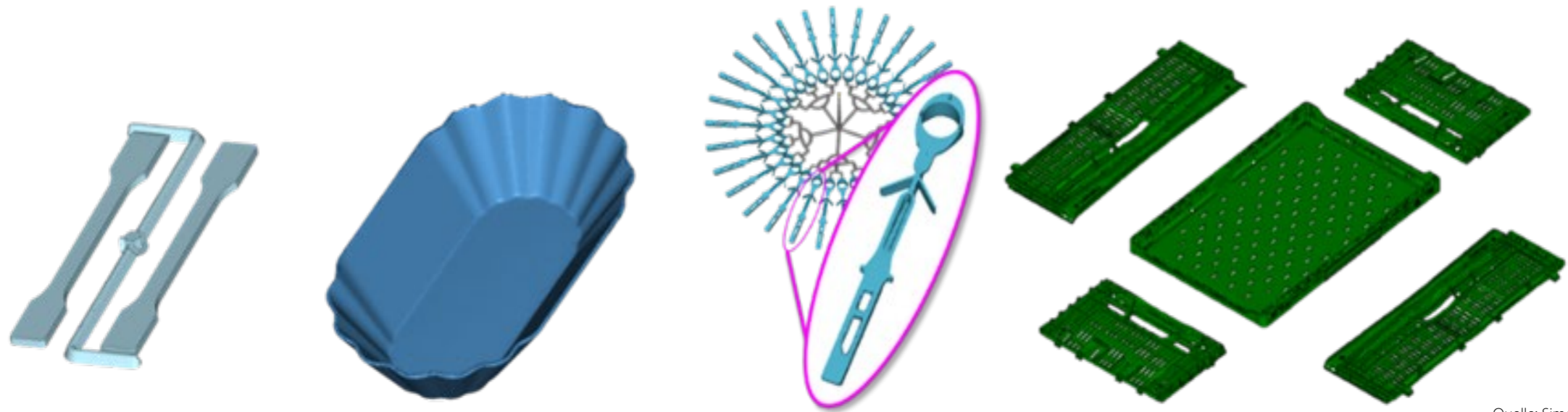
| Kunststofftypen                         | Handelsname                             | Dichte (g/cm <sup>3</sup> ) | Verarbeitungstemp.(C°) | UVEK-Datenbank [GWP] |
|---|---|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Polyethylen (PE)                        | PE-HD Sabic M864SE                      | 0,92 - 0,97                 | 200 - 260              | ~2,00 kg CO2 eq      |
| Polypropylen (PP)                       | PP-C Borealis 961                       | 0,9 - 0,1                   | 200 - 260              | ~2,03kg CO2 eq       |
| Polypropylen mit Glasfasern (PP-GF)     | PP-GF 30 %, Hostacom G3 N01 schwarz     | 1,13                        | 230 - 270              | <2,00 kg CO2 eq      |
| Polycaprolactam mit Glasfasern (PA6-Gf) | PA-GF 30 %, Technyl Safe C 216FC V30 NC | 1,2 - 1,4                   | 230 - 290              | ~7,33 kg CO2 eq      |
| Polylactid (PLA)                        | PLA NatureWorks Ingeo 3251D NATURAL     | 1,24                        | 180                    | ~0,00236 kg CO2 eq   |

# Validierungsphase - Bauteile



**IfBB**

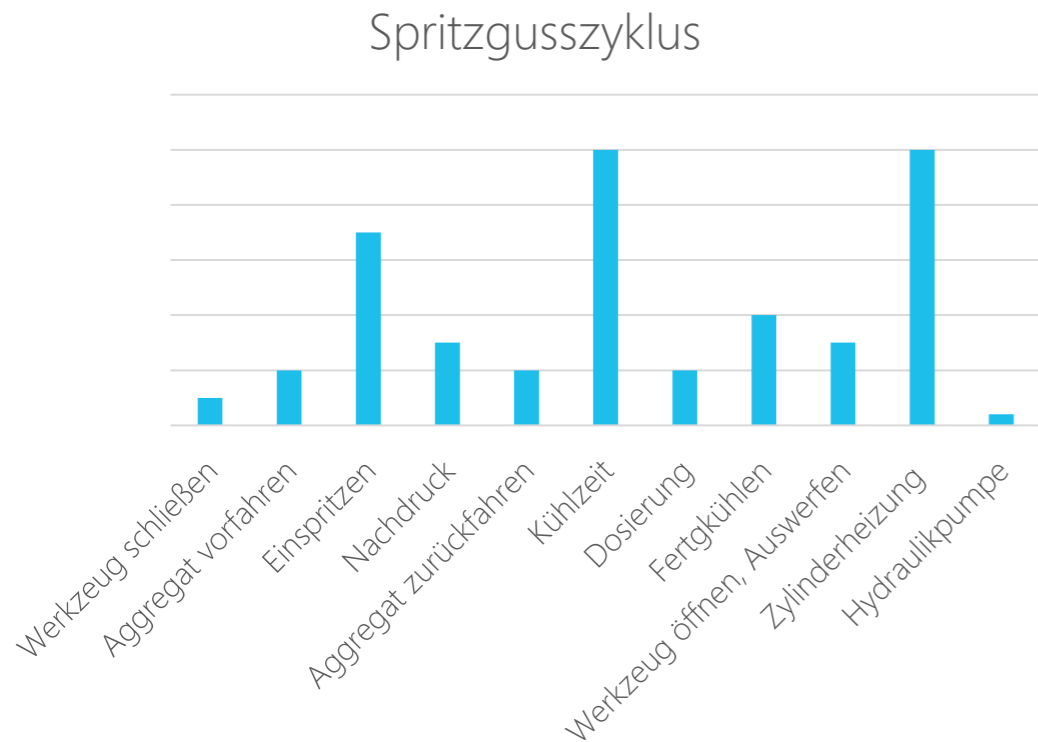
Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



Quelle: Simcon GmbH

|         | Zugstab                          | Pommesschale                       | Riegel                        | Klappbox                           |
|---------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Maße    | Ca. 180 x 80 x 5 mm <sup>2</sup> | Ca. 190 x 110 x 40 mm <sup>2</sup> | Ca. 165x30x12 mm <sup>2</sup> | Ca. 600 x 310 x 30 mm <sup>2</sup> |
| Volumen | 29.92 mm <sup>2</sup>            | 55.65 mm <sup>2</sup>              | 196.66 mm <sup>2</sup>        | 2.237.18 mm <sup>2</sup>           |

# Spritzgusszyklus – Übersicht der Prozessphasen



- Der **Spritzgusszyklus** besteht aus mehreren **aufeinanderfolgenden** und teilweise **parallel** ablaufenden **Phasen**, die zur Produktion eines Bauteils notwendig sind
- Die abgebildete Darstellung zeigt einen exemplarischen Spritzgusszyklus. Die Reihenfolge und Dauer der einzelnen Phasen können je nach **Bauteilgeometrie**, **Materialrezeptur** und **Prozesseinstellungen** variieren

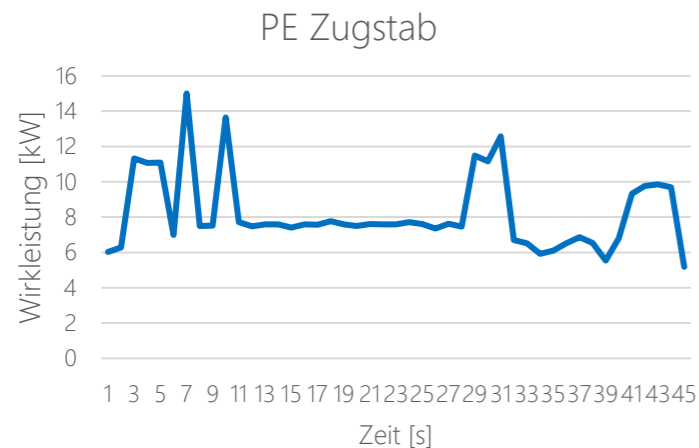
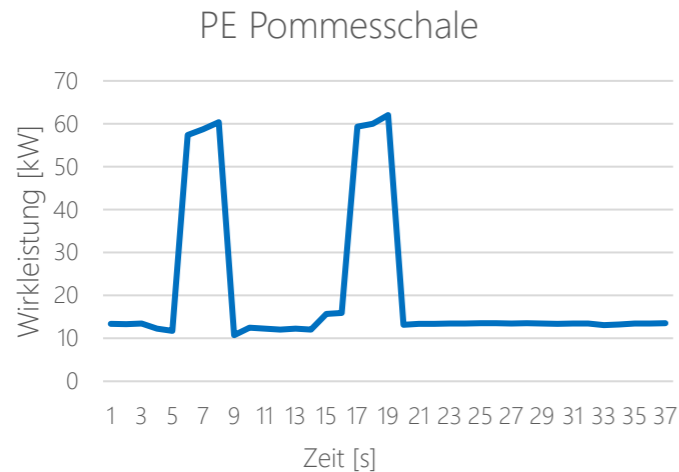


# Energieerfassung unterschiedlicher Spritzgussmaschinen (Technikum Hannover)



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



- Arburg 2K 3200 [kN]
- Zykluszeit: 37,24 [s]
- Durchsatz: 4,679 [kg/h]
- Elektrische Energieaufnahme pro Zyklus: 0,2294 [kWh]
- SEC-Schussgewicht: 4,741 [kWh/ kg]

- Berechnung SEC = Zykluszeit \* elektrische Energieaufnahme pro Zyklus/ Durchsatz  
SEC = [kWh/ Produkt]

- Arburg Vertikal 1000 [kN]
- Zykluszeit: 44,4 [s]
- Durchsatz: 2,130 [kg/h]
- Elektrische Energieaufnahme pro Zyklus: 0,0932 [kWh]
- SEC-Schussgewicht: 3,684 [kWh/ kg]

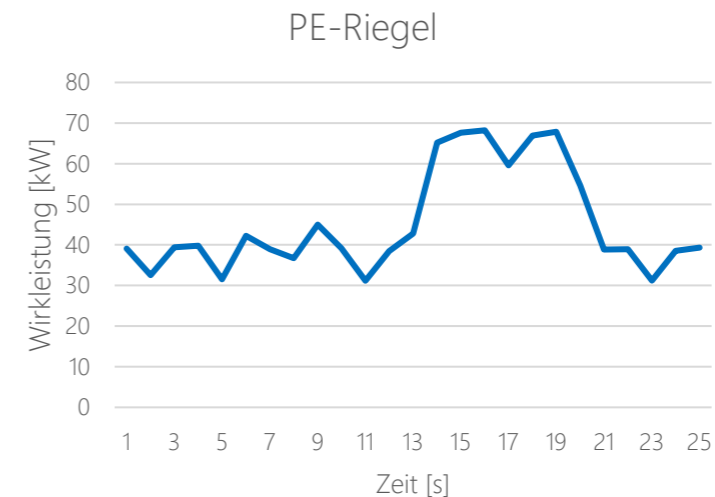
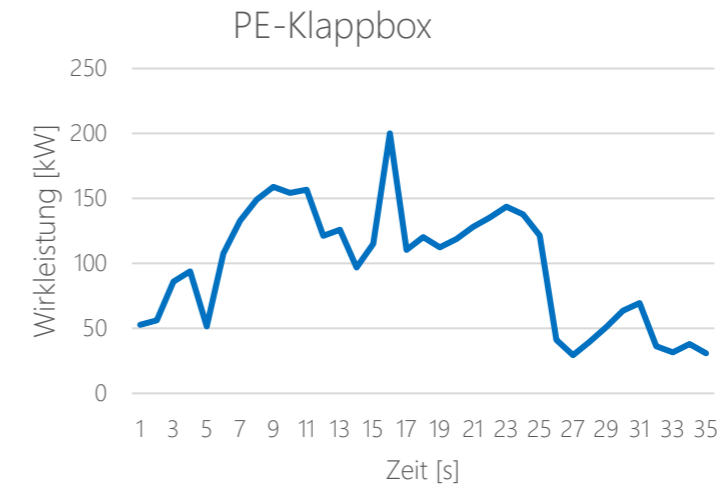
# Energieerfassung unterschiedlicher Spritzgussmaschinen (Industriepartner)



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

- Engel 11000 [kN]
- Zykluszeit: 33,08 [s]
- Durchsatz: 211,14 [kg/h]
- Elektrische Energieaufnahme pro Zyklus: 0,95 [kWh]
- SEC-Schussgewicht: 0,488 [kWh/ kg]
- Berechnung SEC = Zykluszeit \* elektrische Energieaufnahme pro Zyklus/ Durchsatz  
SEC = [kWh/ Produkt]
- Stork 1500 [kN]
- Zykluszeit: 25,6 [s]
- Durchsatz: 25,779 [kg/h]
- Elektrische Energieaufnahme pro Zyklus: 0,1213 [kWh]
- SEC-Schussgewicht: 0,665 [kWh/ kg]







# Übersicht der Versuchsreihen exemplarisch

- Ergebnistabelle und schematische Darstellung der **Zentral-, Minimal- und Maximalwerte**
- Der **Durchsatz**, die **Zykluszeit**, das **Produktgewicht** und der **Energieverbrauch** variieren durch die **Parameter** extrem, wie auf der folgenden Seite zu sehen ist.

|                  |  |                    | X1      | X2      | X3      | X4      |
|------------------|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| Allg.            | <b>Energiemesssystem</b>                                 | Metrel             |         |         |         |         |
|                  | <b>Maschinentyp, Spritzguss</b>                          | Engel, hydraulisch |         |         |         |         |
| Material         | <b>Materialtyp</b>                                       | PE                 |         |         |         |         |
|                  | <b>Handelsname</b>                                       | PE-HD Sabic M864SE |         |         |         |         |
| Prozessparameter | <b>Massetemp</b>   | [°C]               | 230     | ↓       | ↓       | ↓       |
|                  | <b>Füllzeit</b>  | [s]                | 3,2     | ↓       | ↑       | ↑       |
|                  | <b>Nachdruck</b>   | [bar]              | 460     | ↓       | ↑       | ↓       |
|                  | <b>Kühlzeit</b>  | [s]                | 15      | ↓       | ↓       | ↓       |
|                  | <b>Zykluszeit (Protokoll)</b>                            | [s]                | 33,08   | 27,96   | 27,55   | 28,95   |
|                  | <b>Zykluszeit (gemessen, Auswertung)</b>                 | [s]                | 33,1    | 28      | 27,6    | 29      |
|                  |  |                    |         |         |         |         |
|                  | <b>Durchsatz</b>   | [kg/h]             | 211,584 | 246,497 | 257,322 | 241,274 |
|                  | <b>Produktgewicht</b>                                    | [kg]               | 1,945   | 1,917   | 1,973   | 1,944   |
| Energiebedarf    | <b>Elektrische Energieaufnahme pro Batch</b>             | [kWh/Batch]        | 9,5     | 8,55    | 8,72    | 8,81    |
|                  | <b>Elektrische Energieaufnahme pro Zyklus</b>            | [kWh/Zyklus]       | 0,95    | 0,855   | 0,872   | 0,881   |
|                  | <b>spezifischer Energieverbrauch (SEC) - Schussgewic</b> | [kWh/kg]           | 0,488   | 0,446   | 0,442   | 0,453   |

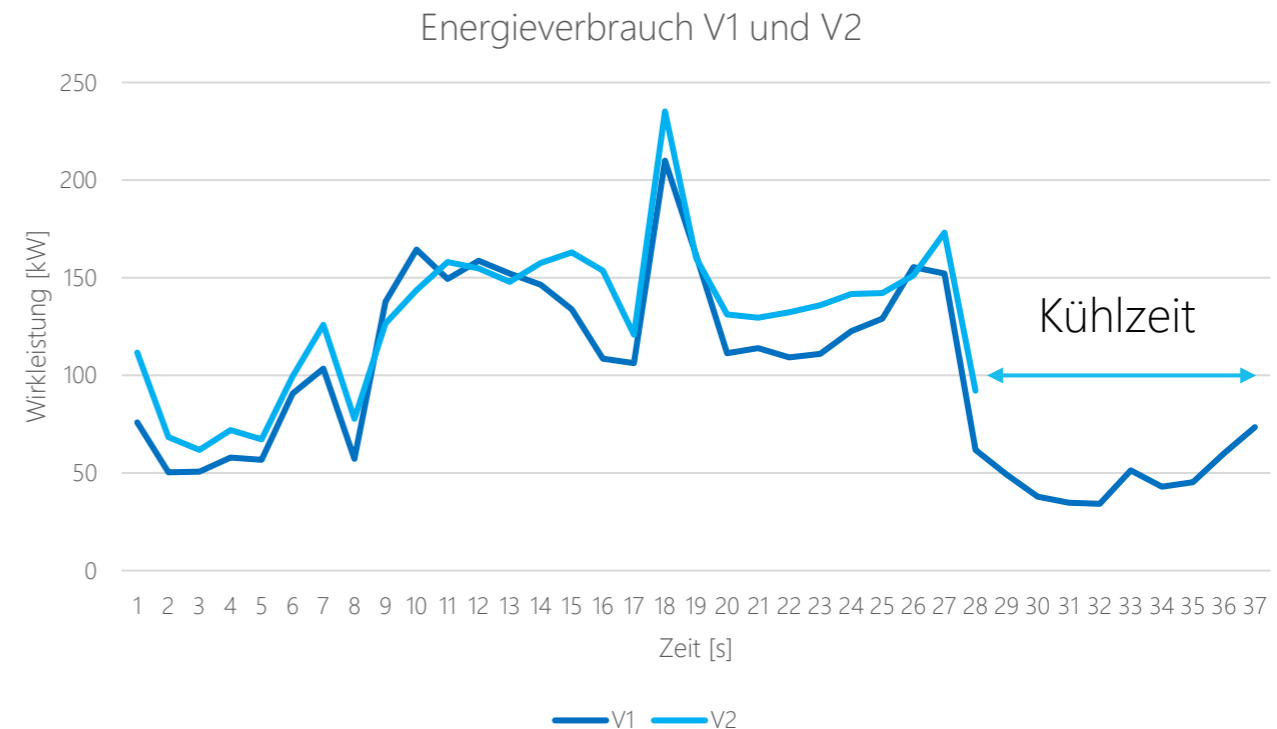
# Spritzgusszyklus – Wirkleistung und Kühlzeit



**IfBB**

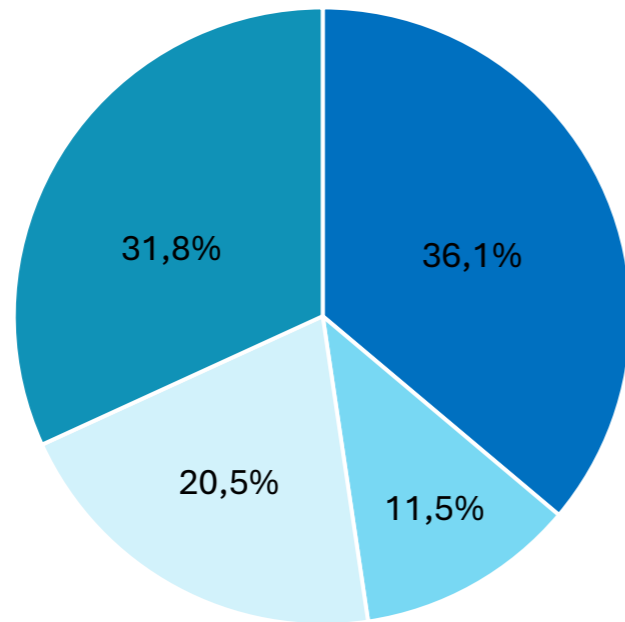
Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

- Die Graphen zeigen die **Wirkleistung** für die Produktion eines Bauteils.
- **V1** stellt die **maximal** eingestellten Parameter dar, die simulativ bestimmt wurden.
- **V2** repräsentiert die **minimalen** eingestellten Parameter.
- Hierbei wurde die **Kühlzeit** von **15 Sekunden** im Optimum auf **5 Sekunden** im Minimum reduziert.



# Energieverbrauchsanteile der analysierten Parameter im Spritzgussprozess

Einfluss der Parametervariationen auf den Energieverbrauch



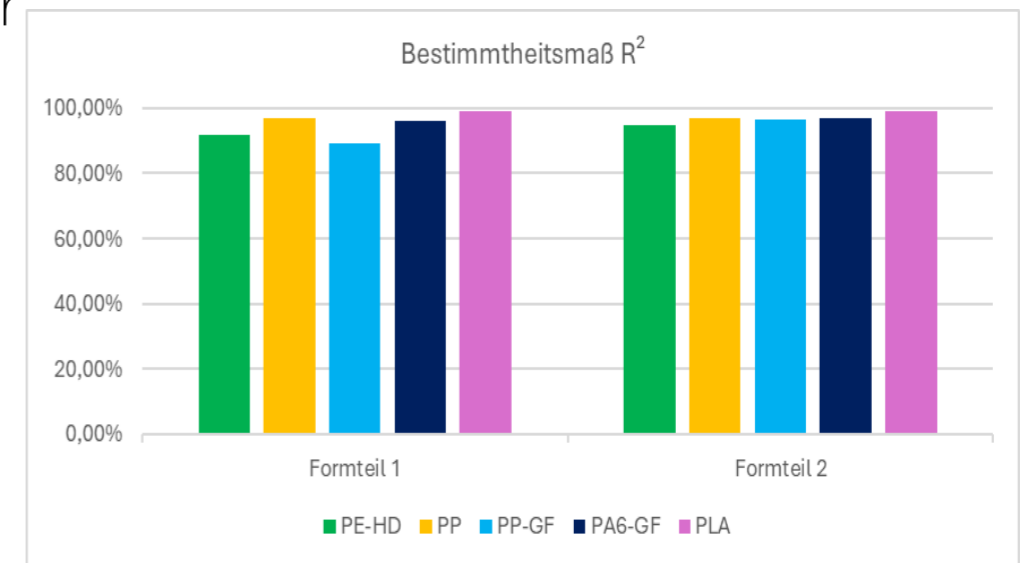
■ Kühlzeit ■ Füllzeit ■ Nachdruckstufen ■ Schmelztemperaturen

- **Kühlzeit** hat mit **36,1 %** den **größten Einfluss** auf den Gesamtenergieverbrauch.
- **Schmelztemperaturen** tragen mit **31,8 %** ebenfalls erheblich zum Energieverbrauch bei.
- Die **Füllzeit** und die **Nachdruckstufen** spielen eine vergleichsweise geringere Rolle mit **11,5 %** bzw. **20,5 %**.

# Ergebnisse

## Bestimmtheitsmaß $R^2$

- Das durchschnittliche **Bestimmtheitsmaß** aller Versuchsreihen der **Validierungsphase** liegt bei **93,90 %**.
- Das **mathematische Modell** von SIMCON schafft es mit einer **hohen Genauigkeit**, die Energieverbräuche simulativ zu bestimmen.
- Die **Software** schafft es trotz **unterschiedlicher Kunststofftypen, industrie- und technikumsnaher Spritzgussmaschinen, variabler Parameter und diskontinuierlicher Energieverbraucher**, ein sehr hohes und somit **gutes Bestimmtheitsmaß  $R^2$**  zu erreichen.





# Zusammenfassung Validierungsphase

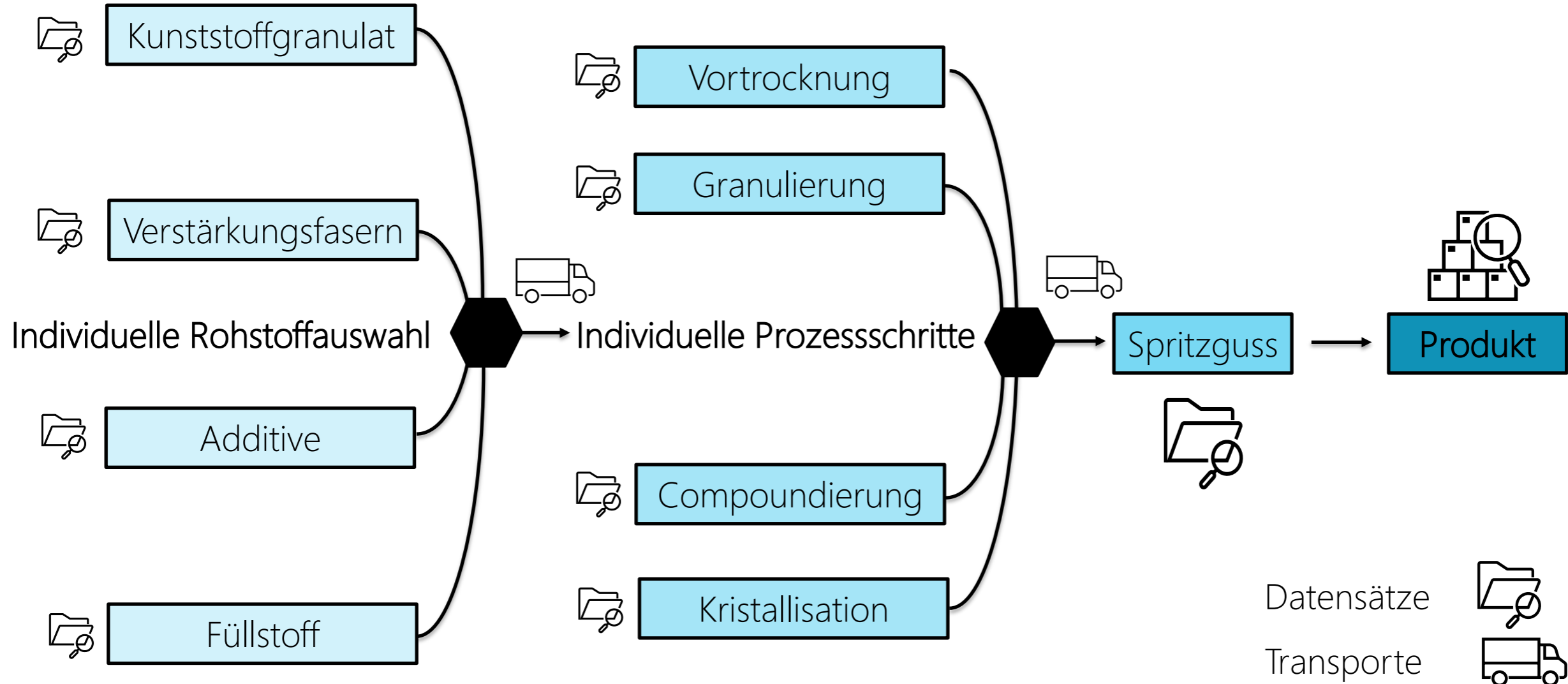
- Es wurden unterschiedliche **Kunststofftypen**, darunter **konventionelle, konventionelle mit Füllstoff und biobasierte**, auf verschiedenen **Spritzgussmaschinen** mit variierenden **Parametereinstellungen** energietechnisch erfasst.
- Jeder analysierte **Kunststofftyp** stammt aus einer anderen **Rohstoffquelle**, weist spezifische **Verarbeitungsbedingungen** auf und ist mit spezifischen Datensätzen in openLCA verifiziert.
- Die **Parametereinstellungen** sowie die **zentralen, minimalen und maximalen Werte** wurden mithilfe des mathematischen **Modells von SIMCON** berechnet und durch die realen **Versuche** validiert.
- Das **Bestimmtheitsmaß  $R^2$**  repräsentiert die Genauigkeit der **simulativ ermittelten Werte**.
- **Spritzgussmaschinen** besitzen charakteristische **Energiewirkleistungen**, die durch **verschiedene prozesstechnische Mechanismen** und **Parametereinstellungen** beeinflusst werden.

# Von der Rohstoffauswahl zum fertigen Produkt: Prozessübersicht



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



# Fazit

- Integration nachhaltigkeitsrelevanter Daten in CADMOULD ermöglicht eine vorausschauende Optimierung der Nachhaltigkeit von Kunststoffprodukten.
- Mit der neuen Schnittstelle (LCA4Sim-Button) lassen sich Materialeinsatz, Verarbeitungsverfahren, Transportwege als ein Datensatz abbilden und in CADMOULD simulieren.
- VARIMOS kann für weitere Optimierungsmaßnahmen eingesetzt werden.
- LCA4Sim zeigt das Potenzial der Digitalisierung für eine nachhaltige Kunststoffindustrie.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Kontakt:

Hochschule Hannover  
IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe  
Heisterbergallee 10A  
30453 Hannover

Kevin Ullmann, B.Sc.

Tel.: 0511 / 9296 – 8222

E-Mail: [kevin.ullmann@hs-hannover.de](mailto:kevin.ullmann@hs-hannover.de)



[www.ifbb-hannover.de](http://www.ifbb-hannover.de)