TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Strukturleichtbau Kunststoffverarbeitung

Berechnung und Auslegung faserverstärkter Umlenkrollen für die Aufzugstechnik

SAXSIM Chemnitz, 26.03.2019

Europäische Union

Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

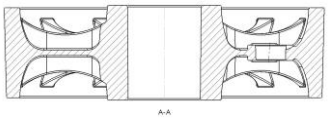
ZIM
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

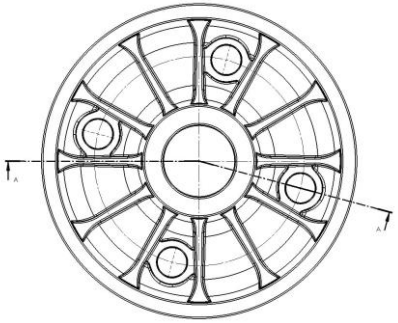
Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

AMB OBERLUNGWITZ GMBH

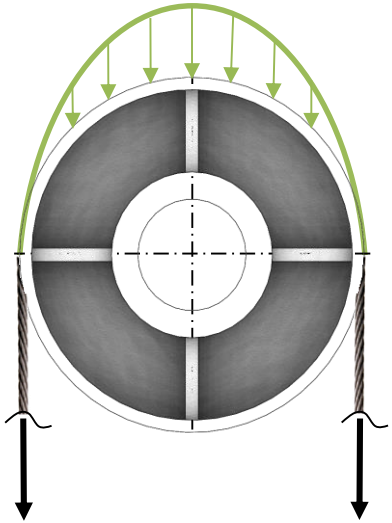
Mikolaj Katkowski (TU Chemnitz)
H. Gerlach, H. Müller, M. Klingelhöfer, R. Ziesch, M. Spieler, W. Nendel, L. Kroll (TU Chemnitz)
F. Bochmann (AMB Oberlungwitz GmbH)

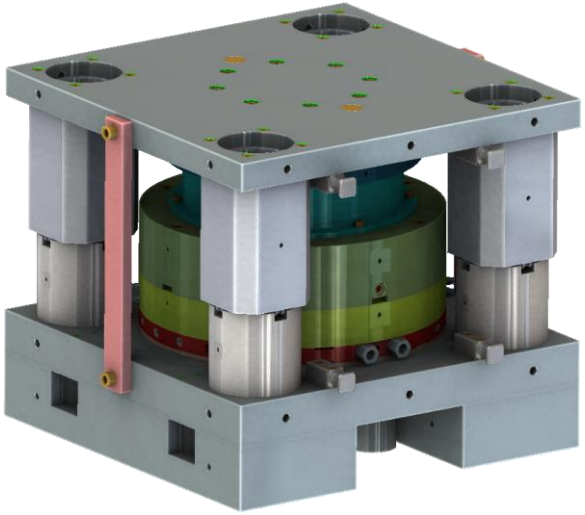
Agenda





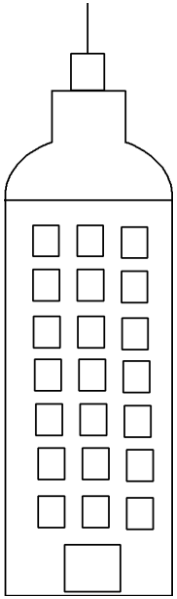
- Ausgangssituation
- Anforderungen
- Bauteilentwicklung und Demonstratorrealisierung
- Prozesskettengestaltung
- Validierung
- Herausforderungen und Lösungsansätze
- Ausblick

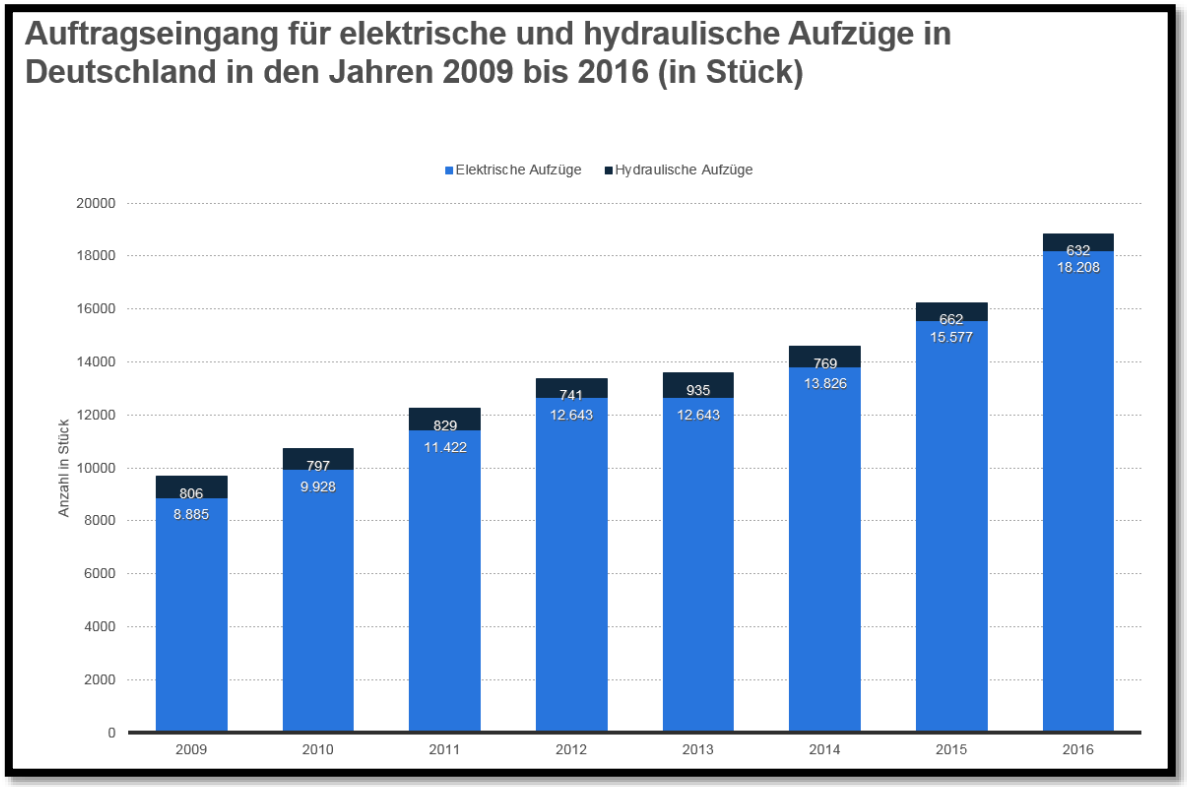




Vgl. [8]

Ausgangssituation

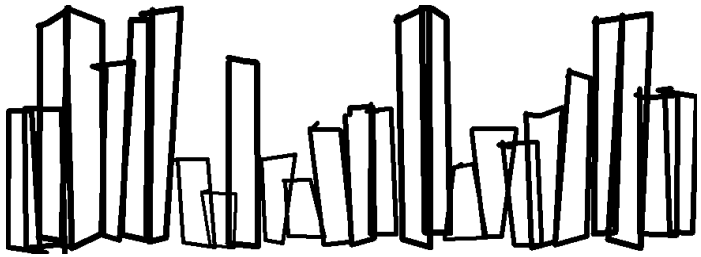




[1]

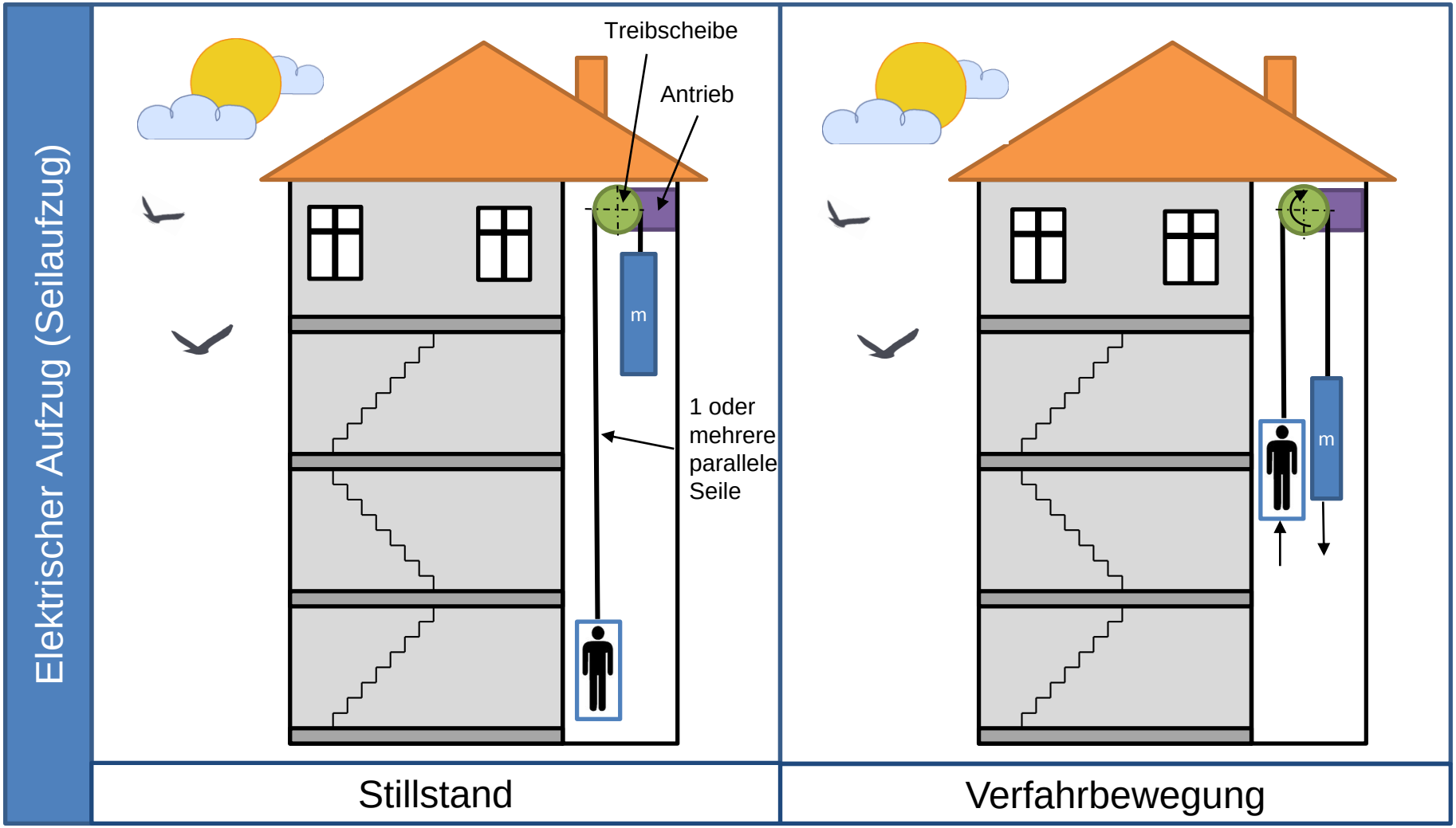
Steigender Bedarf an Aufzugsanlagen durch

- Urbanisierung
- Stadtverdichtung und vertikalen Städtebau
- Regelungen/Normen zur Barrierefreiheit
- Demographischen Wandel
- Wachsenden Wohlstand



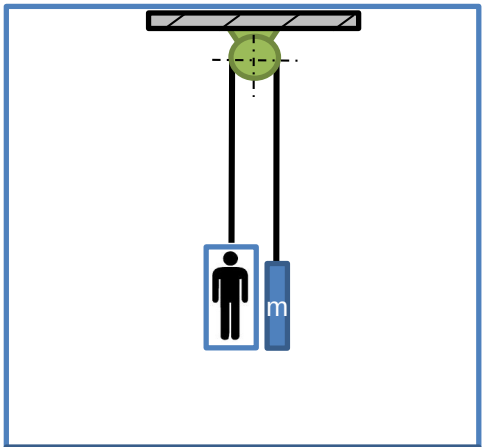
Vgl. [8]

Allgemeiner Aufbau eines Seilaufzuges

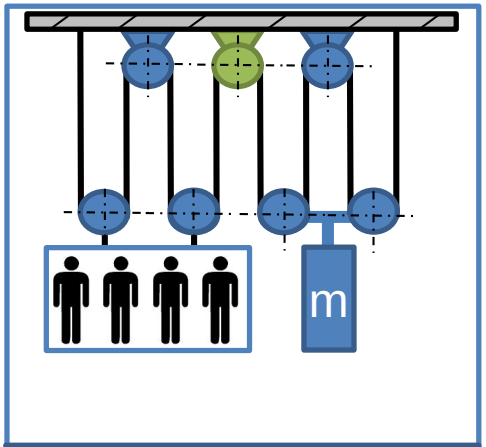


Vgl. [8]

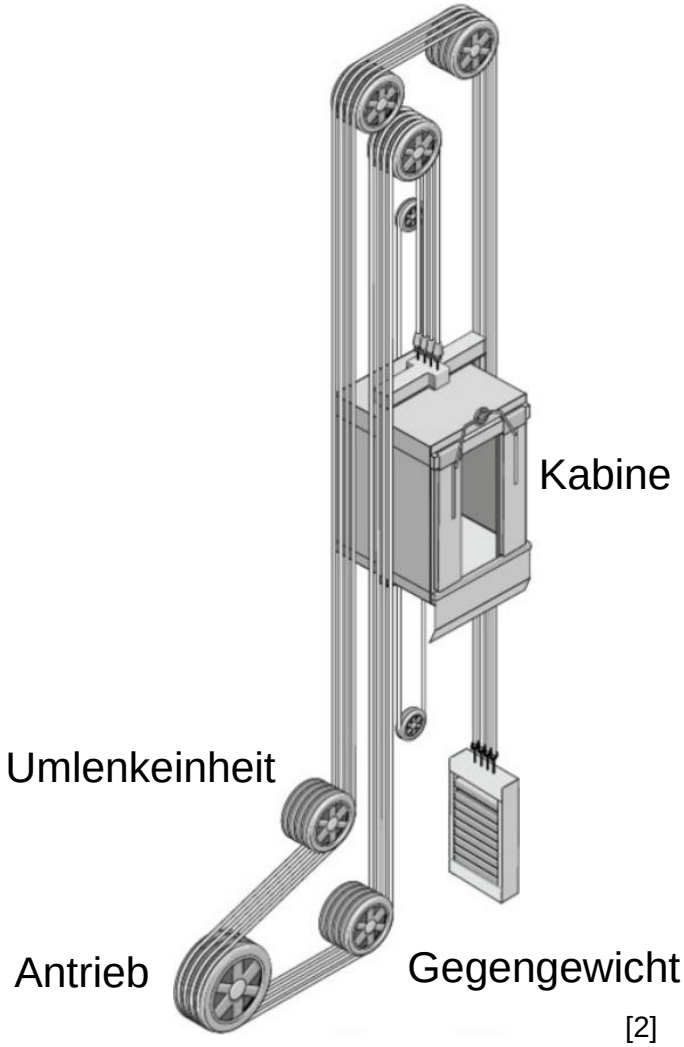
Umlenkeinheiten im Aufzug



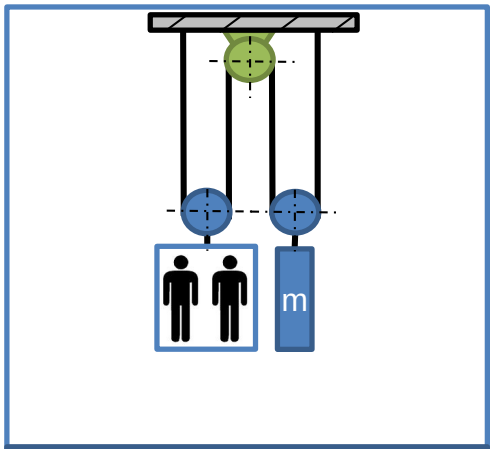
1:1



4:1



[2]

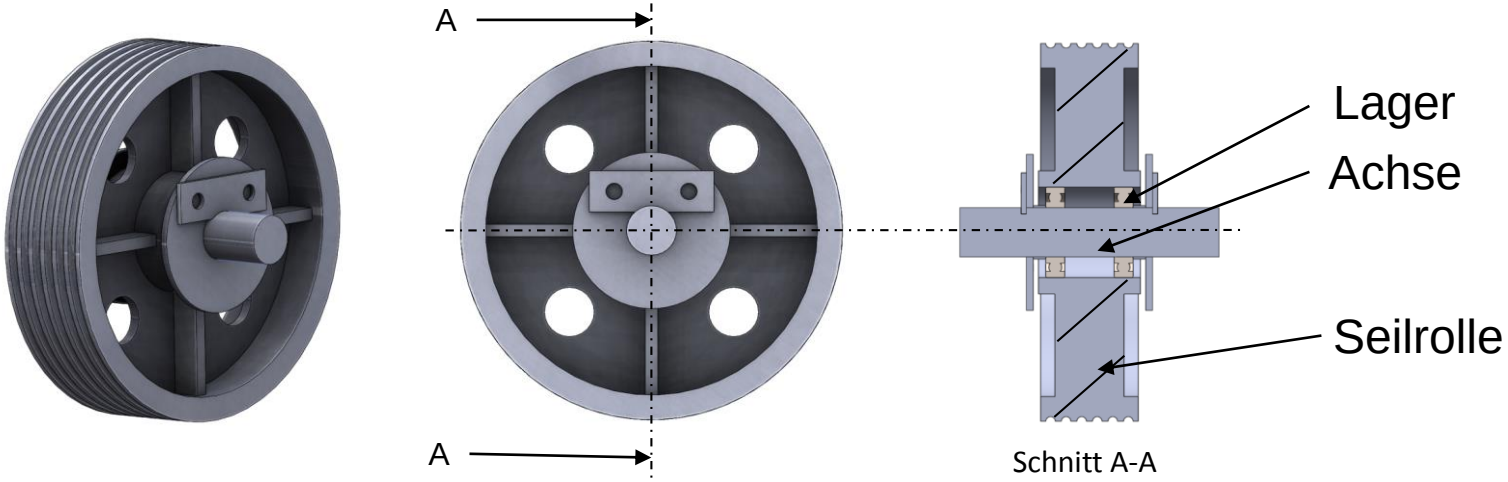


2:1

Je nach individueller Aufzugskonstruktion ist eine Vielzahl an Umlenkeinheiten notwendig.

Vgl. [8]

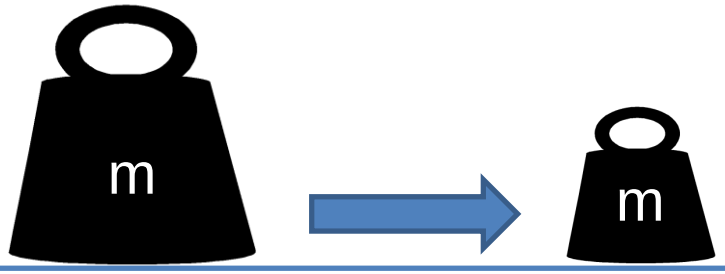
Konventionelle Umlenkeinheit



- Seilrollen konventionell aus Grauguss
- Sehr hohe Masse
- Sehr hoher Montageaufwand
  - Personell
  - Equipment
  - Zeit
- Ungünstig hinsichtlich Arbeitssicherheit
- Ungünstig hinsichtlich Ergonomie

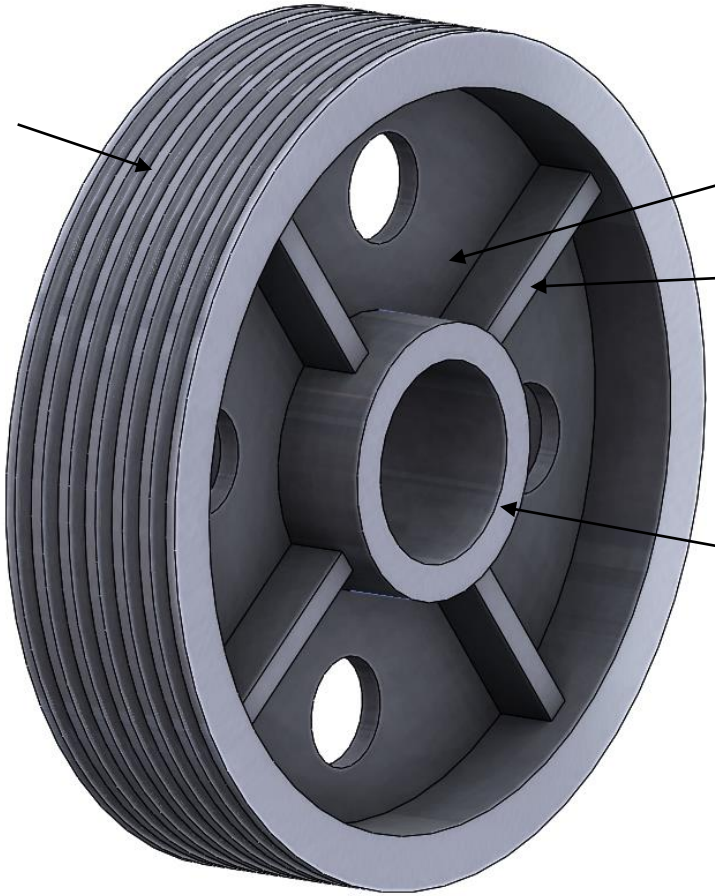
Entwicklungsziel

Seilrollen in Leichtbauweise



Vgl. [8]

Aufbau Seilrolle



Vgl. [8]

Geometrische Vielfalt

- Große Vielfalt hinsichtlich der geometrischen Merkmale in Abhängigkeit von u.a.:
  - Beanspruchung im Aufzug (Last und Geschwindigkeit)
  - Seilart, -durchmesser und -anzahl
  - Individuelle Aufzugskonstruktion (Bauraumbedingungen)
  - Nationalen/internationalen Normen sowie Standards

Modifikation 1

Modifikation 2

Modifikation 3

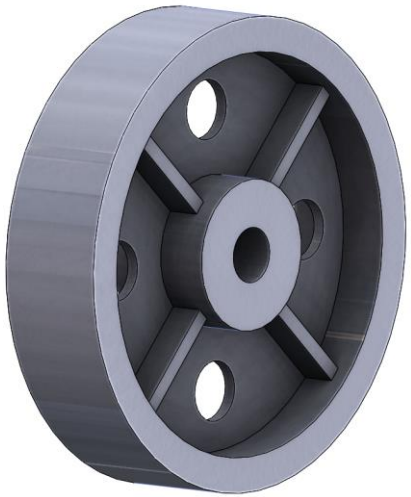
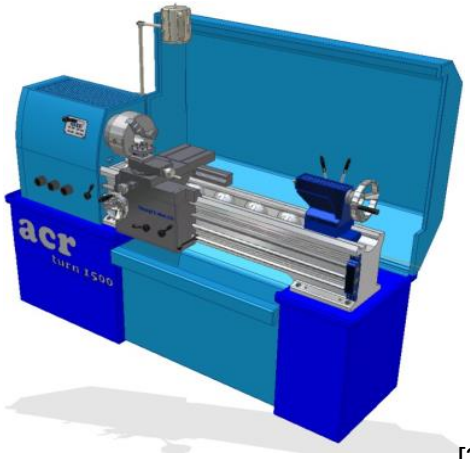
...

Modifikation n

Vgl. [8]

Geometrische Vielfalt

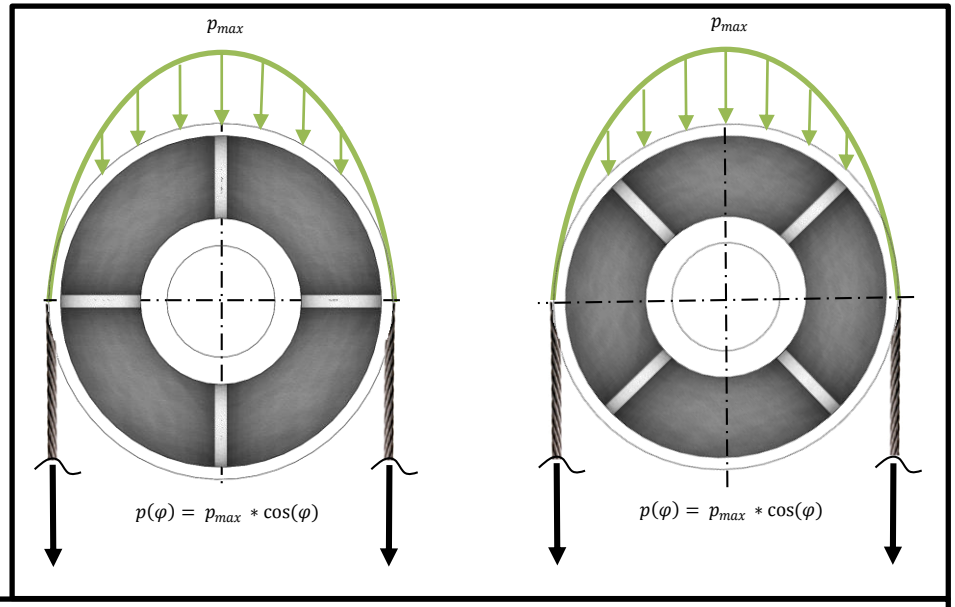
Um die große geometrische Vielfalt wirtschaftlich bewerkstelligen zu können, ist es zielführend, Rohteile mit Bearbeitungsaufmaß zu fertigen, welche in nachgelagerten Prozessschritten durch mechanische Bearbeitung auf Endmaß gebracht werden.

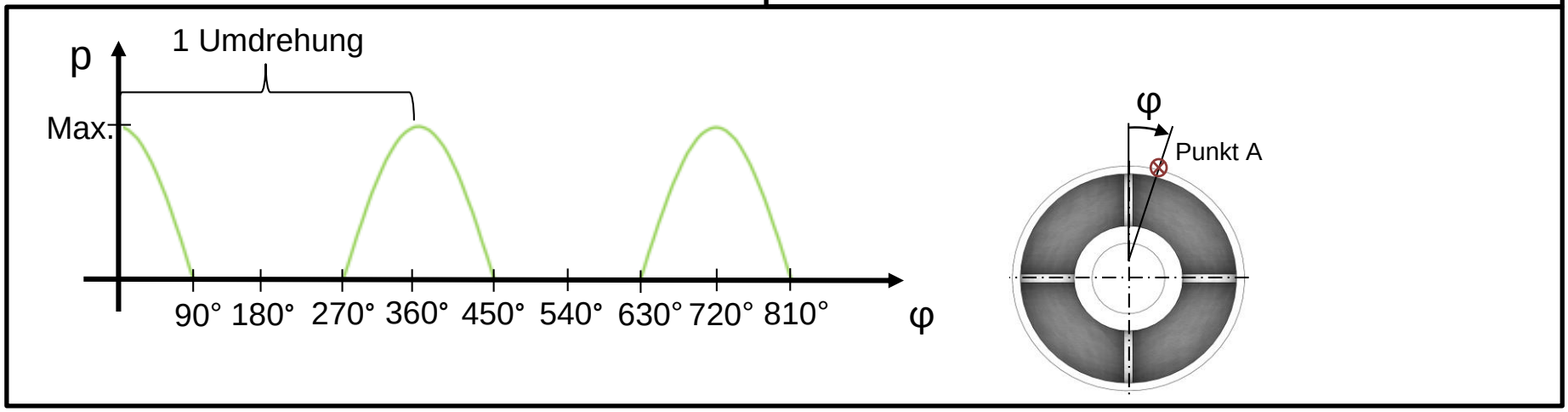
	 [3]	
Rohteil mit Bearbeitungsaufmaß	Mechanische Bearbeitung	Kundenspezifische Endmaße

Vgl. [8]

Belastungen

- Stehende Last, umlaufende Seilrolle
- Kosinus-förmige Lastverteilung
- Lastmaximum im Zenit der Umschlingung (Zenit entspricht φ = 0°)
- Schwellende Belastung
- 2 Hauptlastfälle:
  - p_{max} direkt auf Rippe
  - p_{max} zwischen 2 Rippen



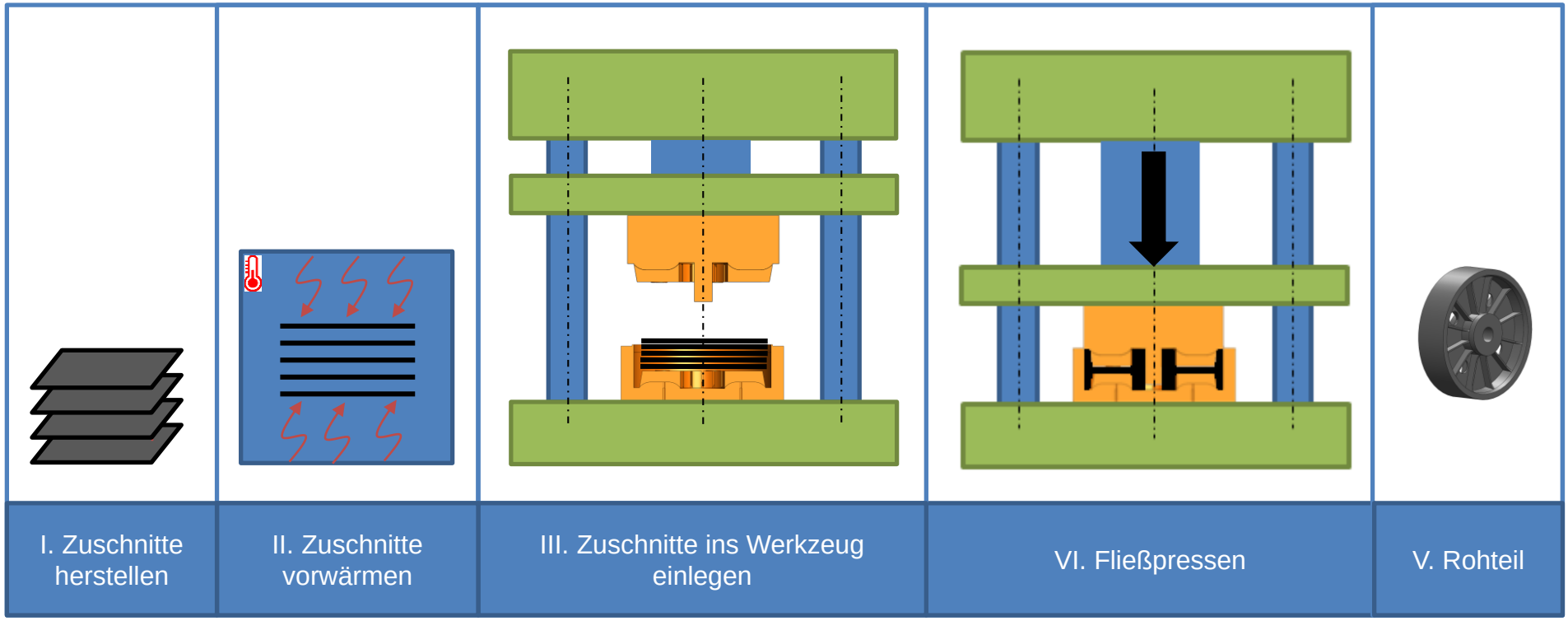


Vgl. [8]

Technologieansatz

Fließpressen glasmattenverstärkter Thermoplaste (GMT) [4]

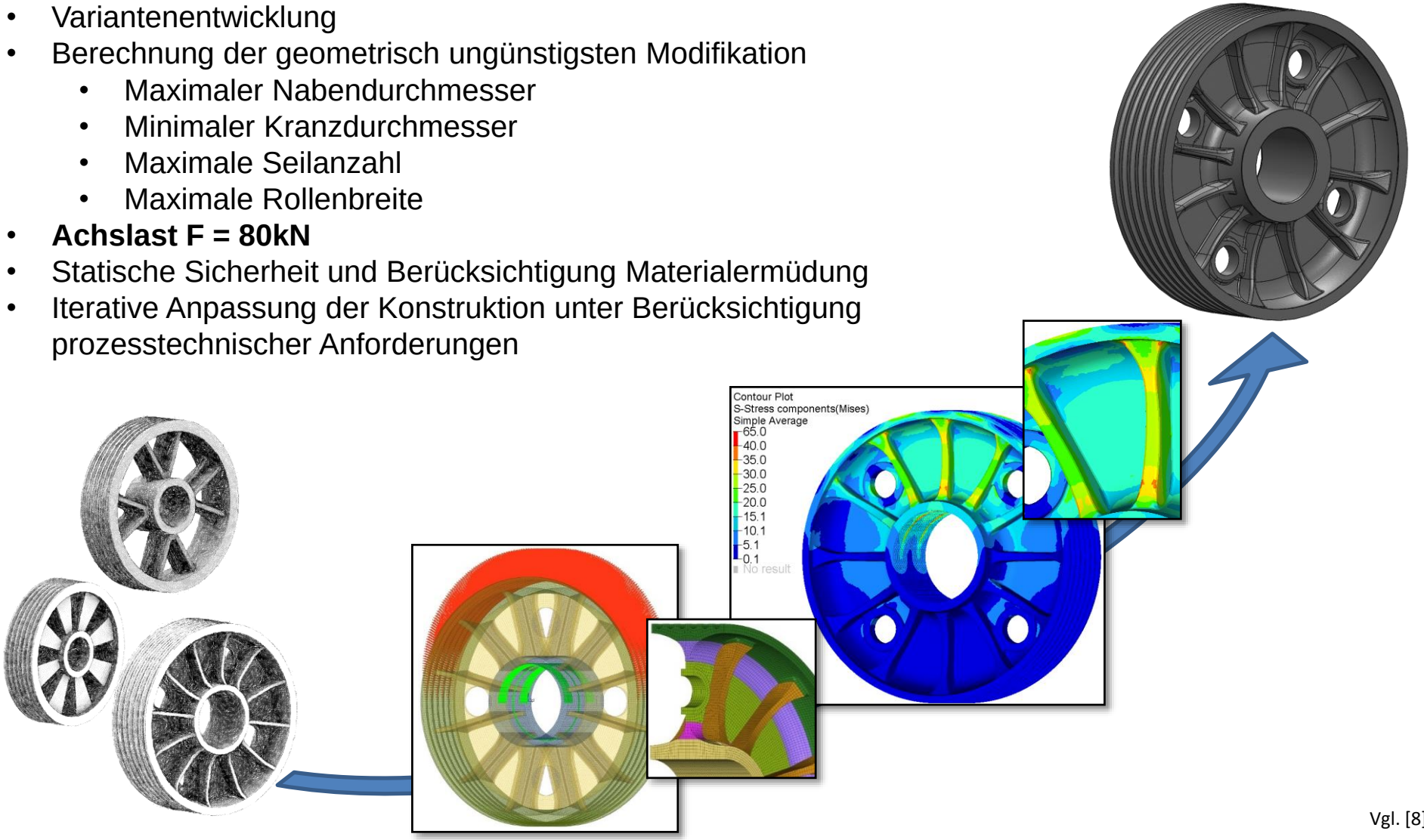
- Langfaserverstärkung, Faserlänge bis zu 50mm
- Große Wandstärken möglich
- Vorzugsweise GMT30 (Standard-GMT mit PP-Matrix und 30% Glasfasermassenanteil)



Vgl. [8]

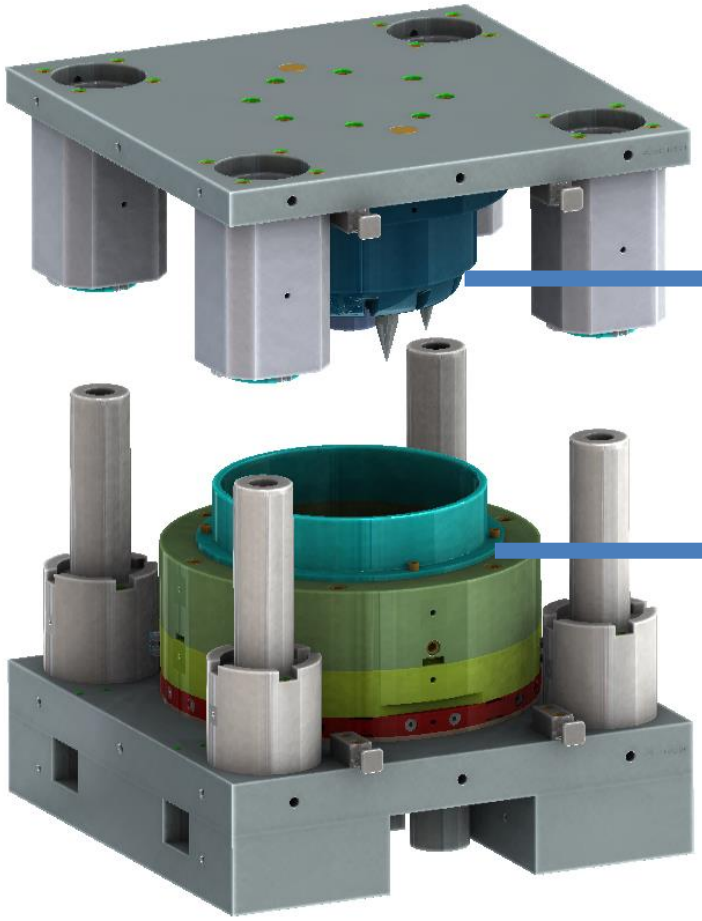
Konstruktive Entwicklung und Auslegung

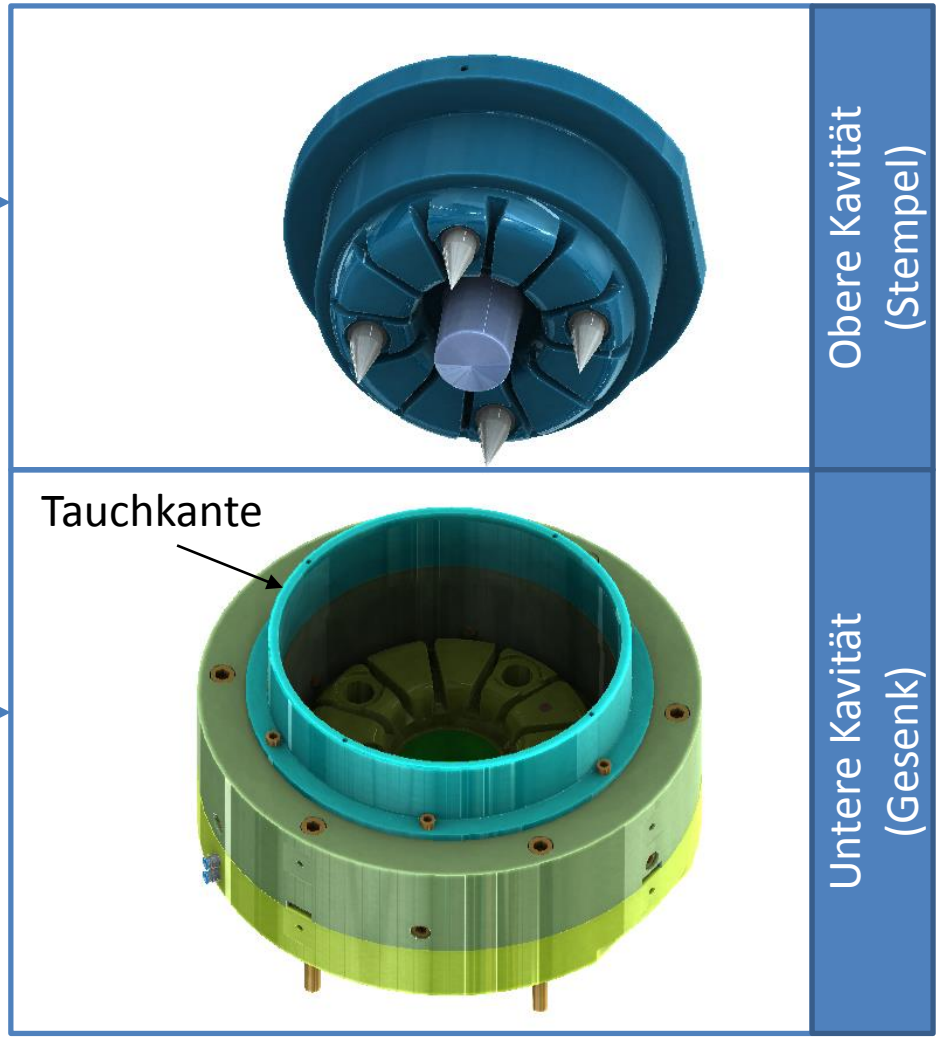
- Variantenentwicklung
- Berechnung der geometrisch ungünstigsten Modifikation
  - Maximaler Nabendurchmesser
  - Minimaler Kranzdurchmesser
  - Maximale Seilanzahl
  - Maximale Rollenbreite
- **Achslast F = 80kN**
- Statische Sicherheit und Berücksichtigung Materialermüdung
- Iterative Anpassung der Konstruktion unter Berücksichtigung prozesstechnischer Anforderungen



Vgl. [8]

Entwicklung von Versuchskavitäten

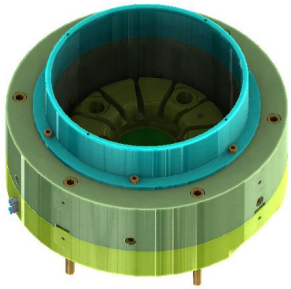


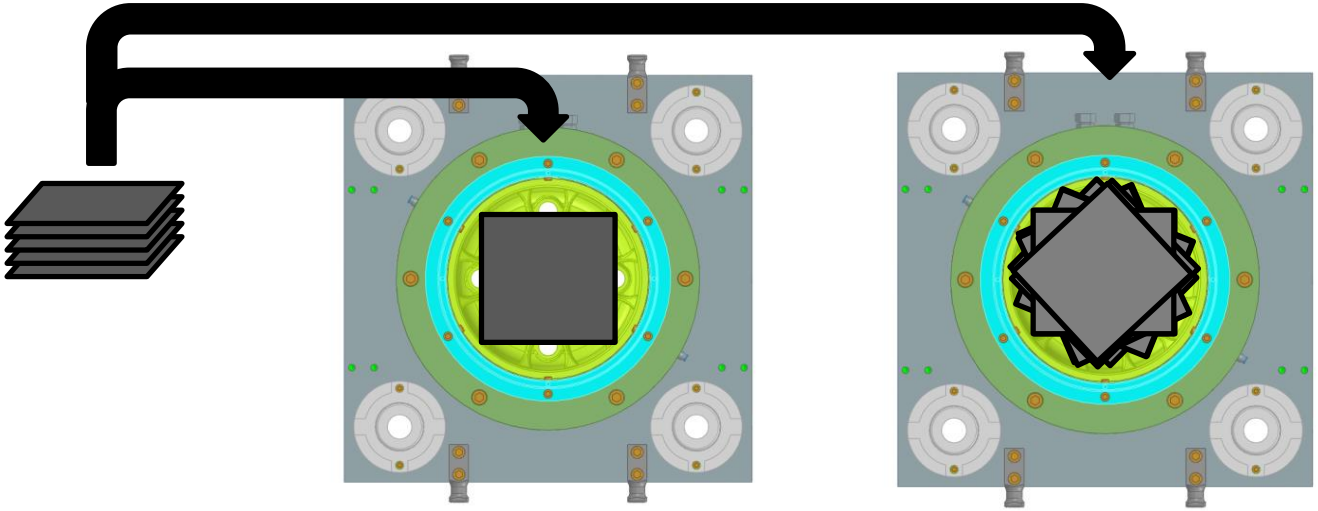


Vgl. [8]

Zuschnittentwicklung

- Einfache Zuschnittgeometrie
  - Quadratisch
  - Kongruent
  - Geringe Zuschnittanzahl
- Einfache Zuschnitttechnologie → Zuschnitt durch Schlagschere
- Kein Verschnitt
- Kreisförmiges Gesamtpaket durch Variation der Einlegewinkel
  - Reduktion der Fließwege

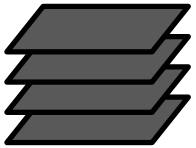




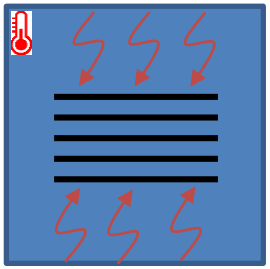
Untere Kavität, Ansicht von oben

Vgl. [8]

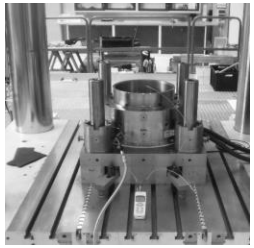
Prozesskettenaufbau
Fertigungstechnische Versuche

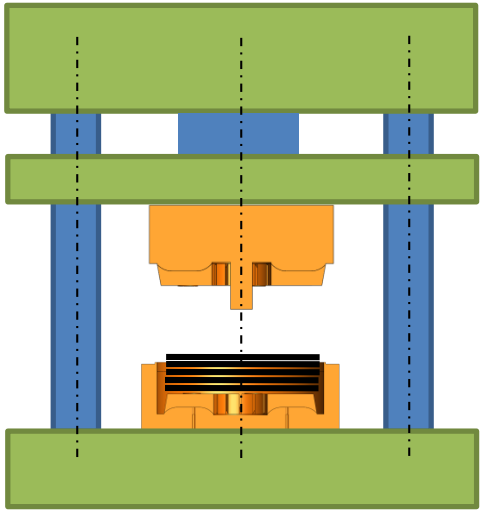


I. Zuschnitte herstellen

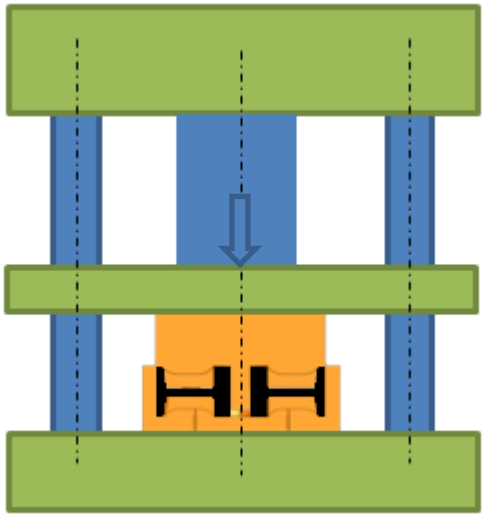


II. Zuschnitte vorwärmen





III. Zuschnitte ins Werkzeug einlegen



IV. Fließpressen

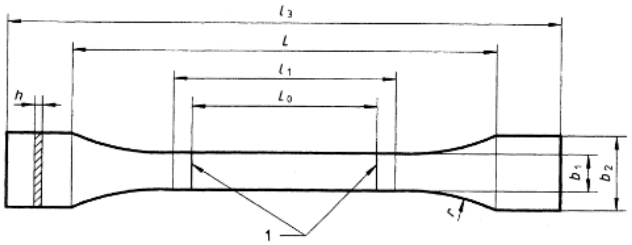
V. Rohteil

Vgl. [8]

Bestimmung der Materialkennwerte

Zugprüfung nach DIN ISO 527-2 [5, 6]

- Statische Prüfmaschine Zwick/Roell Z010 TN ProLine
- Temperaturen: -30 °C, RT, +80 °C;
- Orientation φ: 0°, 45°, 90°;
- Anzahl Proben in Serie (T, O., Mat.) : 10



Legende

1	Messmarken	
b_1	Breite des engen parallelen Teils:	10 mm ± 0,2 mm
b_2	Breite an den Enden:	20 mm ± 0,5 mm
h	Dicke:	≤ 1 mm
L_0	Messlänge:	50 mm ± 0,5 mm
L_1	Länge des engen parallelen Teils:	60 mm ± 0,5 mm
L	Anfangsabstand der Einspannklemmen:	115 mm ± 5 mm
l_3	Gesamtlänge:	≥ 150 mm
r	Radius:	≥ 60 mm (empfohlener Radius 60,0 mm ± 0,5 mm)

Bild 3 — Probekörper Typ 1B

Probekörper Typ 1B nach DIN ISO 527-3

Alle Proben wurden mit Wasserstrahl geschnitten

Bestimmung der Materialkennwerte (Auszug)

Ergebnisse GMT30 bei T = -30°C und φ = 0°

Prüfergebnisse:

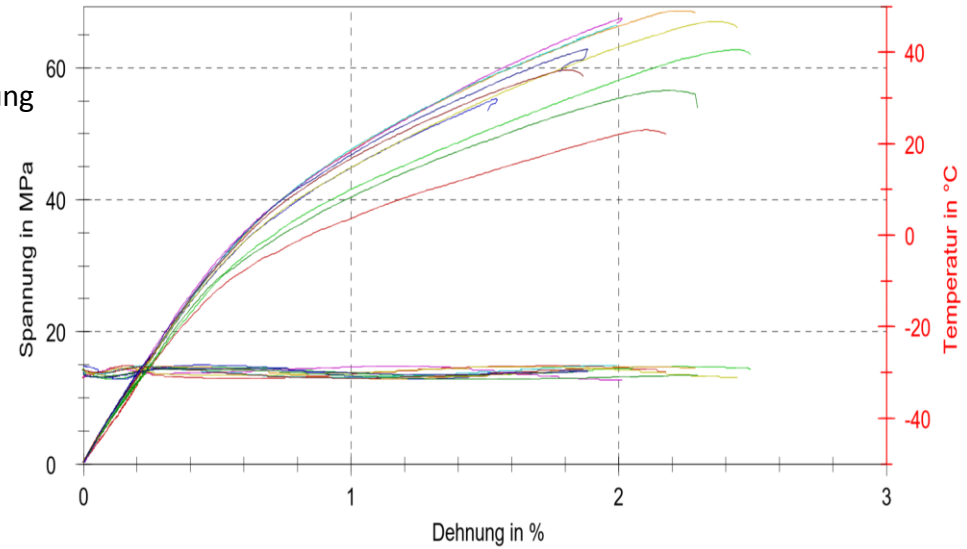
Legende	Nr	Probe	E_t MPa	F_M N	σ_M MPa	ε_M %
	1	0°-1_1	5776	2482,34	50,6	2,1
	2	0°-1_2	5616	3064,83	62,8	2,4
	3	0°-1_3	5945	2683,80	55,3	1,5
	4	0°-1_4	5843	3359,87	68,6	2,2
	5	0°-1_5	6558	3302,59	67,5	2,0
	6	0°-1_6	6106	3223,88	66,4	2,0
	7	0°-1_7	6020	3292,92	67,0	2,4
	8	0°-1_8	6028	2918,81	59,7	1,8
	9	0°-1_9	5825	2761,20	56,5	2,2
	10	0°-1_10	6255	3098,21	62,8	1,9

Statistik:

Serie n = 10	E_t MPa	F_M N	σ_M MPa	ε_M %
$\bar{x}$	5997	3018,84	61,7	2,1
s	268	297,93	6,05	0,3
ν	4,46	9,87	9,80	13,18

Tabelle Durchschnittliche Eigenschaften von GMT nach der Zugprüfung

Material	GMT30	GMT50
ϕ [°]	0°	0°
T [°C]	RT	RT
Et [MPa]	4025	8856
σm [MPa]	50,6	129
εm [%]	1,9	1,9

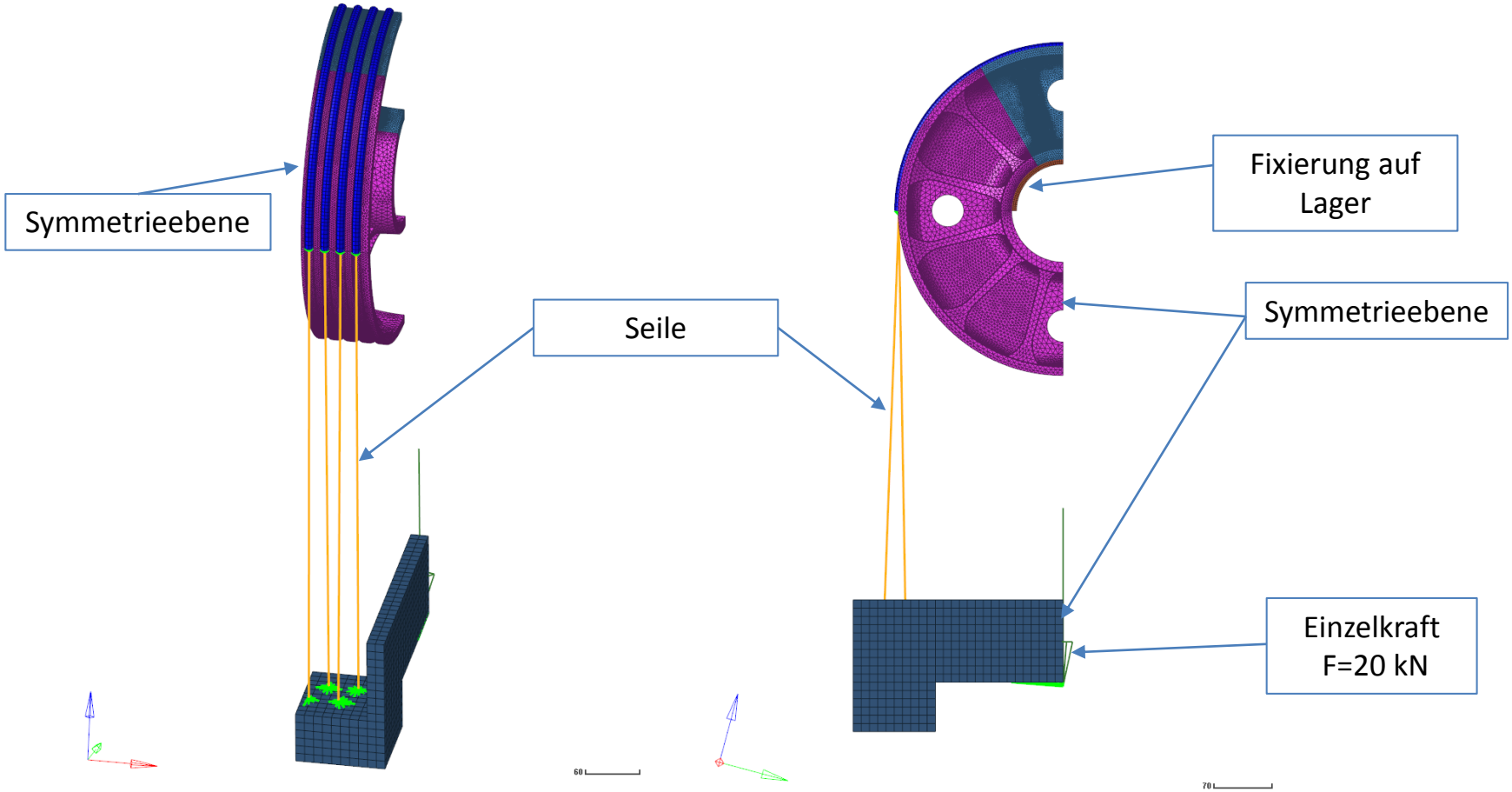


Beispiel der Spannungs-Dehnungs Kurve für GMT30, ϕ = 0°, T = -30°C

Numerische Validierung

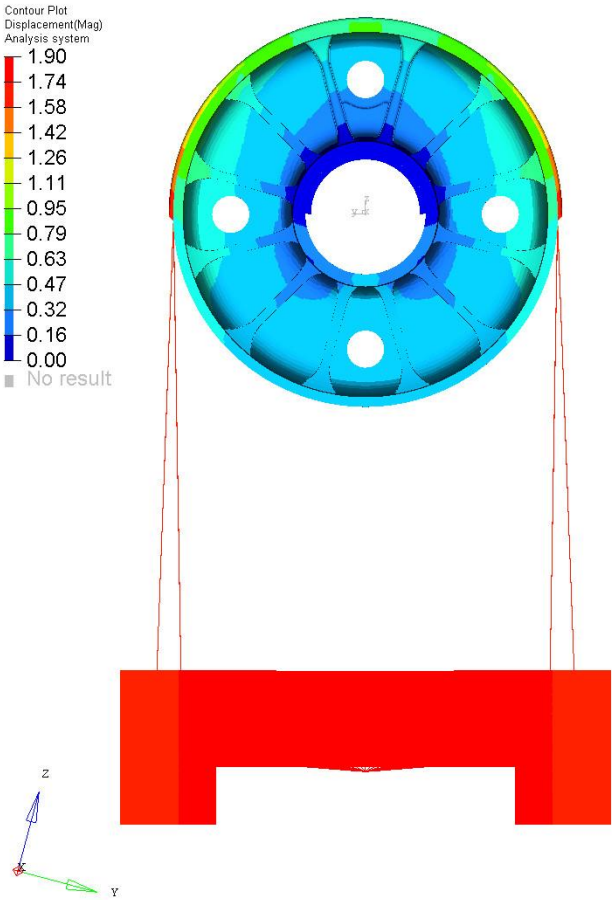
Randbedingungen

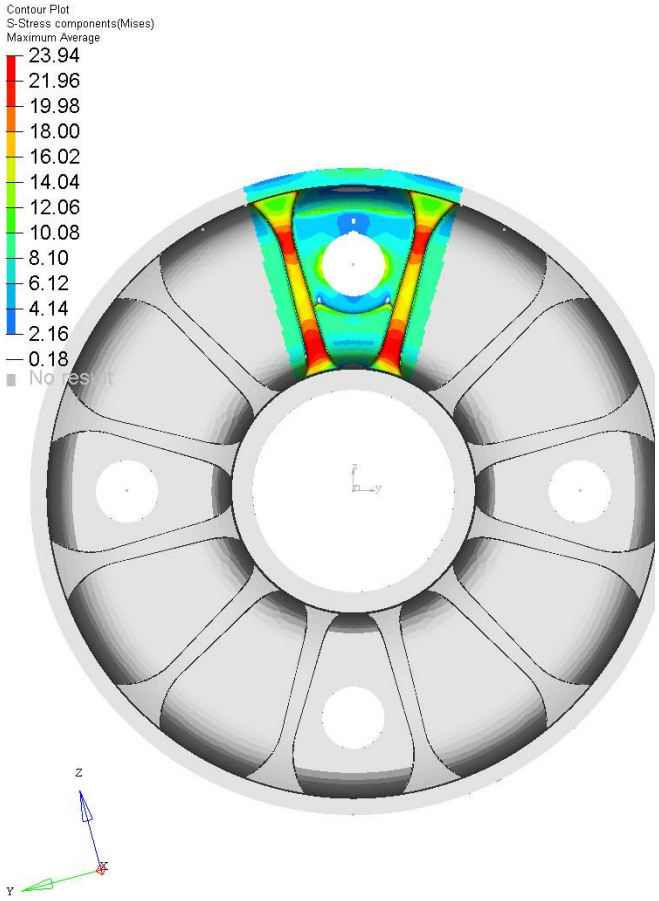
- Modellierung mittels 2-fach-Symmetrie (Viertelmodell)

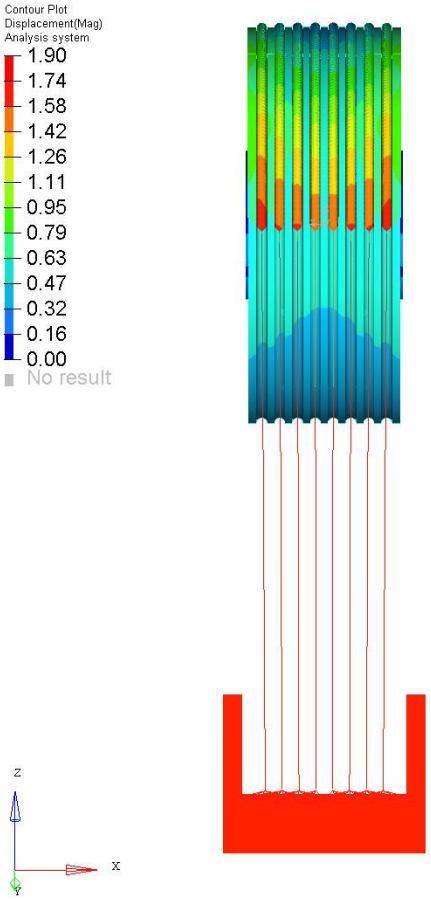


Ergebnisse

Beispielhaft für eine Rollenvariante aus GMT30

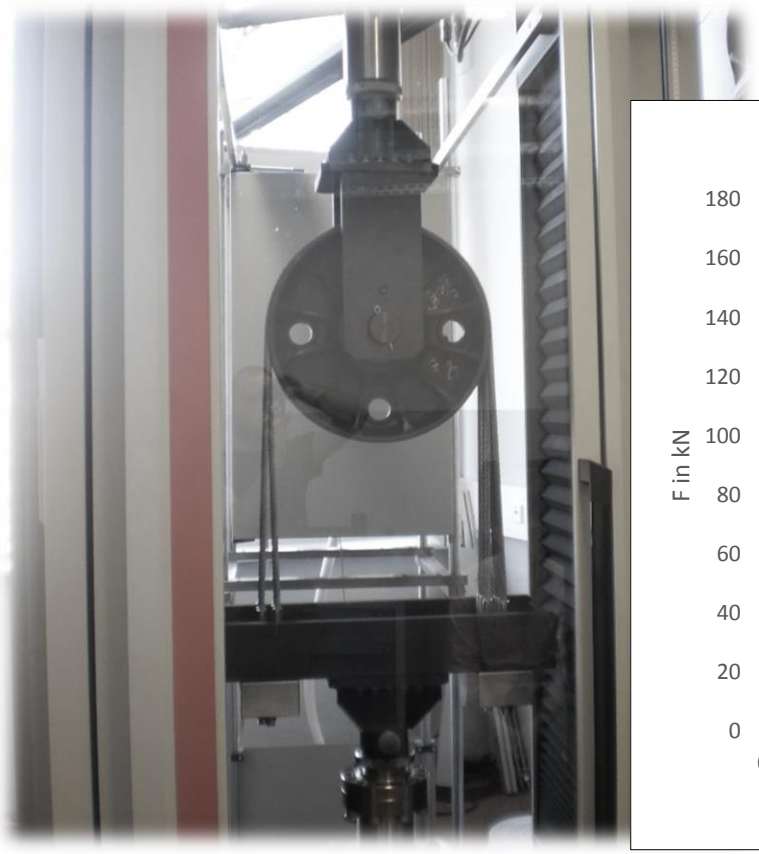


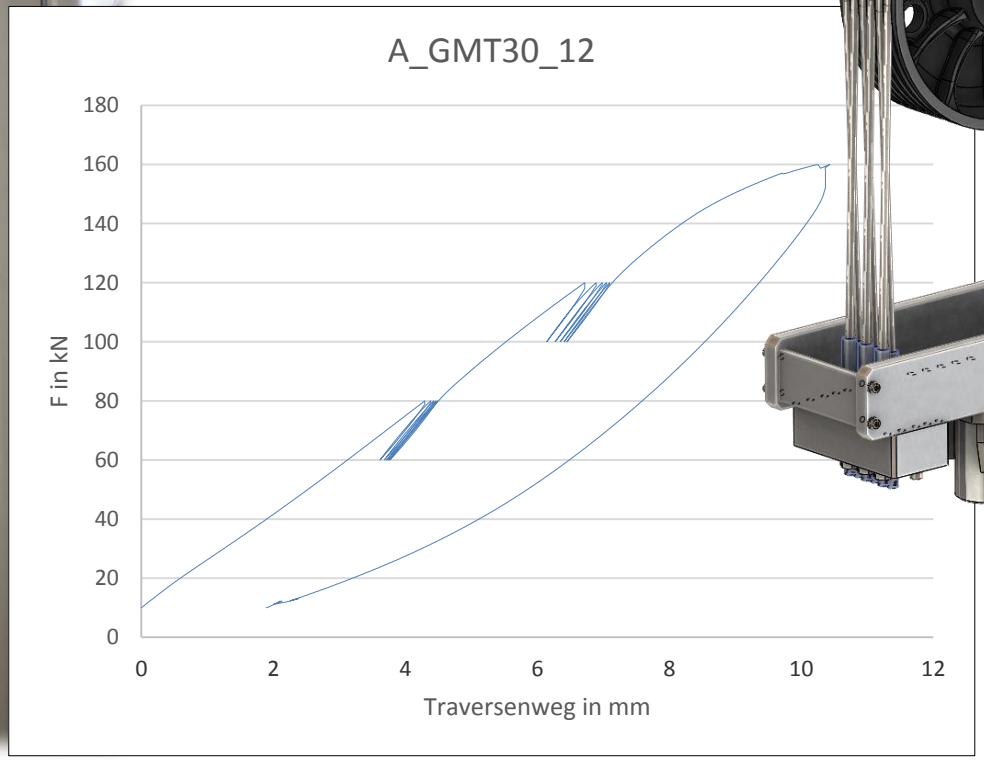


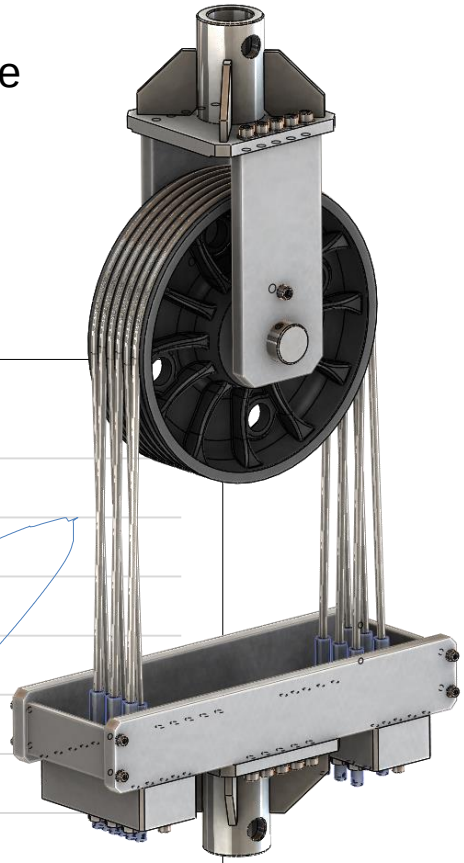


Probekörper-Validierung

Zur Validierung von Prüfkörpern unter praxisnahen Bedingungen wurde eine anwendungsorientierte Prüfvorrichtung entwickelt und in eine Zugprüfmaschine integriert.

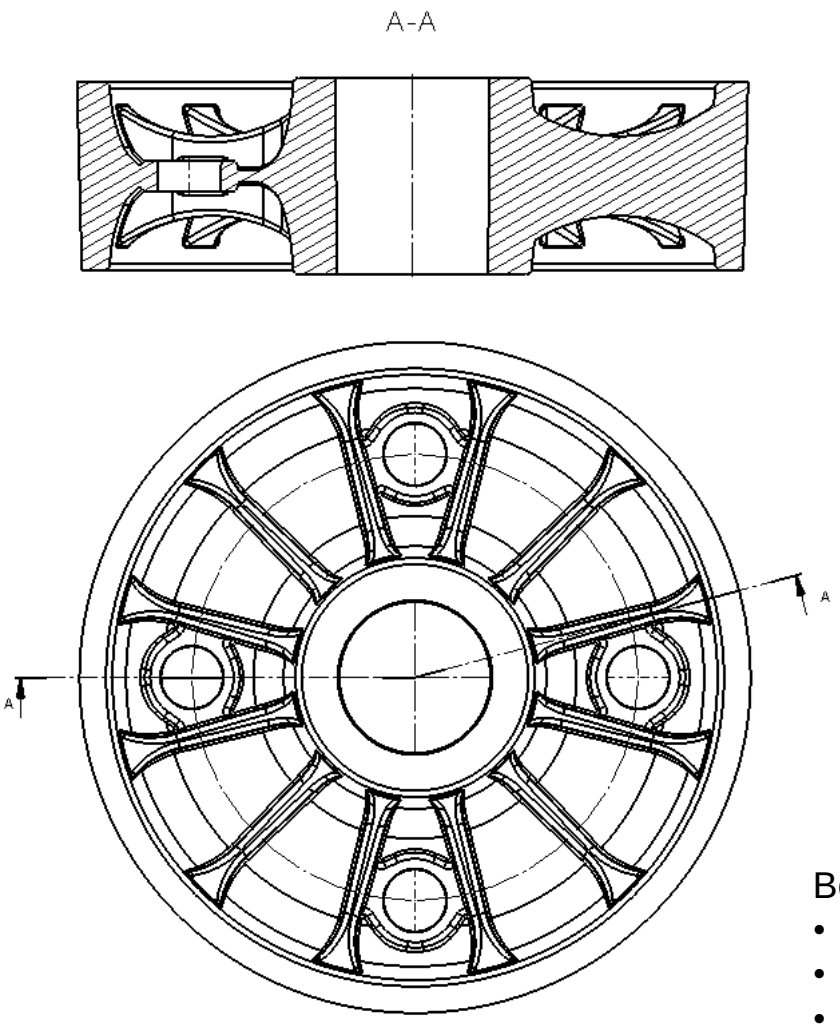


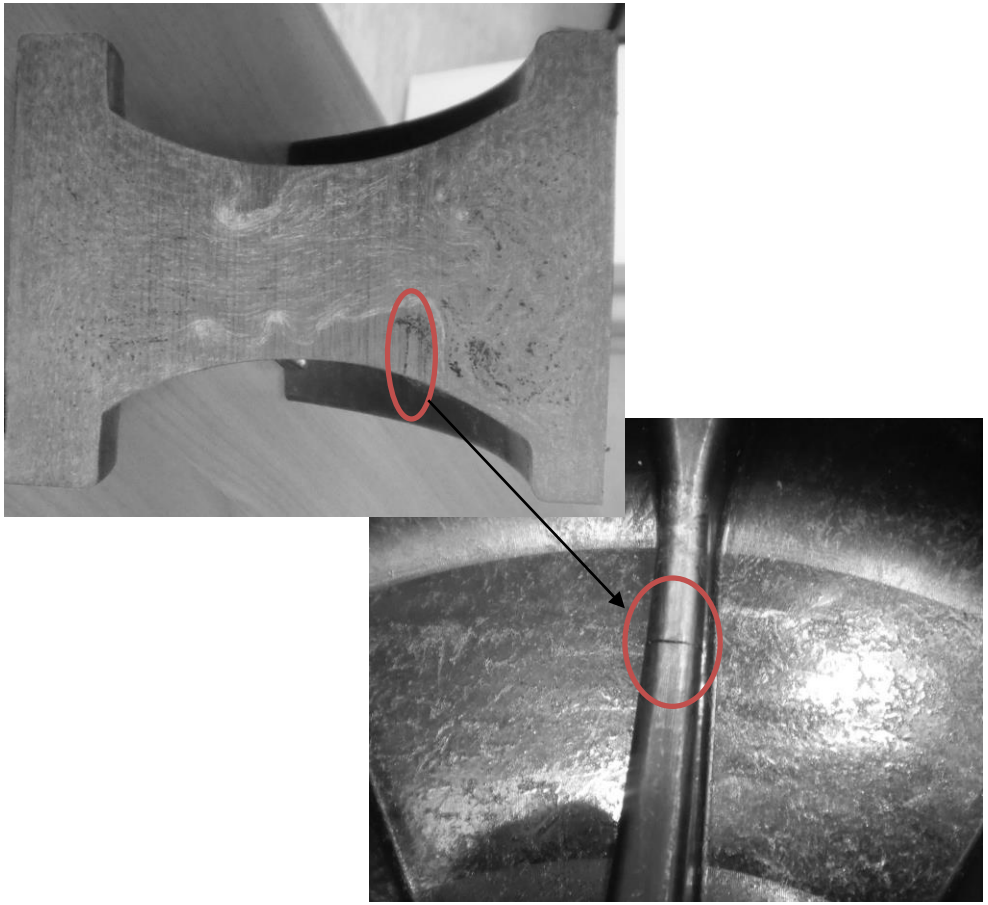




Vgl. [8]

Herausforderungen





Bei Verwendung von GMT30

- Entmischungserscheinungen im Rippenbereich
- Schwindungsrissbildung im Bereich der Entmischungen
- Lunkerbildung im Übergang Rippe-Kranz

Vgl. [8]

Lösungsansätze

	Variante	Vorteile	Nachteile
1	Verwendung von GMT 50	• Deutliche Reduktion der Entmischungen • Eliminierung der Schwindungsrissbildung	• Höhere Dichte → Höhere Gesamtmasse • Höherer Materialpreis • Materialbezogene Überdimensionierung
2	Modifikation der Rippenbreite	• Voraussichtliche Eliminierung der Entmischungen • Verwendung von GMT 30 möglich	• Massezuwachs • Erhöhung der Massekonzentration im Rippenbereich → Verschlechterung der Abkühlbedingungen • Gefahr der Verlagerung von Schwindungsrissbildungen in andere Bereiche
3	Multimaterialsystem	• Eliminierung der Entmischungen • Eliminierung der Schwindungsrissbildung • Verringerung vorzuwärmender Zuschnitte • Massereduktion	• Umfangreiche Weiterentwicklung notwendig

Vgl. [8]

Zusammenfassung

Inhomogenes Material

- Viele Poren
- Faser-Entmischung
- Ungleichmäßige Faserverteilung
- Hohe Anzahl an Faserbrüchen

Erkenntnisse hinsichtlich der Auslegung

- Nach Dehnung (Dehngrenze) statt nach Spannungen
- Festigkeitssimulation mit einer Übertragung der Faser-Orientierung aus Moldflow
- Eine Bauteilbeurteilung nach Tsai-Hill Kriterium [7] ist zielführend

Quellen:

[1] https://de.statista.com/statistik/daten/studie/666581/umfrage/auftragseingang-fuer-aufzuege-in-deutschland/
[2] http://www.catalogs.brugglifting.net/TechTips/
[3] http://www.aschaub.ch/+GIB-Liestal/+Projekte/2004_KP_3D-CAD/images/02_Drehbank.jpg
[4] Mahlke M. F.; Glassmattenverstärkte Thermoplaste: Verarbeitungsleitfade; Verl. TÜV Rheinland, Köln, 1990
[5] DIN EN ISO 527-1:2012-06: Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften;
[6] B. D. Agarwal, L. J. Broutman, K. Chandrashekhara, Analysis and performance of fiber composites, 3rd ed. Jon Wiley & Sons, New Jersey, 2006;
[7] A. Fatemi, S. Mortazavian, A. Khosrovaneh, Fatigue behavior and predictive modeling of short fiber thermoplastic composites, Procedia Engineering 133 (2015) 5 – 20;
[8] H. Gerlach, H. Müller, M. Klingelhöfer, R. Ziesch, M. J. Katkowski, S. Iwan, M. Spieler, W. Nendel, L. Kroll, F. Bochmann, S. Petrausch und U. Pilz, „thermoPre - Faserverbunde für die Großserie," [Online]. Available: https://www.thermopre.de/files/presentations/2018/AMB_Oberlungwitz_GmbH_Umlenkeinheiten_f%C3%BCr_Aufzugstechnik.pdf. [Zugriff am 28 01 2019].

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
ZIM Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand
Europäische Union
Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung