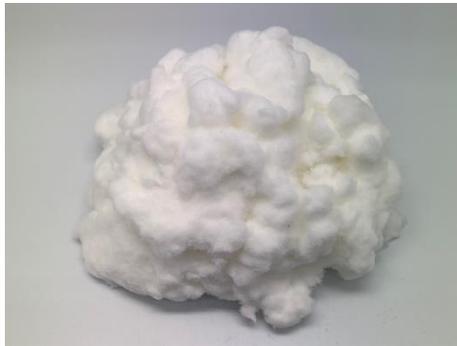


Spritzgießen von Zellulosefasern

Entwicklung des Herstellungsprozesses für Anwendungsbereiche von Papier für werkzeugfallende technische Bauteile



1. Rosenheimer Kunststoffkolloquium

05.03.2024

Niclas Schillinger

Hohe Nachfrage von nachhaltigen Rohstoffen und Produkten

- Erkennbarer Anstieg von Bestrebungen zur Nachhaltigkeit

[BGR 2019; McKinsey 2021]

- Einfluss Kaufverhalten anhand Nachhaltigkeitsmerkmale

[FONA 2021; Capgemini 2020; McKinsey 2021]

- Sinkende Verfügbarkeit von Ressourcen

[Wellbrock 2021]

- Nachhaltiger Konsum durch Nutzung nachwachsender Rohstoffe

[Wellbrock 2021; Türk 2014,]



Bildquelle (links nach rechts):

<https://www.uhu.de/de/mehr/nachhaltigkeit>

<https://www.goopacko.de>

Zellstoff als nachhaltiger Rohstoff für Produkte

„(...) aus pflanzlichen Rohstoffen durch chemischen Aufschluss gewonnener Faserstoff, bei dem die nichtzellulosischen Bestandteile zum großen Teil herausgelöst sind (...)“ [Blechschmidt 2021]

- Hohe Verfügbarkeit der Ressourcen
(42 Mio. Tonnen Kapazität in Europa 2022)
[BGR 2019; Statista 2023]
- Ausgereifte etablierte Recyclingströme
[Blechschmidt 2021]
- Recyclingrate 80 %
[Türk 2014; Blechschmidt 2021]
- Biologisch abbaubar
[Barker 2018]



Bildquelle (links nach rechts):
<https://de-pack.de>
<https://www.pexels.com/de-de/suche/gras/>
<https://www.ufz.de/glues/de/>
<https://brennholzwerk-trier.de/>

konventionelle Papierformgebung

- mehrstufige Formungsprozess
- monotone Wanddicken
- Bauteilnachbearbeitung

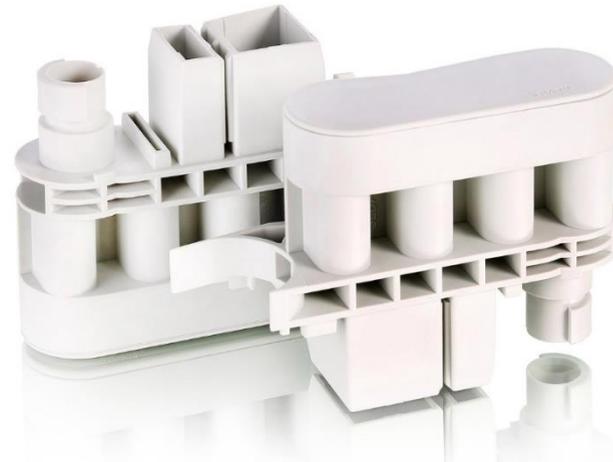


Fasergegossenes Bauteil

Bildquelle: <https://kiefel.com>

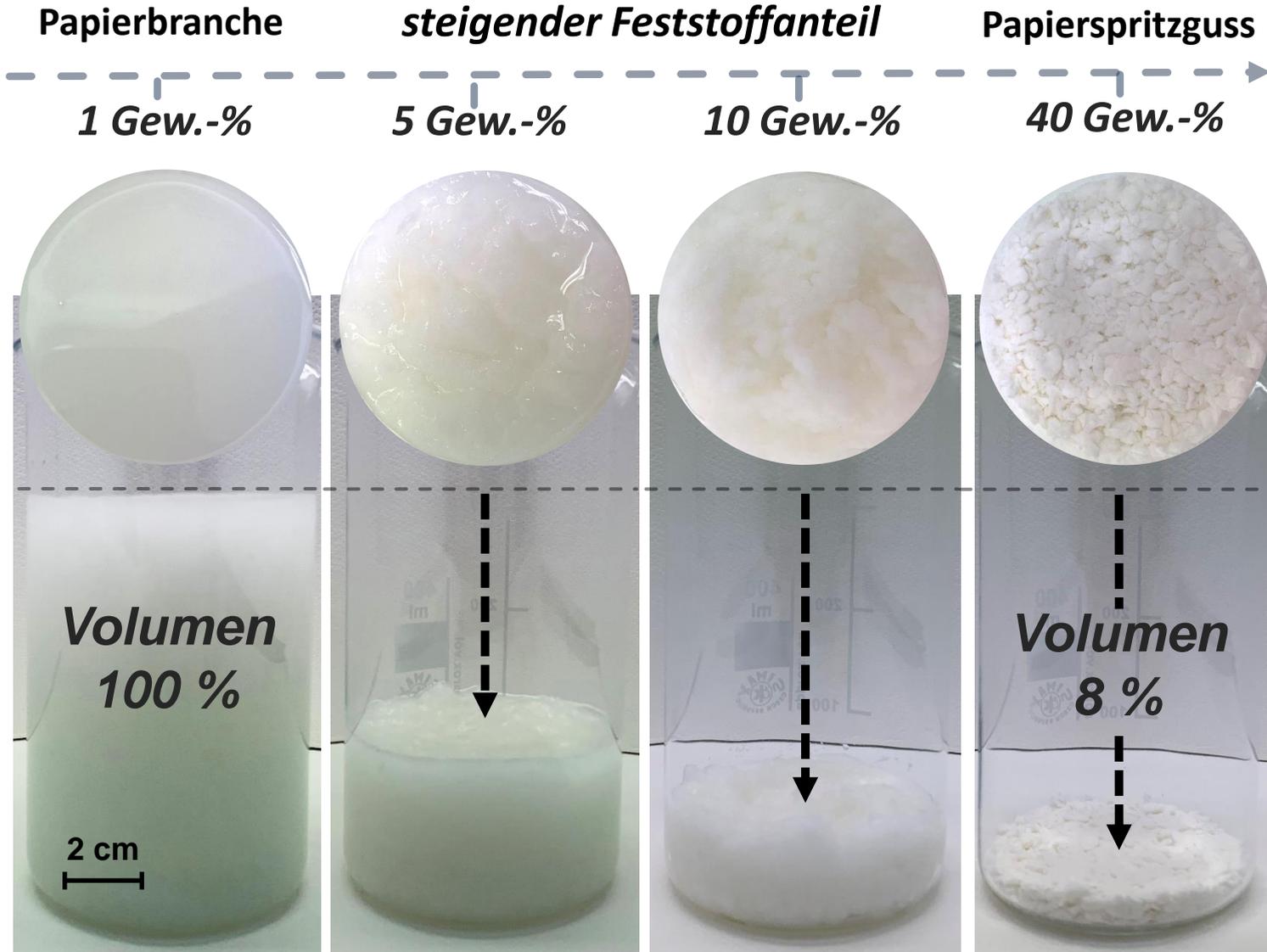
Spritzgussverfahren:

- Hohe Designfreiheit
- Hoher Automatisierungsgrad
- Einstufiger Formgebungsprozess
- Funktionsintegration
- Kombinationsmöglichkeiten
- Gute Infrastruktur



Komplexes Spritzgussbauteil

Bildquelle: <https://www.vonallmen.ch>



Grundlagen und Stand der Forschung

Forschungsbericht PTS – TU Clausthal

Zusammensetzung:

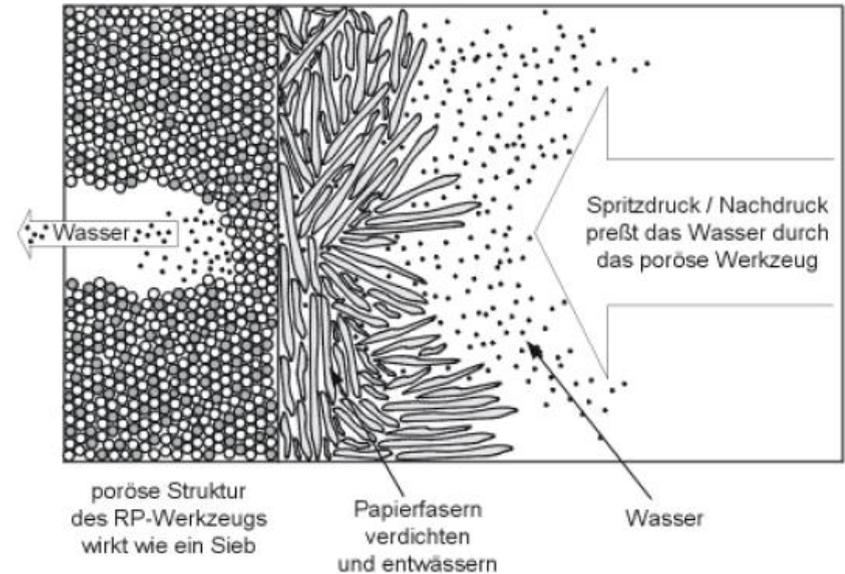
- Zellstoffanteil: 2 Gew.-%
- Wasseranteil: 98 Gew.-%
- Additivanteil: 0 Gew.-%

Lösung:

Durchströmen poröser Kavität

Formgebung:

- Füllen einer porösen Kavität mit
Excenterschneckenpumpe
- Trocknung in Kavität



Spritzgussgegossener Papier-Zugprüfstab

Probleme:

- Entmischung der Zellstoffsuspension
- Verstopfung der Spritzgussdüse
- Unvollständig gefüllte Bauteile

[Kleebauer und Kirchberg 2006]

Grundlagen und Stand der Forschung

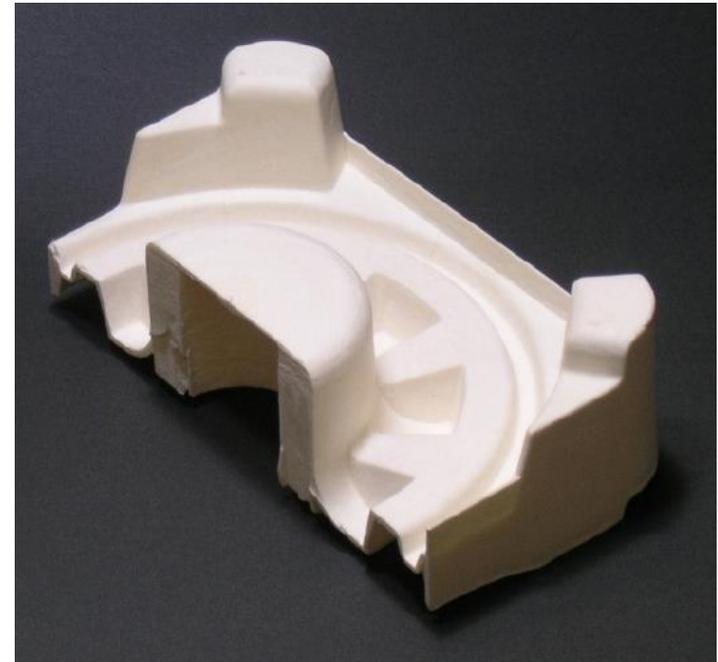
Forschung der Universität Tokio

Zusammensetzung:

- Zellstoffanteil: 36 Gew.-%
- Wasseranteil: 40 Gew.-%
- Additivanteil: 18 Gew.-% Stärke
6 Gew.-% PVA

Formgebung:

- Standard Spritzgussprozess
- Modifikation Öffnungs- & Schließhub
- Trocknung in Kavität durch öffnen und schließen der Kavität



Spritzgussbauteil aus Papier der Fa. Daiho

Quelle: <https://www.daiho-gr.co.jp/english/business/pim.html>

Probleme:

- Unregelmäßige Bauteilformen
- Lange Trocknungszeiten
- Bauteile mit Bindenähte und Risse

[Yokoi 2007; Yokoi 2010; Matsuzaka 2012; Matsuzaka 2017; Matsuzaka 2018]

Zielsetzung & Projektinhalte

Projektziel

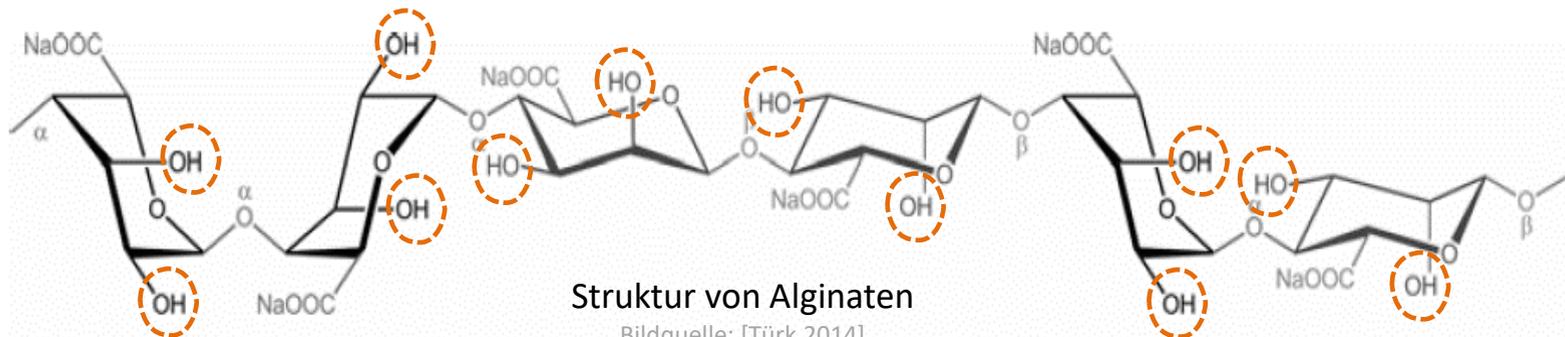
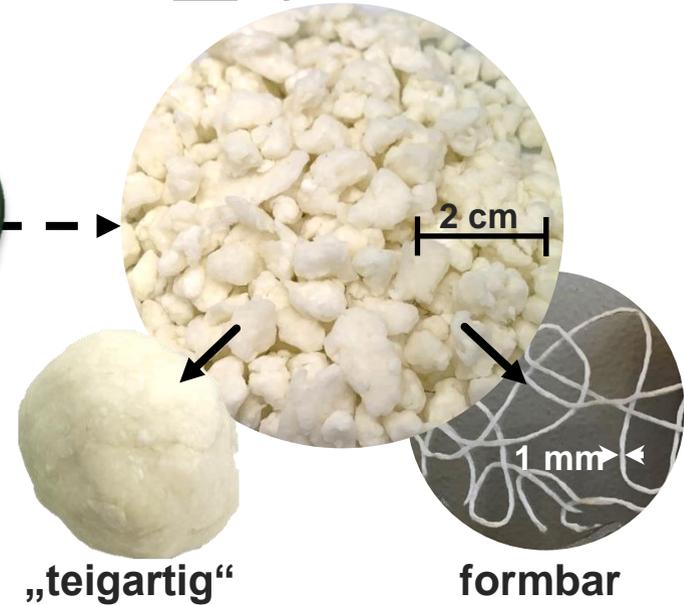
Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist es, die effiziente Herstellung von Papierbauteilen im Spritzgussverfahren zu ermöglichen:

- hoher Zellstoffgehalt des Bauteils (mind. 90 %)
- nachwachsende Materialien
- geringer Wasseranteil der Suspension
- stabiler Spritzgussprozess
- recyclebar

Zellstoffsuspension ohne Hydrokolloid



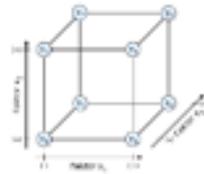
Zellstoffsuspension mit Hydrokolloid



Materialtechnisch:

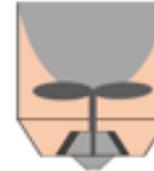
Zusammensetzung und Aufbereitung

Zellstoff, Prozessmedium
Additive



DoE

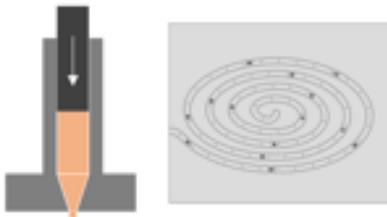
Dauer, Intensität, Temperatur,
Mischmethode, etc.



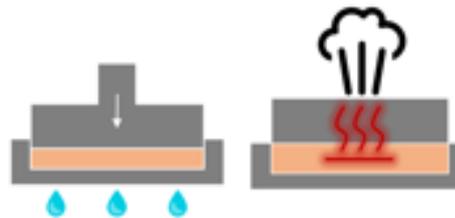
Werkstoff

Eigenschaften der Pulpe

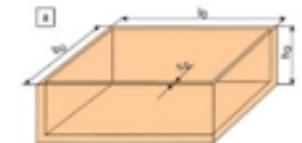
Fließverhalten



Trocknungsverhalten



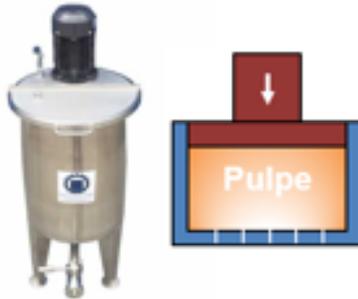
Bauteileigenschaften



Prozesstechnisch:

Verarbeitungs-
-technologie

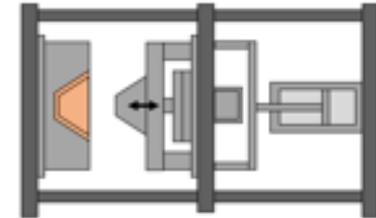
Werkstoff-
aufbereitung



Dosierung und
Einspritzen



Formgebung und
Entfeuchtung



Bauteiltechnisch:

Bauteil

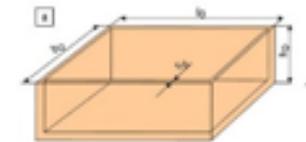
Parameter-
studie



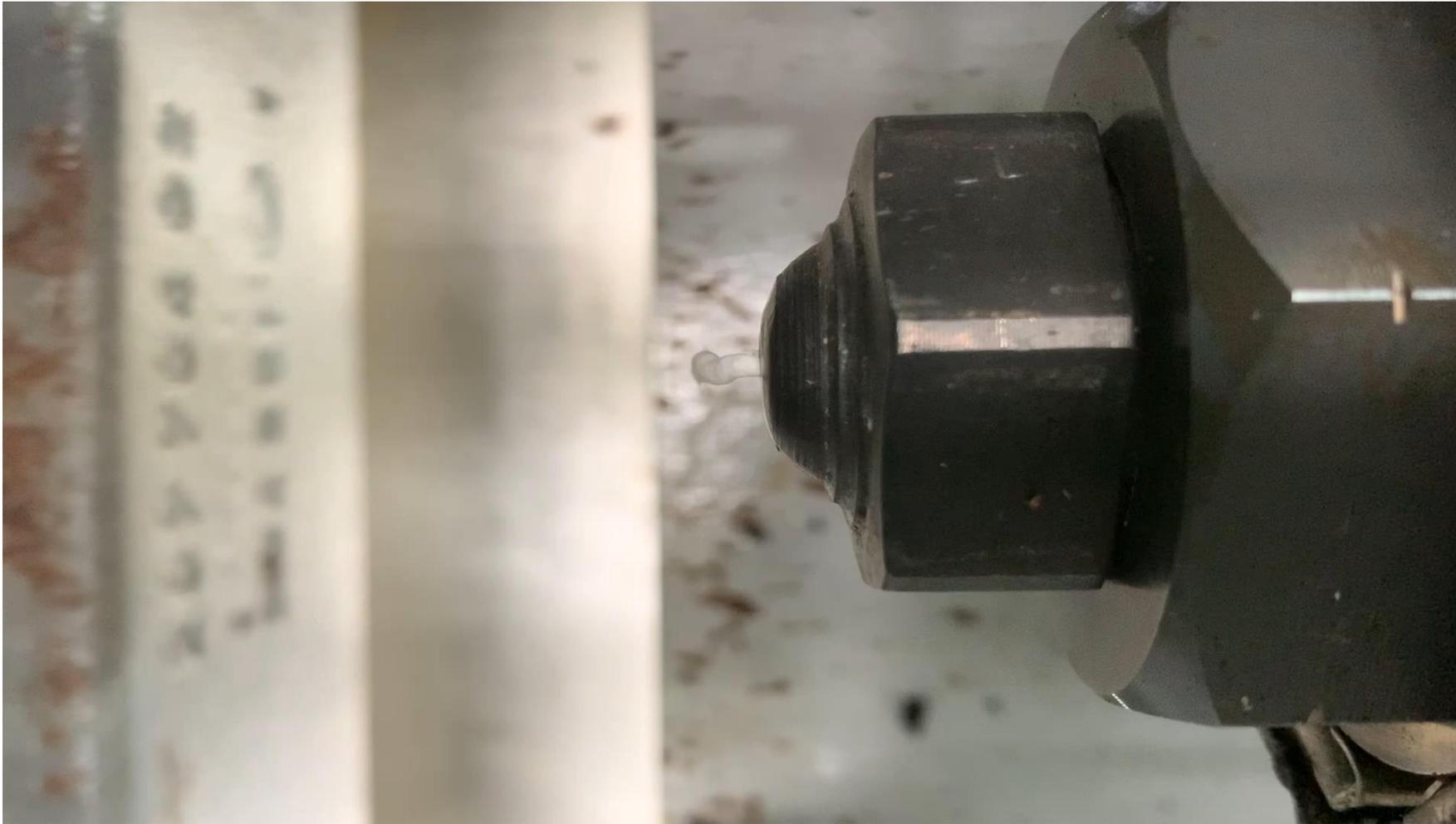
Herstellung von
Bauteilen



Prüfung der
Bauteile



Versuchsaufbau: Standardschnecke (25 mm) mit Rückstromsperre und Verschlussdüse



Ausgespritzter Papiergrundstoff (endloser Strang)

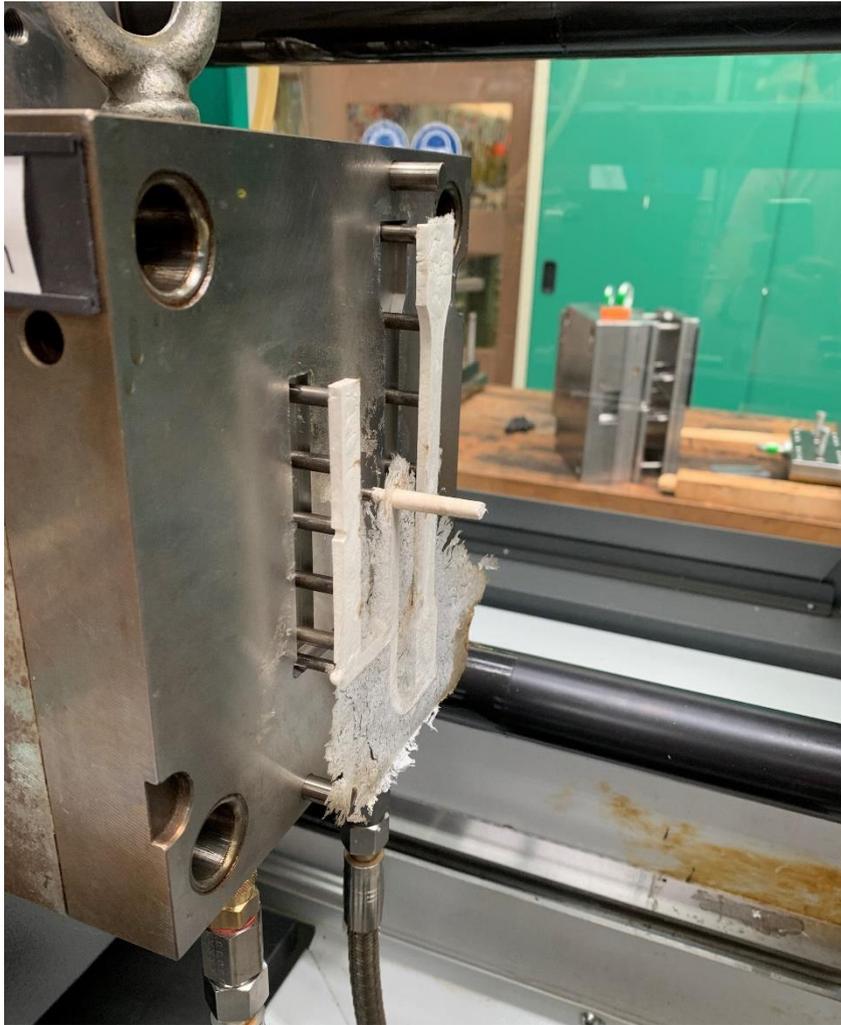
Papiergrundstoff: Buchenzellstoff / Additive < 3 Gew.-% / 40 Gew.-% Feststoffanteil



Ausgespritzter Papiergrundstoff
(endloser Strang)



Gezogene Spritzgusschnecke nach Aufdosierung



Prüfkörper in Spritzgusswerkzeug



Zugstab- und Kerbschlagprüfkörper

Fazit & Ausblick

Fazit:

- **Bisher unzureichende Produktqualität**
 - Prozessschwankungen
 - Bauteile mit Bindenähte

- **Ineffizienter Prozess**
 - lange Trocknungszeiten
 - Hoher Energiebedarf

Ausblick:

- **Notwendigkeit der Charakterisierung und Optimierung der Suspensionen**
 - Homogenität?
 - Fließverhalten?
 - Entmischungen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Niclas Schillinger
niclas.schillinger@th-rosenheim.de
+49 (0) 8031 805-2839

KraussMaffei
Pioneering Plastics



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

VDI

- Barker, T. (2018): Vergleich von Karton und Kunststoff Nachhaltigkeit in der Verpackung. Hg. v. Truffula Ltd. Pro Carton.
- Blechsmidt, J. (2021): Taschenbuch der Papiertechnik. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- Bos, J. H.; Veenstra, P.; Verhoeven, H.; P.D. de, Vos (2006): Das Papierbuch. Handbuch der Papierherstellung. 2., korr. Aufl. Houten: ECA Pulp & Paper b.v.
- FONA/BMBF: Verbraucherreaktionen bei Plastik und dessen Vermeidungsmöglichkeiten am Point of Sale (VerPlaPoS), Abschlussbericht 31.05.2021.
- Kleebauer, M.; Kirchberg, S. (2006): Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Spritzgussteilen aus Papierfaserstoffen. Hg. v. PTS/PuK-Forschungsbericht.
- Matsuzaka, K. (2018): Clarification and Optimization of Molding Process in Pulp Injection Molding. Dissertation. The University of Tokyo.
- Matsuzaka, Keisuke; Maruno, Mitsuyoshi; Masuda, Norimichi; Yokoi, Hidetoshi (2017): Study on Pulp Injection Molding (Part- 4). Stabilization of a Metering Process and Optimization of Mold Open/Close Operations for a Drying Process. In: *Seikei-Kakou* 29 (12), S. 470–476. DOI: 10.4325/seikeikakou.29.470.
- Matsuzaka, Keisuke; Yokoi, Hidetoshi (2012): Study on Pulp Injection Molding (Part 2) —Influence of Material Compositions on Mechanical Characteristics and Occurrence of Internal Voids—. In: *Seikei-Kakou* 24 (12), S. 712–717. DOI: 10.4325/seikeikakou.24.712.
- Matsuzaka, Keisuke; Yokoi, Hidetoshi (2017): Study on Pulp Injection Molding (Part-3). Static Visualization Analysis of Material Flow Behaviors in Thickness Change Area. In: *Seikei-Kakou* 29 (10), S. 369. DOI: 10.4325/seikeikakou.29.369.
- Matsuzaka, Keisuke; Yokoi, Hidetoshi (2018): Study on Pulp Injection Molding (Part 5) —Dynamic Visualization Analysis of Material Flow Behaviors inside Mold—. In: *Seikei-Kakou* 30 (9), S. 499–504. DOI: 10.4325/seikeikakou.30.499.
- McKinsey & Company (17.05.2021): Corona-Pandemie verstärkt den Trend zu nachhaltigem Konsum.
- N.N. (2020): Capgemini Research Institute, Sustainability in Consumer Products and Retail Survey.
- N.N. (2023): Kapazität, Produktion und Verbrauch von Zellstoff in der europäischen Papier- und Zellstoffindustrie in den Jahren 1991 bis 2022. Hg. v. CEPI. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/196972/umfrage/kapazitaet-und-verbrauch-von-zellstoff-in-der-papier-und-zellstoffindustrie/>.
- N.N. BGR (2019): Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoff (2020): Deutschland - Rohstoffsituation 2019. - 150 S.; Hannover.
- Türk, O. (2014): Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe: Springer.
- Wellbrock, Wanja; Ludin, Daniela (2021): Nachhaltiger Konsum. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Yokoi, Hidetoshi; Maruno, Mitsuyoshi (2007): Pulp Injection Molding (PIM) Technology Development Trends. (パルプ射出成形 (PIM) の技術開発動向). In: *Seikei-Kakou* 19 (11), S. 681–686. DOI: 10.4325/seikeikakou.19.681.
- Yokoi, Hidetoshi; Matsuzaka, Keisuke; Maruno, Mitsuyoshi (2010): Study on Pulp Injection Molding (Part-1) —Measurement of Flow Behavior of Molding Compounds Using Bar-flow Cavity and Characteristics of Molded Products—. In: *Seikei-Kakou* 22 (11), S. 645–651. DOI: 10.4325/seikeikakou.22.645.