



# Compoundierung von naturfaserverstärkten Kunststoffen

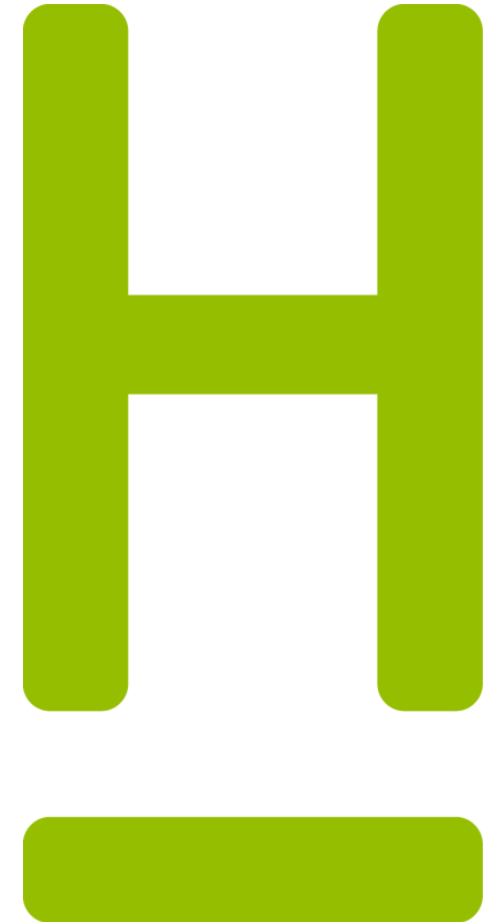
-mit gleichläufigen Doppelschneckenextrudern

**B.Eng. Dijan Iliew**

Webinarreihe des IfBB unter der Leitung von  
Prof. Dr. -Ing. Hans-Josef Endres  
Moderation: Christian Schulz



© China Hopsen





1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT

# 1. Direktextrusion und 2-Stufen-Prozesse für naturfaserverstärkte Kunststoffe



IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

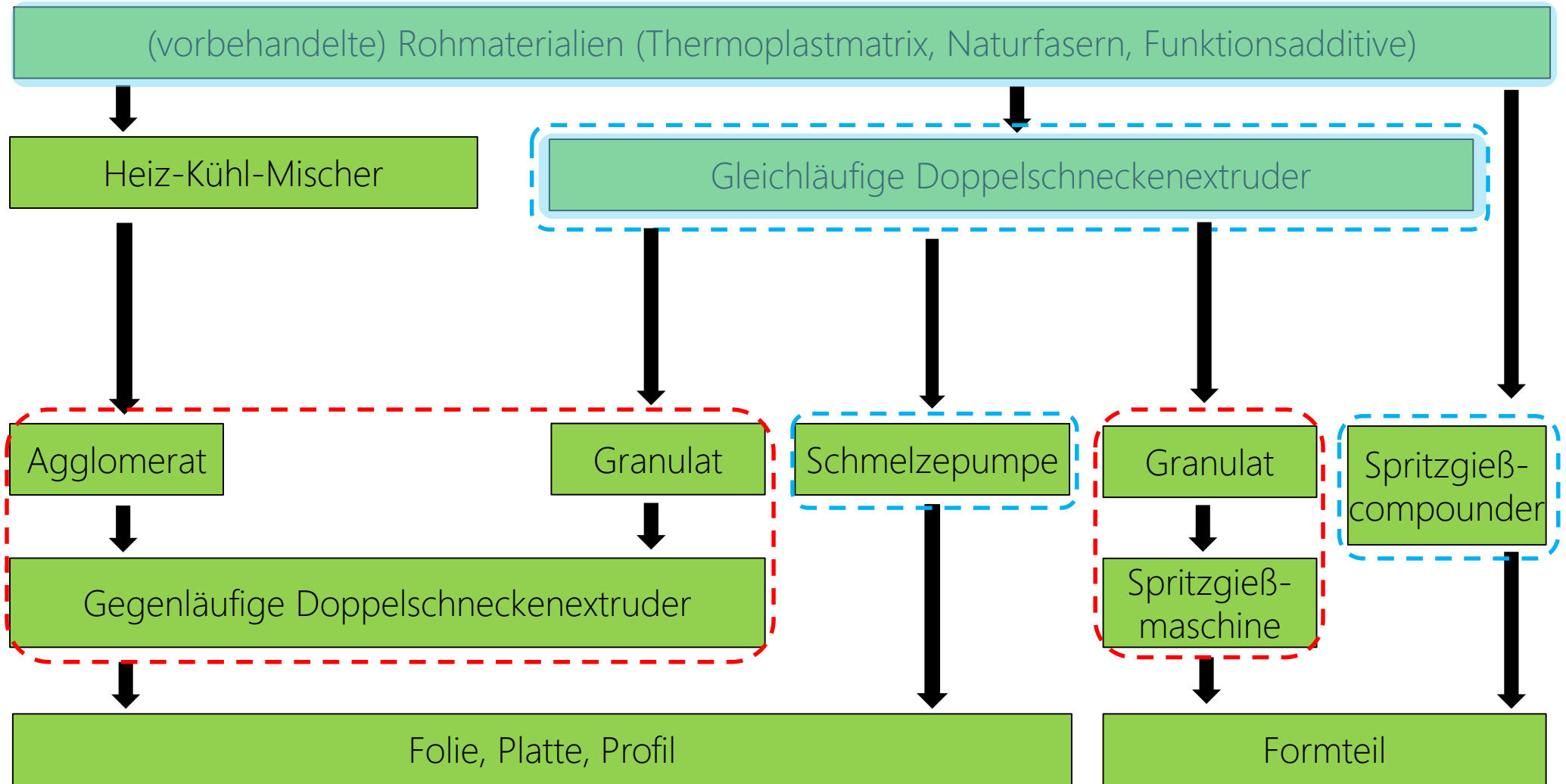


Abb. nach KraussMaffei Berstorff GmbH

- - - - Direktextrusion: Produktherstellung aus „einer Wärme“

- - - - Erfordert eine erneute Aufschmelzung = zweistufiger Verarbeitungsprozess bis zum Produkt / Halbzeug



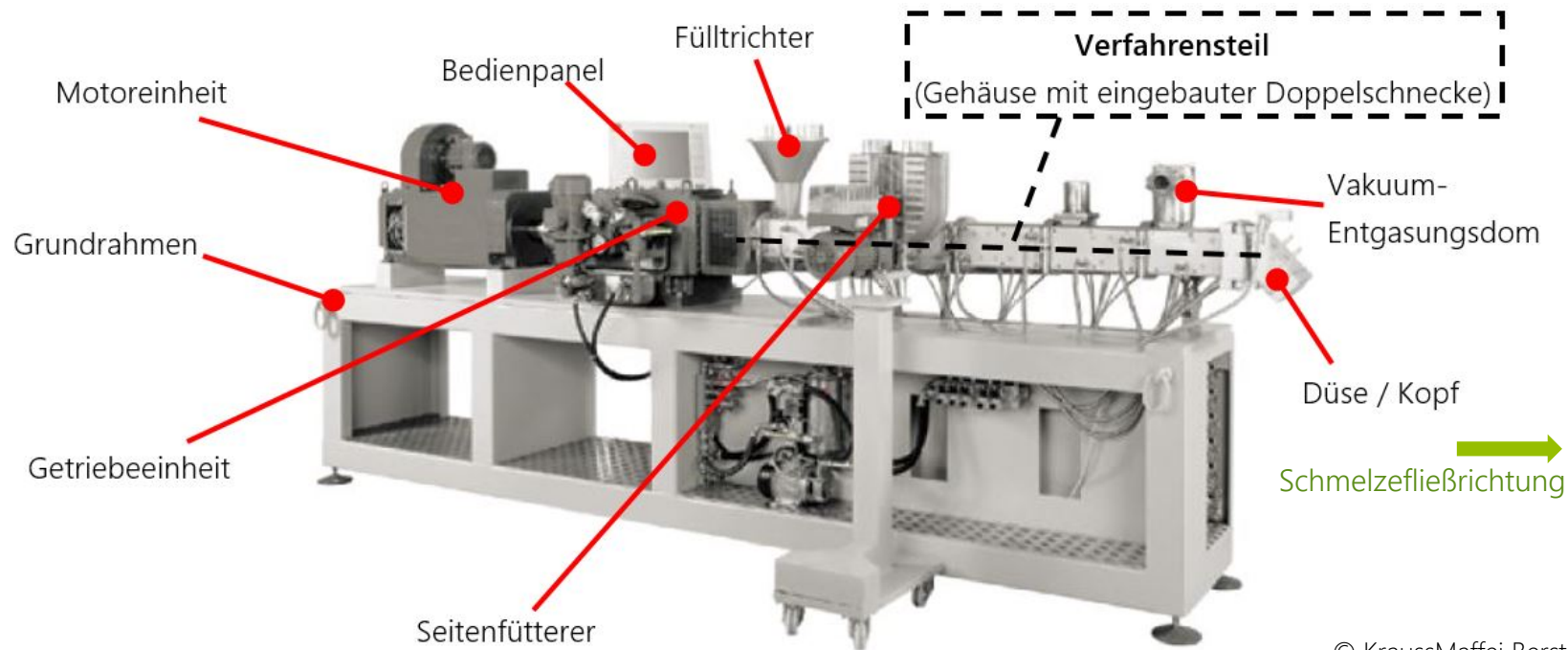
1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT

## 2. Gleichläufige Doppelschneckenextruder und ihre Aufgaben beim Compoundieren



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



© KraussMaffei Berstorff GmbH

1. Thermomechanische Aufschmelzung von petrochemischen und biobasierten fließfähigen Polymeren
2. Vereinigung von kompatiblen oder inkompatiblen Polymeren zu homogenen Polymerblends
3. Austreibung von flüchtigen Bestandteilen durch kontrollierte Entgasung
4. Einfärben von Polymeren
5. Einarbeitung von Funktionsadditiven zur gezielten Eigenschaftsmodifizierung
6. Verstärkung und Füllung von Kunststoffen mit z.B. Glas-, Kohle-, und Naturfasern oder Partikeln



1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT

### 3. Prozesseinstellung und Prozesswirkung



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

#### Direkt steuerbare Größen

- Gesamtdurchsatz
- Schneckendrehzahl
- Schnecken- und Gehäuseaufbau
- Gehäuse-SOLL-Temperatur
- Produktgeometrie
- Produktrezeptur und -eigenschaften

Als Einstellgrößen anzusehen!

#### Resultierende Größen

- Schneckendrehmoment
- Schmelztemperatur
- Komponentenmischgüte
- Gehäuse- IST-Temperatur
- Entgasungsleistung
- Aufschmelzverhalten
- Verweilzeitverteilung
- Einzugsverhalten
- Geruch, Aussehen
- Produkt-Restfeuchte
- Schmelzedruck

Als Prozessgrößen anzusehen!



1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT

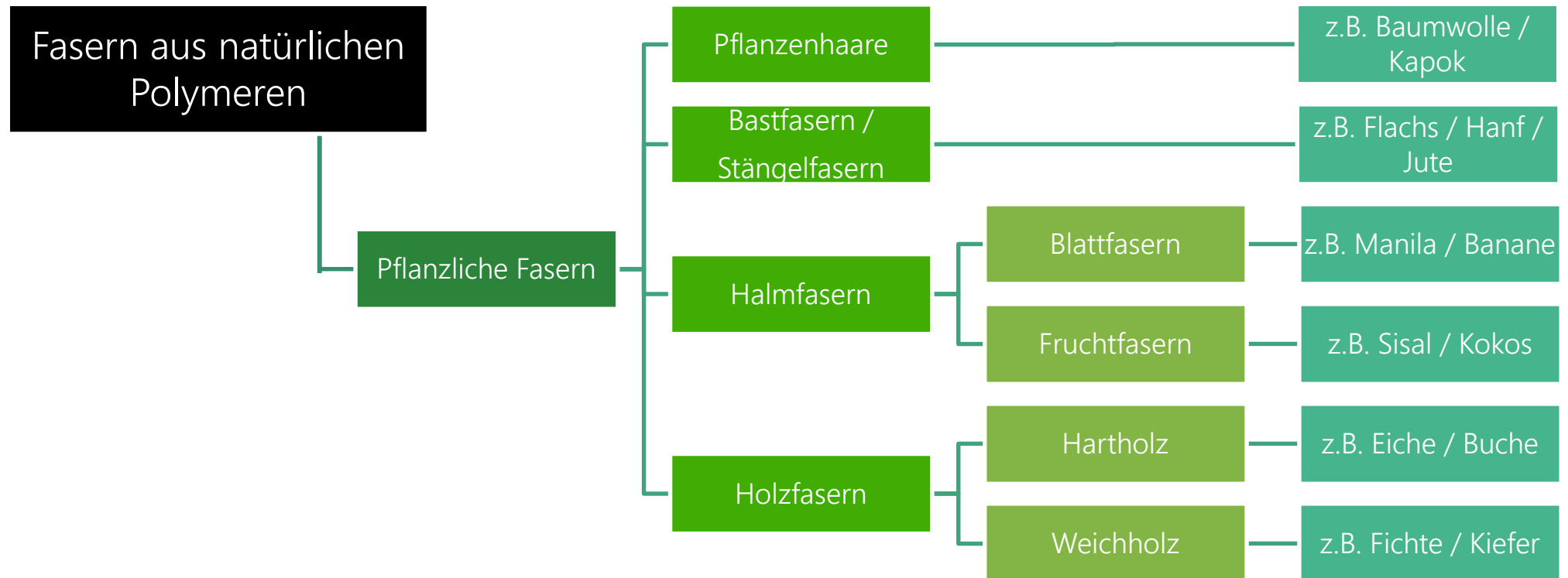


## 4. Einsatz von Naturfasern beim Compoundieren



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe



### Pflanzenfasern bestehen überwiegend aus:

- Cellulose
- Hemicellulose
- Lignin
- Pektin

Ab 200 °C beginnt der thermisch bedingter Abbau

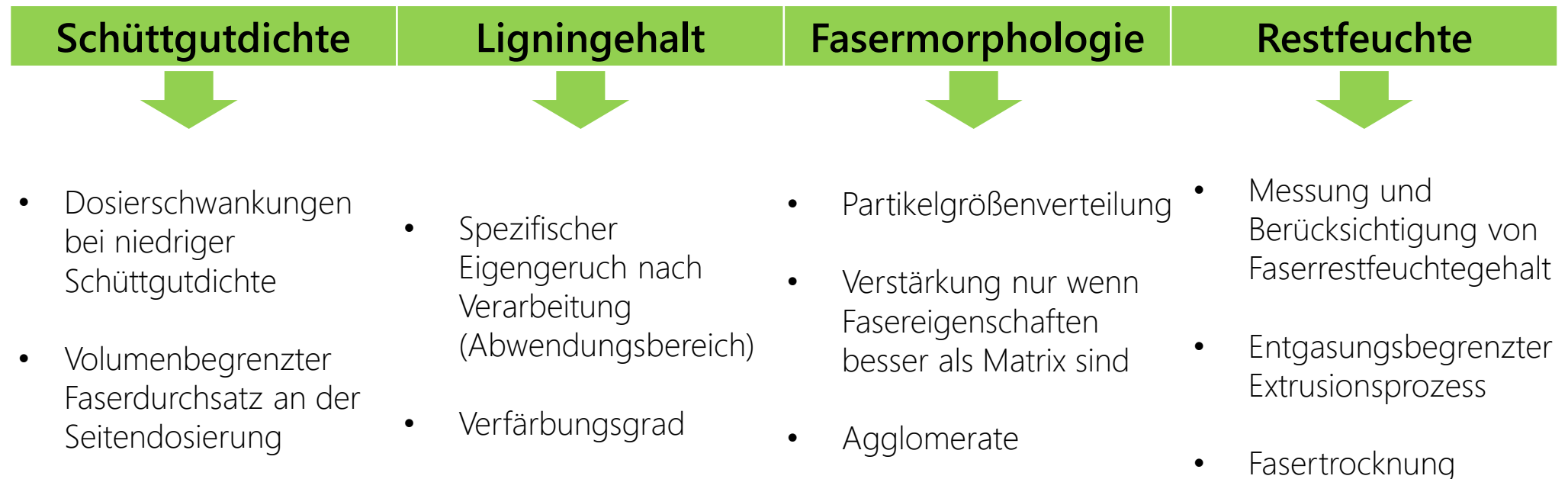
# 4. Einsatz von Naturfasern beim Compoundieren



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

## Entscheidende Vorabkenntnisse bei Naturfasern





1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT

## 5. Einsatz von Naturfasern beim Compoundieren



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

### Auswahl von geeigneten Matrices

#### **Matrix**

- Thermoplaste mit Schmelzbereiche  $\leq 200$  °C → geringere Naturfaserschädigung  
Mögliche Thermoplaste: Polypropylen, Polyethylen oder Polylactid
- Benetzungsvermögen der Matrix muss gegeben sein

#### **Wirkung durch die Naturfasern**

- Erhöhung der Sprödigkeit durch Naturfasern
- Absenkung der Fließeigenschaften
- z.B. Reduzierung des Gewichts vom Bioverbundwerkstoff

## 5. Einsatz von Naturfasern beim Compoundieren



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

### Auswahl von geeigneten Funktionsadditiven

#### **Funktionsadditive - Haftvermittler**

- Cellulosebasierte Naturfasern sind polar, Kunststoffe oft unpolar  
→ Herstellung einer dauerhaften Verbindung zwischen Kunststoff- und Naturstoff zur Entwicklung einer „Miteinander“- Funktionalität
- Faser-Matrix-Grenzflächenverhalten durch Haftvermittler beeinflussen
- Anteil an Haftvermittler ist rezepturspezifisch
  - Kraftübertragung auf Faser
  - Maleinsäureanhydrid – gepfropfte Additive äußert wirkungsvoll



1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT

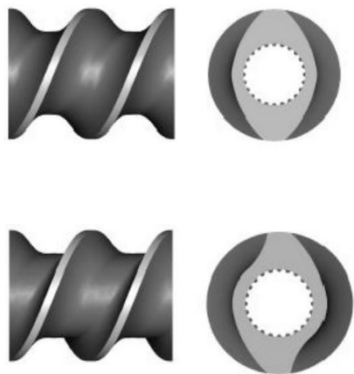
# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompounding



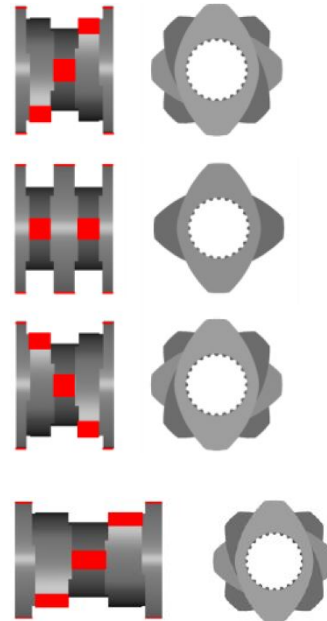
IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

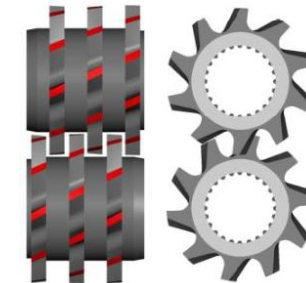
## Auswahl der Schneckenelemente



- a) Stoffe aufnehmen
- b) Feststoffe und Schmelze fördern



- a) Plastifizieren
- b) Einarbeiten von Fasern / Füllstoffen
- c) Mischen



- a) Einmischen von Flüssigkeiten
- b) Distributives Mischen
- c) Homogenisieren

© KraussMaffei Berstorff GmbH

Schnecken Aufbau muss sehr spezifisch an die Naturfasern anhand von Funktionszonen angereicht werden!

# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompounding



IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

## Funktionszone: Einzug

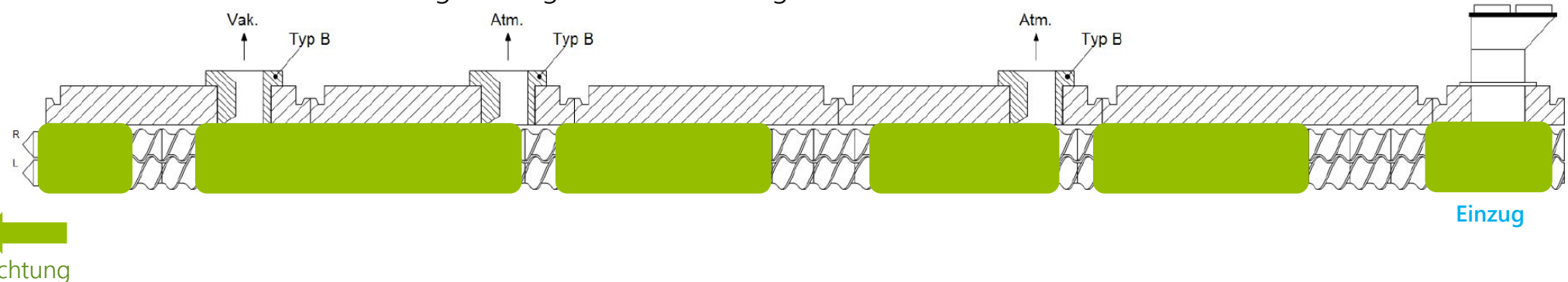
### Funktion

Einziehen von festen Komponenten

### Zu beachten!

- Schneckenelemente mit hohem freiem Volumen (hohe Gangsteigung und Gangtiefe)
- Gehäusetemperatur unter Schmelztemperatur der Komponenten
- Naturfasern nie in die Füllzone geben!

Einzugsvermögen ist volumenbegrenzt.





# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompoundierung



IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

## Funktionszone: Plastifizierung

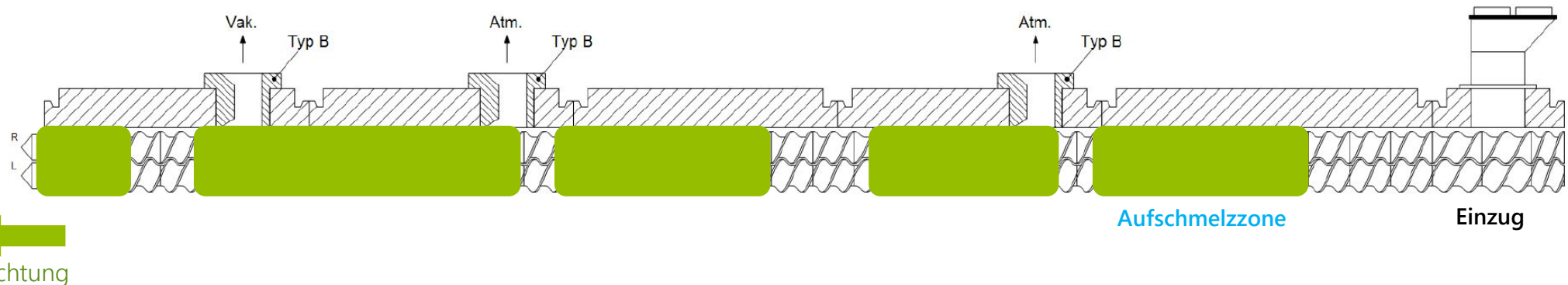
### Funktion

Polymer und ggf. Additive aufschmelzen  
und vordispersieren

### Zu beachten!

- Aufschmelzverhalten ist materialspezifisch (Aufschmelzenthalpie)
- Schneckenkonfiguration- und Drehzahl ausschlaggebend
- Aufschmelzverhalten ist abhängig vom spezifischen Füllgrad

Nur soweit plastifizieren, bis eine vollständige Schmelze vorliegt!



# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompoundierung



IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

## Funktionszone: Naturfasereinbringung und Entgasung

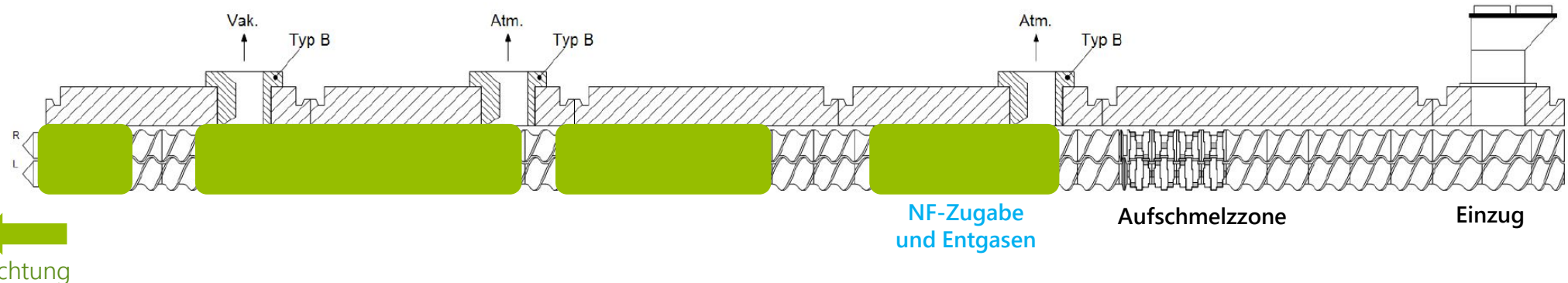
### Funktion

- Zugabe von Füll- und Verstärkungskomponenten
- Atmosphärische Rückwärtsentgasung

### Zu beachten!

- Restfeuchtegehalt beim Dosiervorgang mitkalkulieren
- Veränderung der Schmelzeviskosität
- Schneckenelemente mit hohem freiem Volumen

Naturfaserdurchsatz ist volumen- und entgasungsbegrenzt



# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompoundierung



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

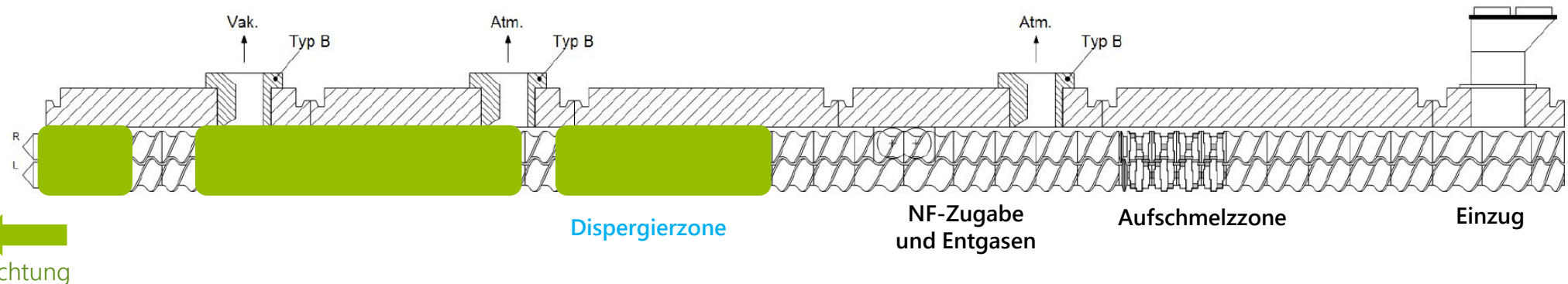
## Funktionszone: Naturfasereinmischung und –homogenisierung

### Funktion

- Einarbeitung der Fasern
- Distributives und dispersives Vermengen

### Zu beachten!

- Schneckenelemente mit geringer Scherwirkung u. hoher Mischwirkung
- Ausreichende Verfahrenslänge zur Einarbeitung



# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompoundierung



IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

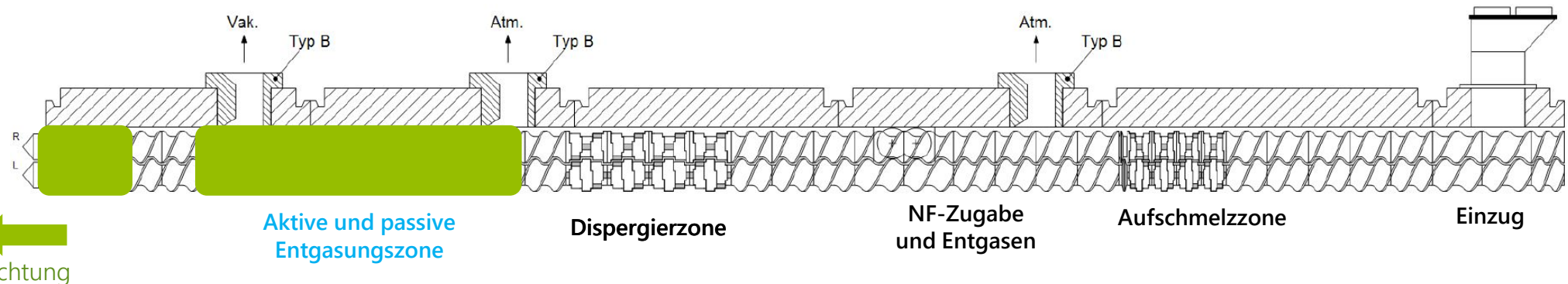
## Funktionszone: Passive und aktive Entgasung

### Funktion

- Entgasen von Wasserdampf
- Ableiten niedermolekularen, flüchtigen Anteilen

### Zu beachten!

- Hinreichend hohe/r Verweilzeit und Vakuumdruck („Schmelzeschaum“)
- Ausreichend große Entgasungsöffnung (Bezug zur Viskosität)
- Schlechte Entgasung auch an kollabierte (platte) oder aufgeschäumte Schmelzestränge erkennbar



# 6. Aufbau der Verfahrenseinheit für Naturfasercompounding



IfBB

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

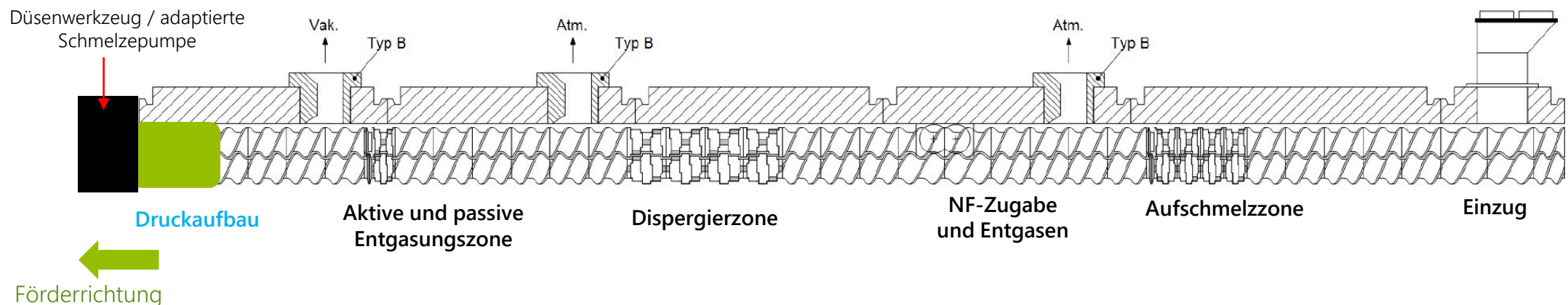
## Funktionszone: Druckaufbau

### Funktion

- Austrag der Schmelze
- Druckaufbau zur Überwindung des erzeugten Werkzeugdrucks

### Zu beachten!

- Hohe Rückstaulänge → viel Masseanhäufung → höherer Energieeintrag  
Ziel: Reduzierung der Energieeinleitung
- Druckaufbau → Abgabe an Schmelzepumpe





1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT



# 7. Beispiel-Aufbau mit Prozessparametrierung

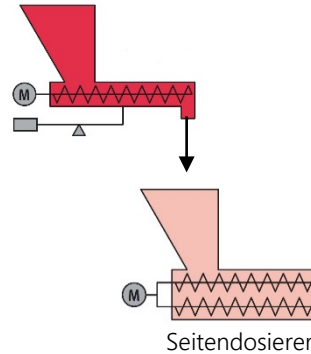
## Rezeptur und Einstellungen



**IfBB**

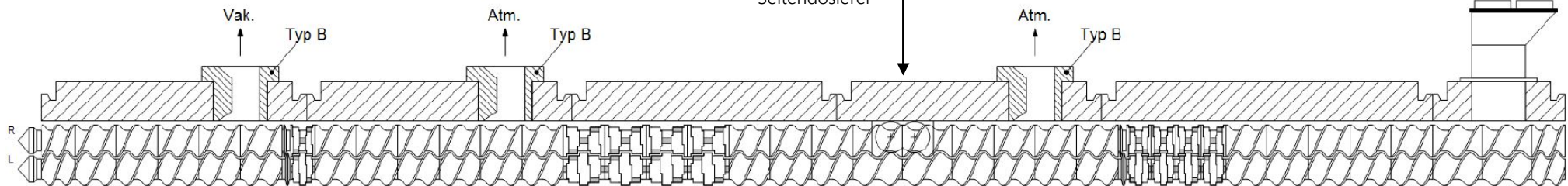
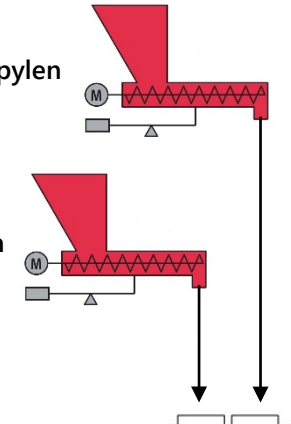
Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

10 - 50 Gew.-% Naturfasern  
inkl. Faserrestfeuchtigkeit



50 - 90 Gew.-% Polypropylen

< 5 Gew.-% Haftvermittler  
5 - 15 Gew.-% Modifikatoren



Förderrichtung

### Maschineneinstellung:

- Schneckendrehzahl<sub>Extruder</sub> = 100 - 600 min<sup>-1</sup>
- Schneckendrehzahl<sub>Seitendosierer</sub> = 50 - 600 min<sup>-1</sup>

### Periphere Maschinerie:

- Vakuumpumpe
- Unterwassergranuliereinheit mit Schmelzepumpe  
(oder Wasserbad mit Stranggranulierer)



1. COMPOUNDIERMÖGLICHKEITEN
2. AUFBAU UND AUFGABEN EINES EXTRUDERS
3. EINFLUSSGRÖßEN BEIM COMPOUNDIEREN
4. NATURFASERN
5. MATRIX UND ADDITIVE
6. AUFBAU DER VERFAHRENEINHEIT
7. BEISPIEL
8. FAZIT



## 8. Fazit



**IfBB**

Institut für Biokunststoffe  
und Bioverbundwerkstoffe

- Naturfasern bringen Feuchtigkeit in den Prozess → Durchsatzlimitierung
- Naturfasern verändern optische und olfaktorische Eigenschaften des Compounds
- Nicht jede Kunststoffmatrix ist für die Verarbeitung geeignet  
→ Kunststoffe mit Schmelzbereichen/-temperaturen bis 200 °C einsatzfähig
- Extrusionstechnische Verarbeitung erfordert spezielles Wissen bzgl. Aufbau und Parametrierung  
→ Aufbau von definierten Funktionszonen

# Veranstaltungshinweis Abschlusstagung „Verarbeitung von Biokunststoffen“

Termin: 09. November 2017

Veranstaltungsort: Berlin

## Inhalte:

- Austausch zwischen Verarbeitern, Herstellern und Verbundpartnern
- Vorstellung einer Idee zur nachhaltigen Bereitstellung von Verarbeitungsdaten für Konstrukteure und Verarbeiter von Biokunststoffen
- Gemeinsame Diskussion der Idee mit Vertretern der Wirtschaft (ALBIS PLASTICS GmbH, BASF SE und EVONIK)

Weitere Informationen finden Sie in dem Kalender unter:

<http://verarbeitungsprojekt.ifbb-hannover.de/de/veranstaltungen.html>

