

---

**Open House ExtraEnergy**  
**06./ 07.06.2015**



**Förderprojekt Thermobility:  
Composite-Tragrahmenstrukturen für  
Elektromobilitätsanwendungen**

Alexander Oelschlegel  
REHAU AG+Co



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Einleitung

## Geschichte des Fahrrads

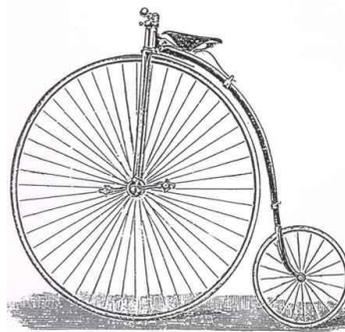


### Draisine / Laufrad



Quelle: [www.Duden.de](http://www.Duden.de); Deutsches Zweirad- und NSU-Museum, Neckarsulm

### Hochrad



Quelle: [www.brennabor-brb.de](http://www.brennabor-brb.de)

### Fahrrad



Quelle: [www.brennabor-brb.de](http://www.brennabor-brb.de)

# Einleitung

## Geschichte des Fahrrads



### Stahl



Quelle: [www.genussmaenner.de](http://www.genussmaenner.de)

### Alu



### Carbon



### Kunststoff Itera / 1981



- Geringe Formstabilität der Gesamtstruktur
- Keine Kompatibilität zu bestehenden Komponenten

## Elektromobilitätskonzepte



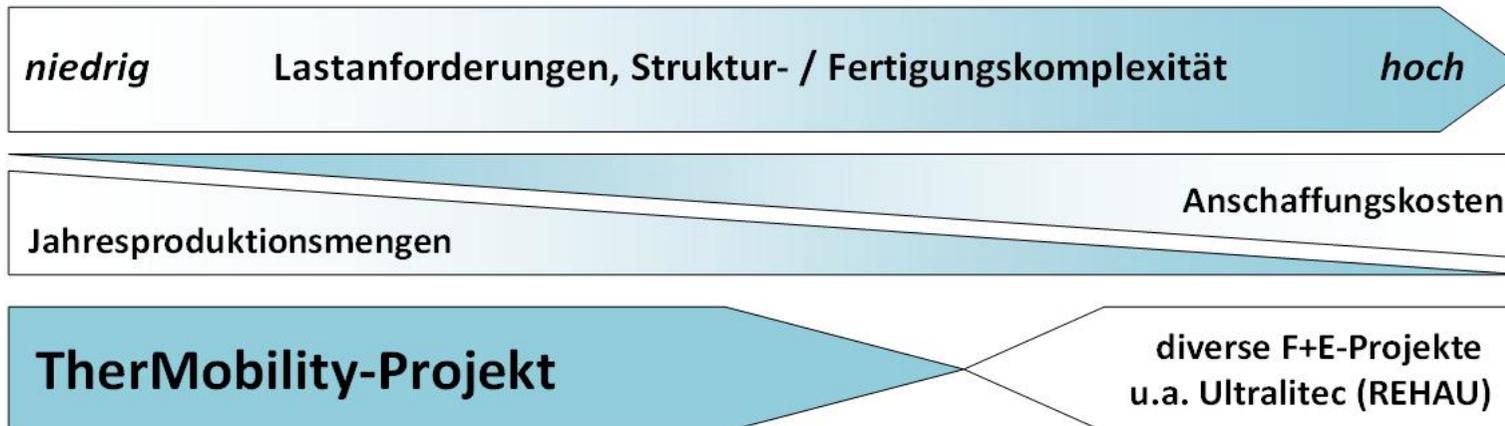
E-Bike  
(1-sitzig)



Elektroleichtfahrzeuge  
(1- bis 2-sitzig)



Elektroautos  
(mehrsitzig)



Bilder: Storck Raddar, BMW C1E, Renault Twizzy, Opel Ampera

### Bestehende Probleme mit der Fertigung in Asien:

- Qualitätsschwankungen
- Reaktion auf Stückzahlerhöhung sehr träge
- Bei klassischen Rahmen Integration von Systemen, Fächern usw. nur schwer möglich

### Was REHAU bietet:

- Material- / Fertigungskompetenz
- Gleichbleibende Qualität
- Schnelle Reaktion auf Nachbestellungen
- Über die Konstruktion ist eine Systemintegration möglich

### Vision:

- Die Rahmenfertigung kommt wieder nach Europa

# Vorarbeiten

## Bewertung Herstellungsverfahren

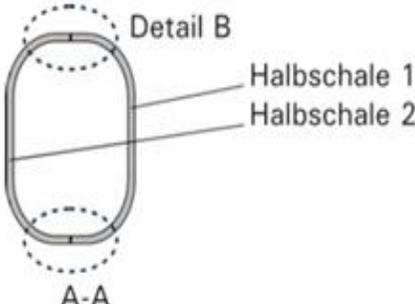
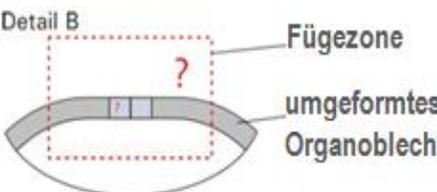


Verfahren	Geometrie	Vorteile	Nachteile
<p><b>Flechten</b> Verarbeiten von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hybridfasern</li> <li>➤ Tapes</li> </ul>	 <small>Quelle: www.bmc-racing.com</small>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ mech. Performance</li> <li>➤ Fügestellen</li> <li>➤ Image</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Formfreiheit</li> <li>➤ Gewicht</li> <li>➤ Robotertechnik</li> <li>➤ Output</li> </ul>
<p><b>Spritz- o. Fließpressen</b> Verarbeiten von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tapes</li> <li>➤ Organoblech</li> <li>➤ LFT-Granulat</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zykluszeit</li> <li>➤ Qualität</li> <li>➤ Funktionsinteg.</li> <li>➤ Formfreiheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gewicht</li> <li>➤ mech. Performance</li> <li>➤ Invest</li> </ul>
<p><b>Diskontinuierliches Wickeln mit Tapes</b></p>	 <small>Quelle: www.nordischer-rahmenbau.de</small>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fasergerechte Auslegung</li> <li>➤ Gewicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entwicklungsstand</li> <li>➤ Robotertechnik</li> <li>➤ Geschwindigkeit</li> </ul>

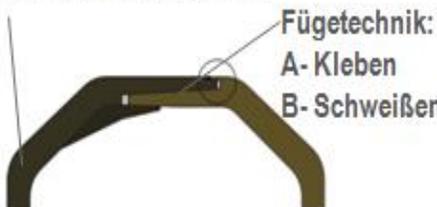
# Vorarbeiten

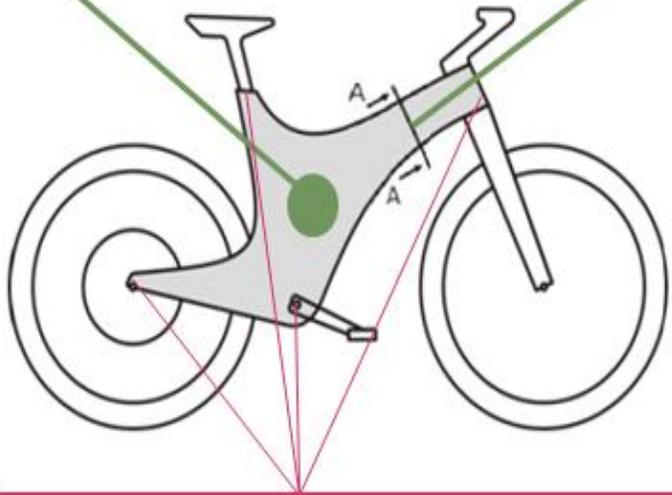
## Festlegen der notwendigen Arbeiten

### Fügetechnik / Anbindungsversuche

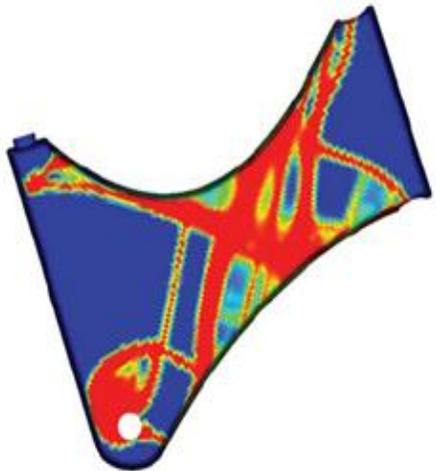
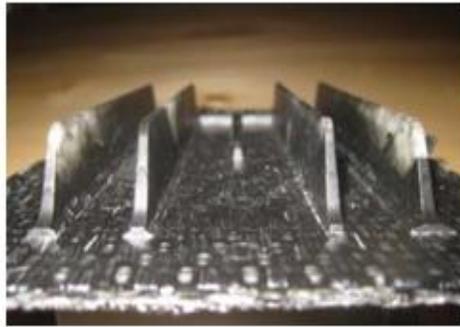



Anbindung Spritzguß/Organoblech

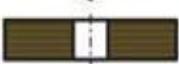




### Gestaltung der Rippenstruktur und Rippenanbindungen

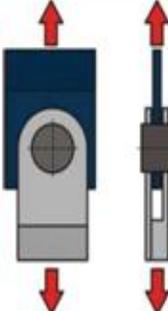
### Gestaltung der Krafteinleitungselemente

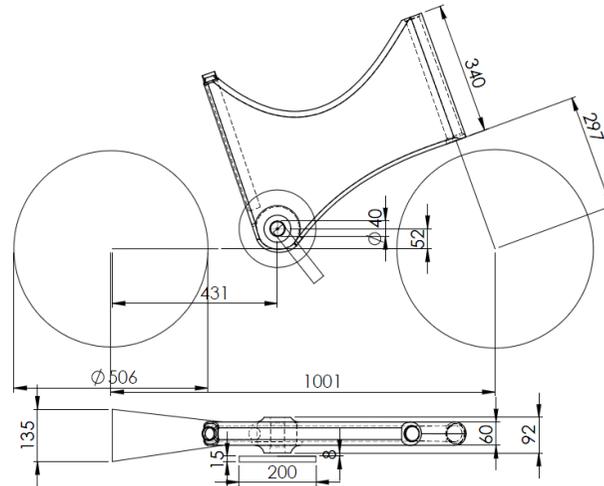


Faserorientierung: quasiisotrop, 0° /90°



kurzfaserverstärkt (isotrop)





E4



E5



E5



E6

Vorzugsvariante

*Markus Topf*

# Materialauswahl

## Charakterisierung von Materialien für den Spritzguss



Umfassende Recherchen und Beschaffung von insg. 18 verschiedenen Compounds mit intensiver Bewertung der mechanischen Eigenschaften

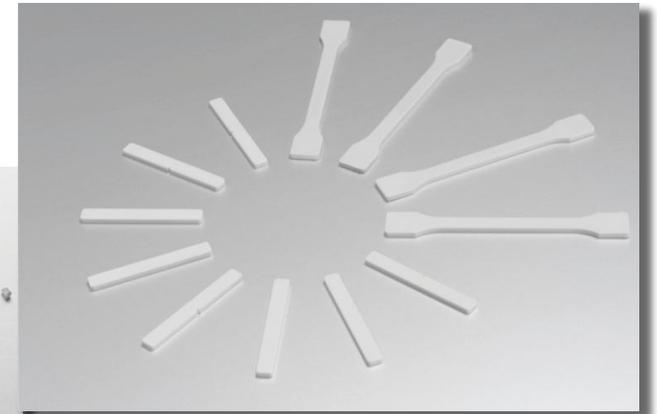
Prüfung von Steifigkeit und Festigkeit zwischen  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $80^{\circ}\text{C}$  – max. Abfall von 15% zulässig!

**Polymermatrix:** Diverse Polyamide sowie Polyphenylensulfid (PPS)

**Verstärkungsfaser:** Glas- und Carbonfasern

**Faserarten:** Schnitt- und Langfasercompounds

**Prüfkriterien:** E-Modul, Schlagzähigkeit, Kriechverhalten, Verhalten bei dynamischer Beanspruchung, Schadenstoleranz (Energieabsorption)

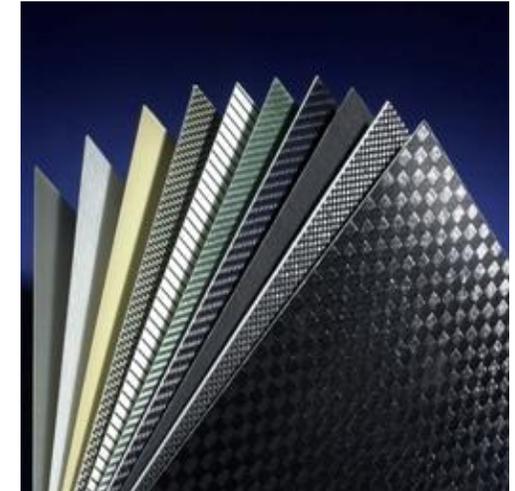


# Materialauswahl

## Charakterisierung von Materialien für den Spritzguss



- Entwicklung von auf die Polymermatrix der Spritzgussmasse abgestimmten Faserhalbzeugen erforderlich
- Imprägnierung der Fasern mit Polymerschmelze direkt vom Granulat als derzeit wirtschaftlichster Herstellprozess für Faserhalbzeuge
- Derzeit ist ausgewählte Faser-/ Matrixkombination noch nicht kommerziell am Markt verfügbar
- Herstellung von Halbzeugen und Bewertung der Eigenschaften



Quelle: Bond Laminates

# Lackierung

## Spritzgussoberfläche vs. Einleger aus Faserverbund



- Entwicklung eines speziellen Dickschichtprimers zur Kaschierung der Faserabzeichnung
- Durchführung von Haftungsprüfungen nach Norm (Gitterschnitt, Klimawechseltest, Dampfstrahler, Steinschlag)



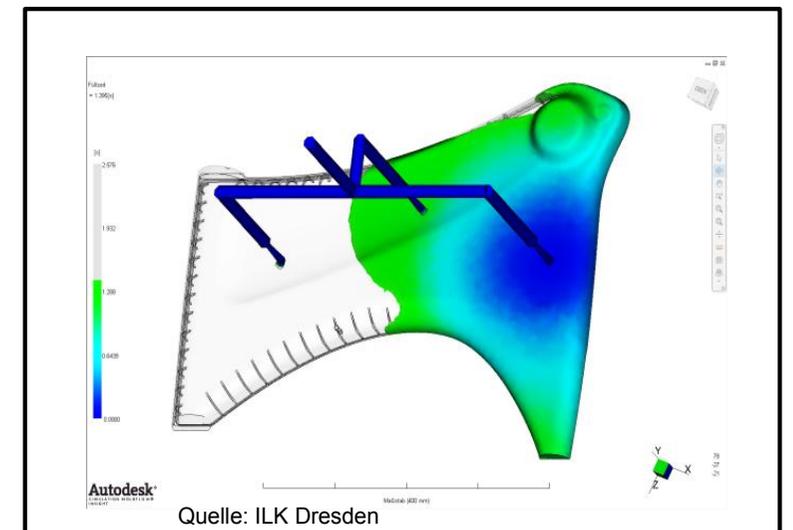
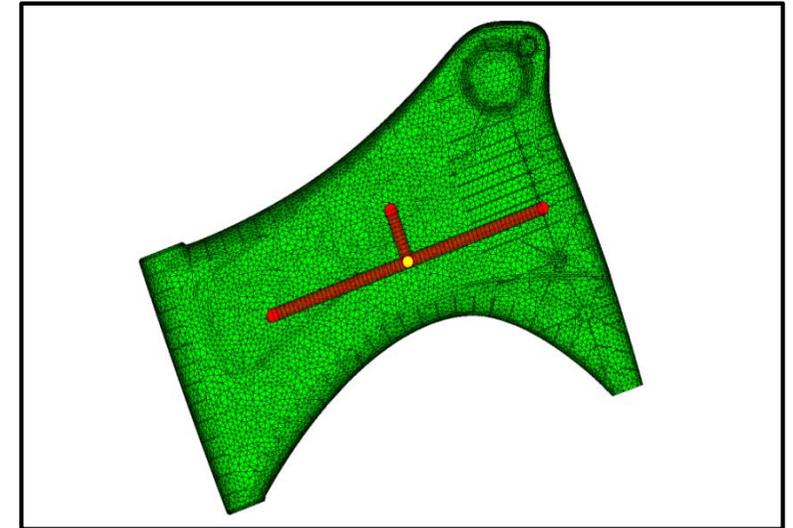
Konfektionierter Grundrahmen mit endlosfaserverstärktem Einleger  
Hier: Versuch mit einem Glasfaser-Patch

Matt schwarz lackierter Prototypenrahmen  
2-Schicht Lackaufbau  
Minimale, händische Nachbearbeitung  
Kaschierung des „Telegraphing“ Effekts



Für die richtige Auslegung des Bauteils und zur Vorbereitung der Fertigung wurden diverse Prozesssimulationen durchgeführt

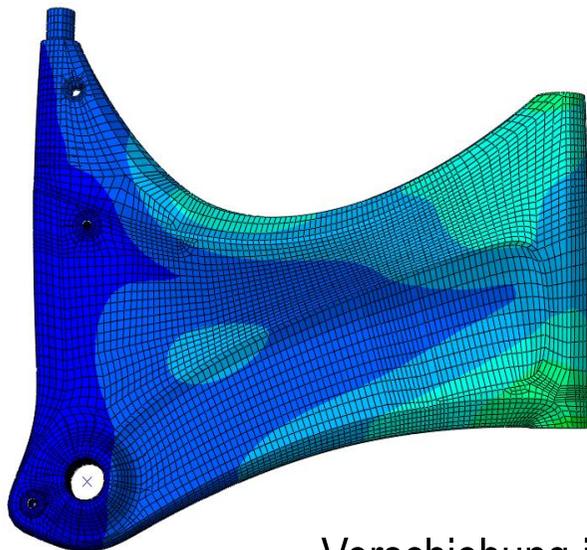
- Übertragung der Anlagentechnik und Prozessbedingungen in die Spritzgießsimulation
- Abschätzung der Formteilstückfüllung bzgl. Bindenähte, Lufteinschlüsse, Faserorientierungen, Vorzugsrichtungen, etc.
- Auswertung für verschiedene Materialtypen
- Integrative Weiterentwicklung des Konstruktionsmodells
- Vorhersage des Bauteilverzugs



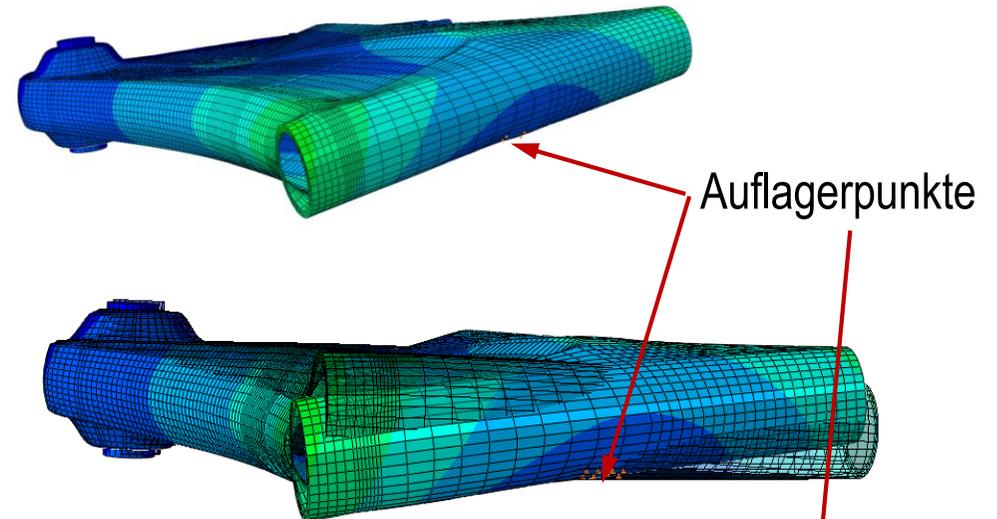
## Übertragung der Auslegungslastfälle für Fahrradrahmen auf die Simulation

### Lastfall Lenkkopfsteifigkeit

- seitliche Last auf unteres Lenkkopflager zur Bestimmung der Spurtreue beim Fahren



Verschiebung in xyz-Richtung  
mit 100facher Skalierung



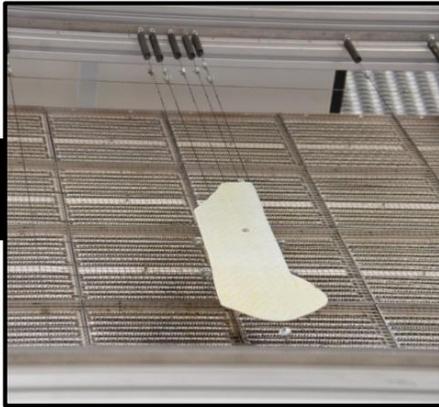
realer Aufbau



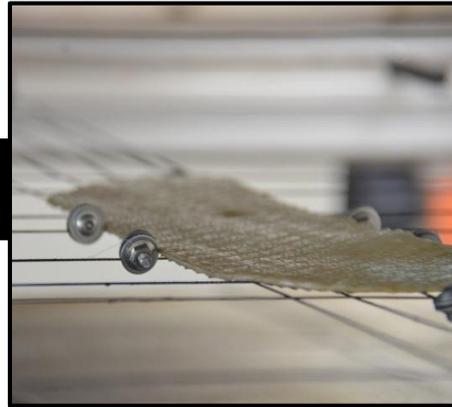
Quelle: ILK Dresden, Storck Bicycle

# Herstellung

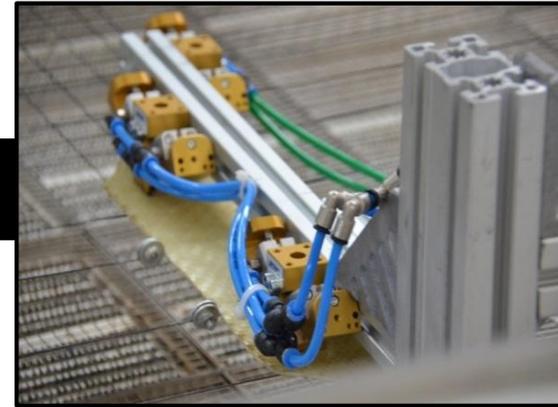
## Fertigung – Prozesskombination Pressen & Spritzgießen



Positionierung  
Organoblech



Aufheizen  
Organoblech



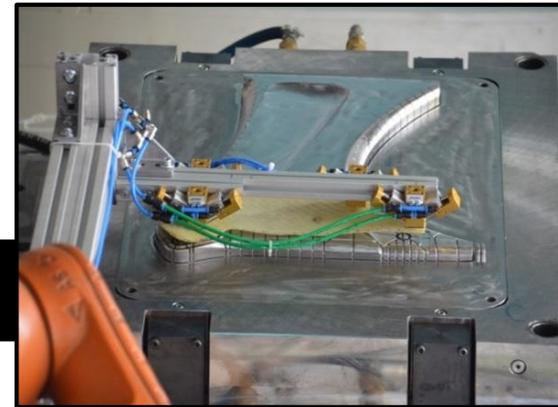
Handling  
Organoblech



Fertige Halbschale

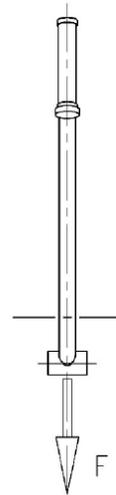
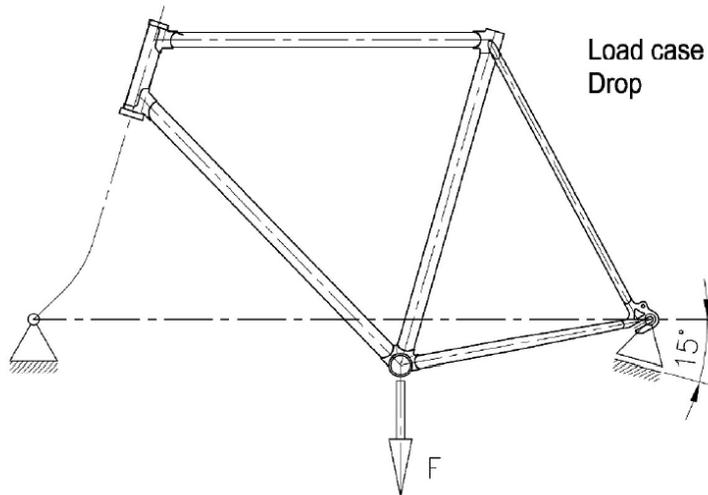


Entformung



Halbzeugübergabe

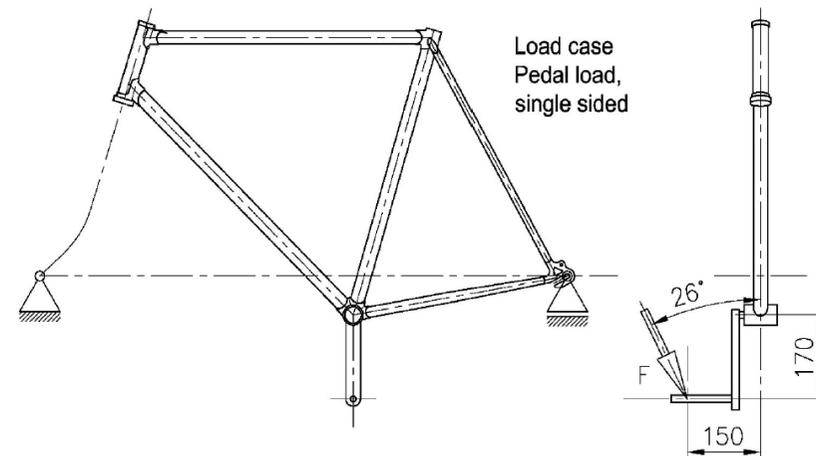
Quelle: ILK Dresden



**Maximallast:** 4.500 N für 10 s  
**Dauerhafte Verformung** < 10 mm  
**Überlast:** 6.000 N für 1 s

Quelle: EFBer Prüftechnik, Tri Test, TTF4 – V0.1

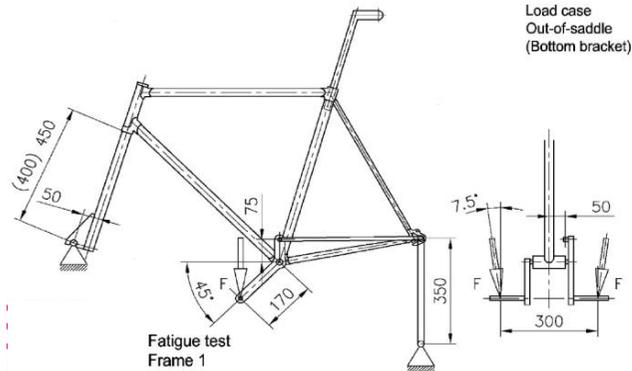
**Maximallast:** 2.300 N für 10 s  
**Dauerhafte Verformung** < 10 mm  
**Überlast:** 2.850 N für 1 s



Quelle: EFBer Prüftechnik, Tri Test, TTF5 – V0.1

# Prüfungen

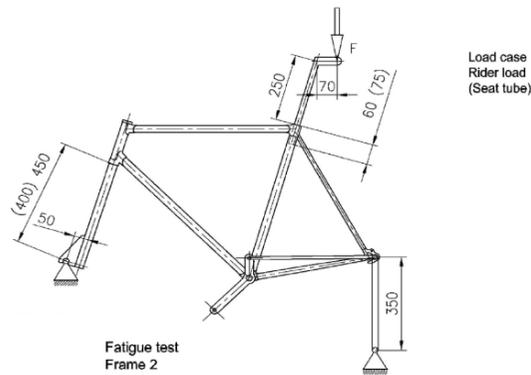
## Dauertest



Quelle: EFBe Prüftechnik, Tri Test, TTF1 – V0.1

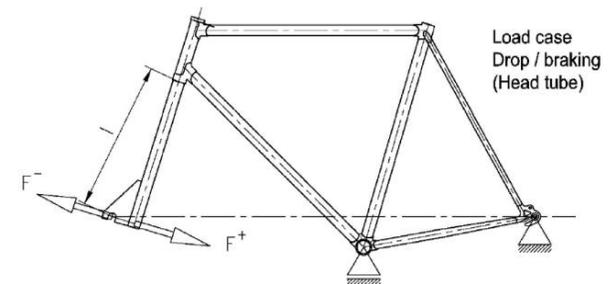
**Last:** 1.050 N  
**Zyklen:** 10.000 bei -20° C  
 80.000 bei RT  
 10.000 bei 60° C

**Last:** 1.300 N  
**Zyklen:** 10.000 bei -20° C  
 80.000 bei RT  
 10.000 bei 60° C

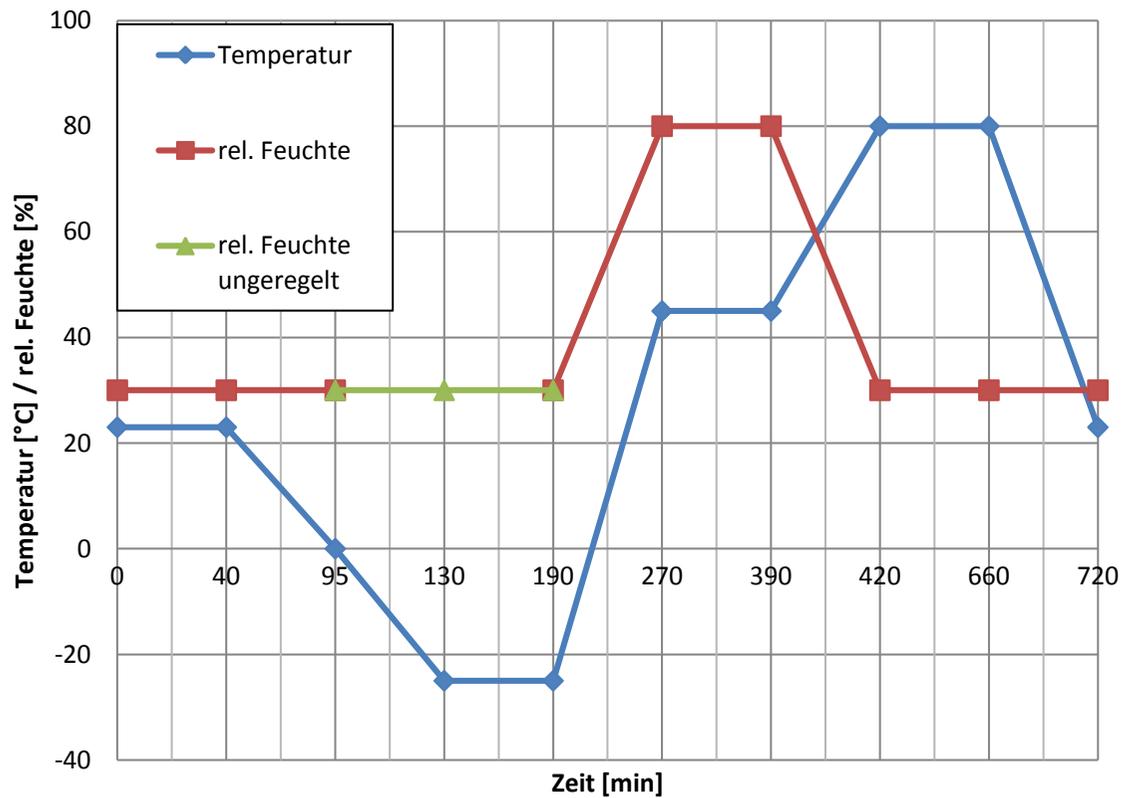


Quelle: EFBe Prüftechnik, Tri Test, TTF2 – V0.1

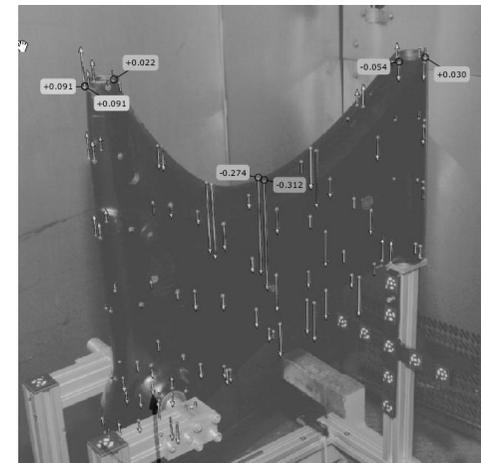
**Last:** + 500 / - 700 N  
**Zyklen:** 10.000 bei -20° C  
 80.000 bei RT  
 10.000 bei 60° C



Quelle: EFBe Prüftechnik, Tri Test, TTF3 – V0.1



Größte Auslenkung in X Richtung:  
0,6mm



Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung beim Bundesministerium für Energie (BMWi), sowie bei dem Projektträger DLR Köln.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Ein ganz besonderer Dank gilt unseren Projektpartnern für die erfolgreiche Zusammenarbeit.



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



### Es funktioniert!!