



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ



**Professur Montage-  
und Handhabungstechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: [mht@mb.tu-chemnitz.de](mailto:mht@mb.tu-chemnitz.de)  
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841  
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

[www.tu-chemnitz.de/mb/mht](http://www.tu-chemnitz.de/mb/mht)

**Technische Universität Chemnitz**  
Fakultät für Maschinenbau  
Professur Montage- und  
Handhabungstechnik  
Reichenhainer Straße 70  
D-09126 Chemnitz



# Ein modulares Falt- und Spannsystem für metallische Halbschalen

Gabler, M.; Berger, M.

**Referent:** Mathias Gabler, M.Sc.

**Co-Autor:** Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

## Agenda

1. Motivation für ein modulares Falt- und Spannsystem
2. Probleme beim Schweißen von metallischen Halbschalen
3. Entwicklung eines kinematischen Baukasten
4. Zusammenfassung und Ausblick

# Ein modulares falt- und Spannsystem für metallische Halbschalen

Gabler, M.; Berger, M.

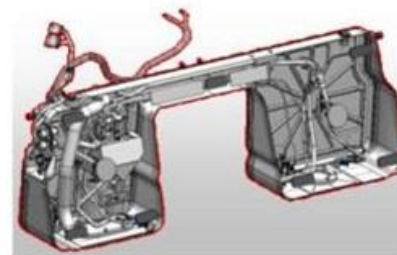
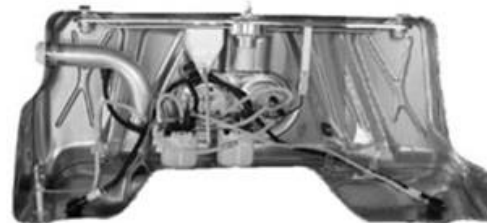
## 1. Motivation für ein modulares falt- und Spannsystem

- Hybridfahrzeuge weisen Druckwechselbeanspruchung im Tank auf
- Kunststofftanks benötigen sehr dicke Wandstärken für gegebene Beanspruchungen  
→ allerdings kein Leichtbau möglich
- maximal mögliches Volumen bei stark begrenztem und unregelmäßigem Bauraum

Fertige Tanks



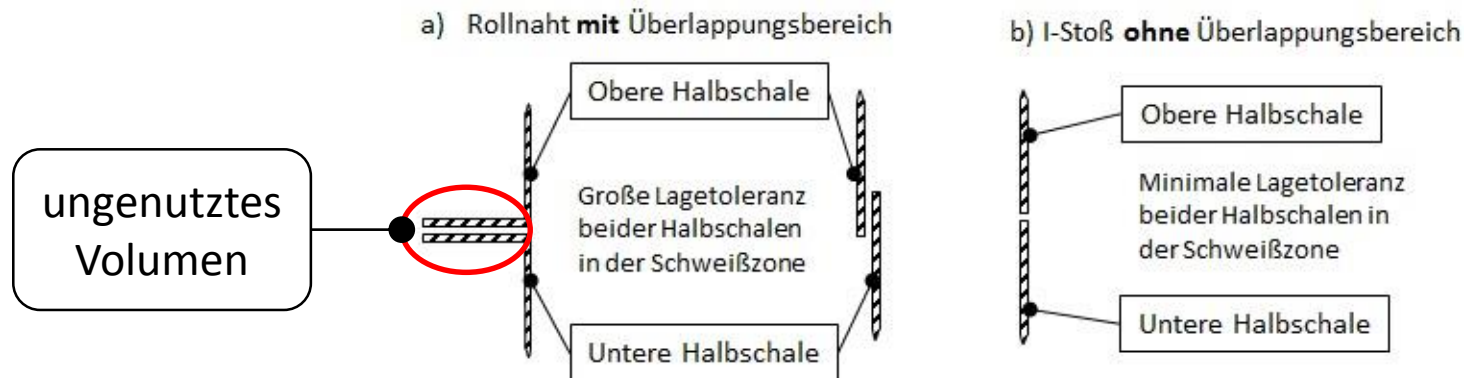
Untere Halbschale mit Einbauten



Quelle: Heggemann AG

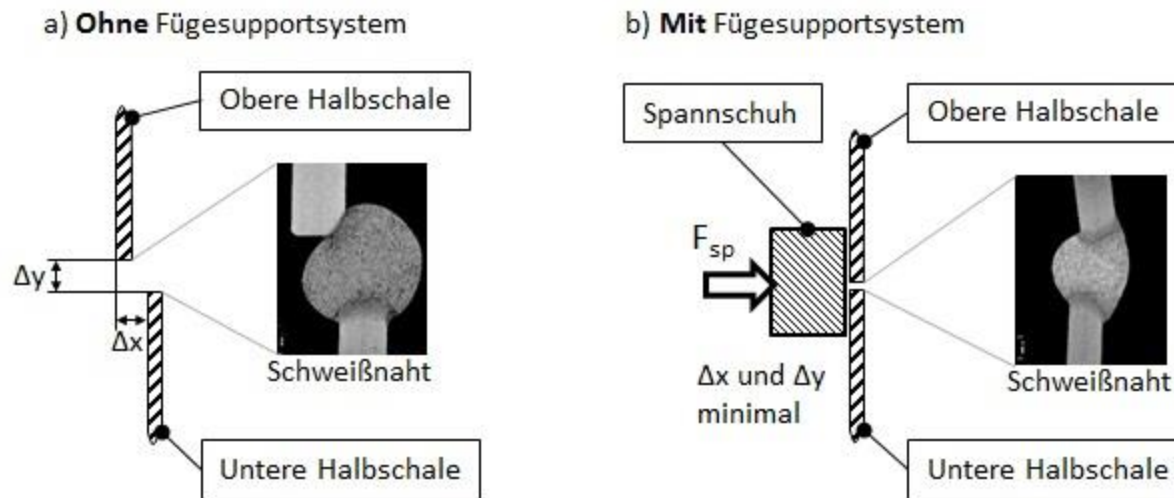
## 2. Probleme beim Schweißen metallischer Halbschalen

- Rollnähte weisen nicht die geforderte Festigkeit auf
- kein Überlappungsbereich beim I-Stoß
  - I-Stoß hat hohe Anforderungen an die Ausrichtung der Fügepartner
- beide komplex geformten Halbschalen weichen an der Naht stellenweise sehr stark voneinander ab
- unterschiedliche Abweichungen bei der gesamten Nahtkontur



## 2. Probleme beim Schweißen metallischer Halbschalen

- Halbschalen müssen zueinander ausgerichtet werden
- Spannen der Halbschalen nur **innen** möglich
- außen wird geschweißt



**Entwicklung eines Fügesupportsystems notwendig**

# Ein modulares Falt- und Spannsystem für metallische Halbschalen

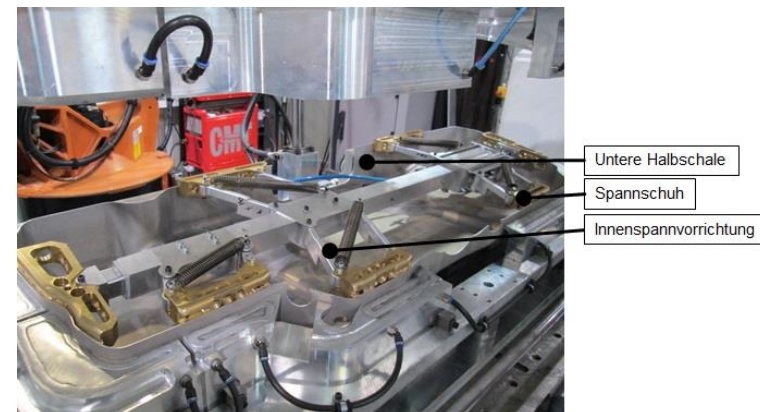
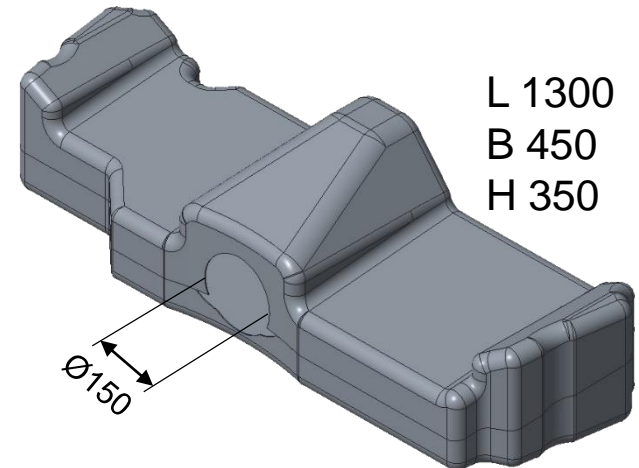
Gabler, M.; Berger, M.

## 2. Probleme beim Schweißen metallischer Halbschalen

- Spannsystem soll die Halbschalen im Nahtbereich zueinander ausrichten
- System soll schnell und einfach entnommen werden
  - Faltsystem
- maximale Nahtabdeckung
- Toleranzausgleich
- Wiederverwendbarkeit für unterschiedliche Geometrie  
→ modularer Aufbau

### ***Kennzahlen für die Entwicklung***

- Spannkraft max. 1000 N
- Entnahmeöffnung min.  $\varnothing 150$  mm
- Entnahmedauer minimal



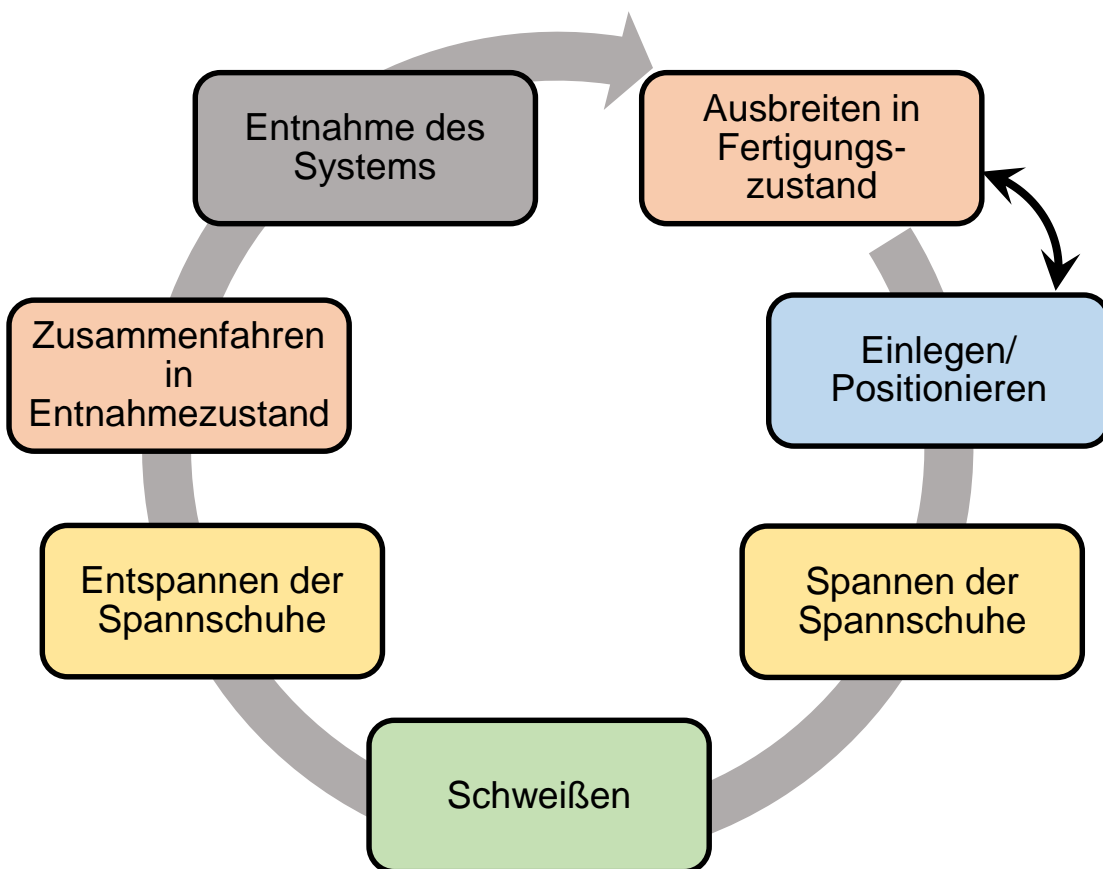
Quelle: Heggemann AG



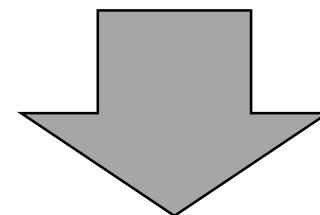
## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukasten

- Modularisierung eines hochgradig individualisierten Fertigungssystems
- Größe der Halbschalen, Steifigkeit, Komplexität der Nahtgeometrie machten Baukasten bisher unmöglich
- Wiederverwendbarkeit der Module führt zu Zeit und Kostenersparnis in der Betriebsmittelkonstruktion
- Aufteilung der Funktionen
- Modularität wird von der Form eingeschränkt
- individuelle Teile (z.B.) in der Mechanik sind sehr wahrscheinlich  
→ **teilindividualisierter Baukasten**

## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens



- allgemeiner Arbeitsablauf
- aktueller und zukünftiger Prozess sehr ähnlich
- Ableitung gegengleicher Arbeitsschritte



Grundlage für die **Teilsysteme**

**MECHANIK**

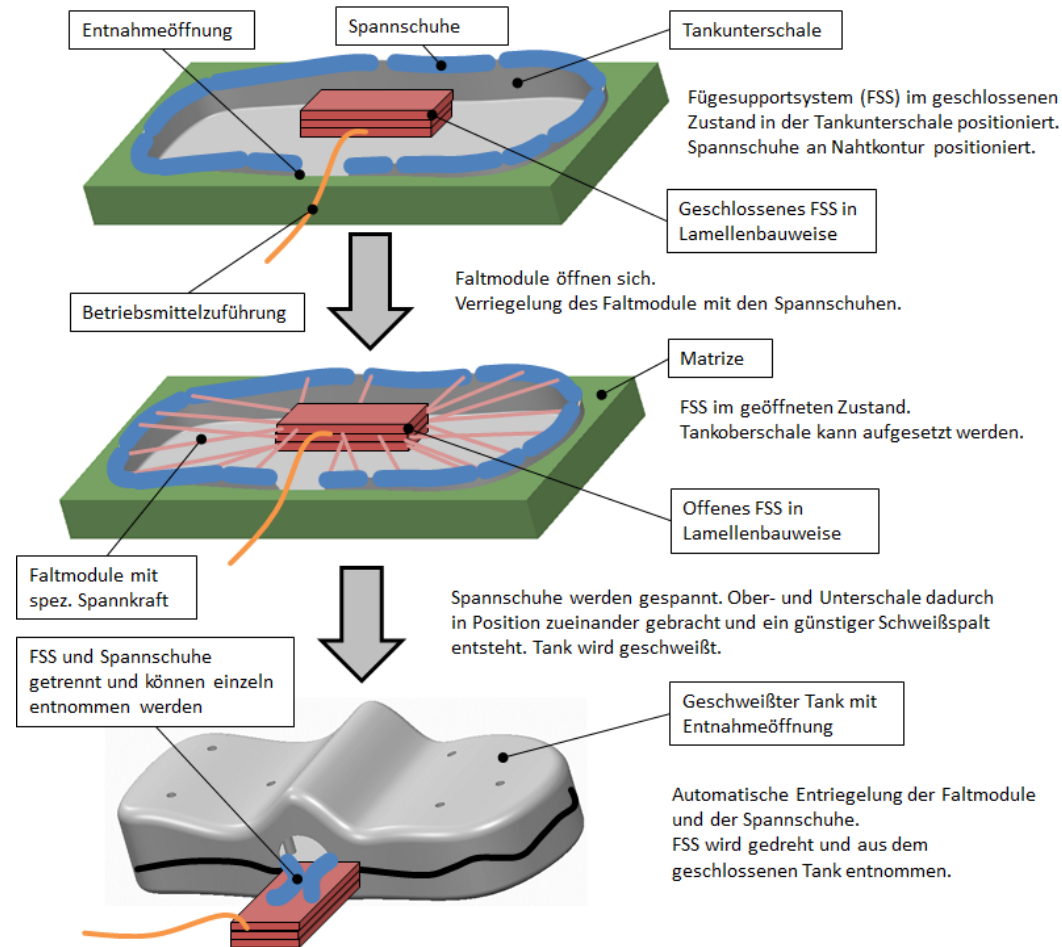
**SPANNSCHUH**

**SCHNITTSTELLE**

# Ein modulares Falt- und Spannsystem für metallische Halbschalen

Gabler, M.; Berger, M.

## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

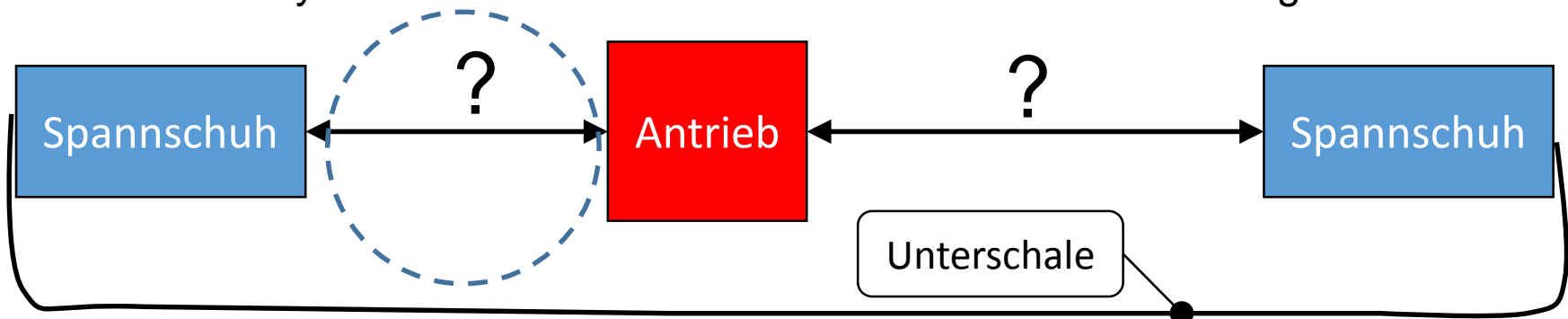




## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

### Teilsystem: Mechanik

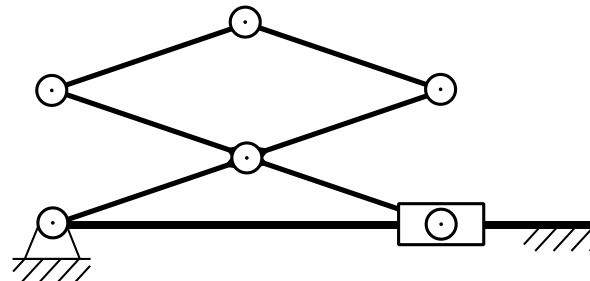
- Mechanik muss Spannschuh zur Naht führen und zurück
  - einfache Bewegung von A nach B und zurück
- Weg zwischen A und B ist unterschiedlich
- Mechanik muss die Entnahmemaße gewährleisten
- Verwendung unterschiedlicher kinematischer Bauformen nicht gewünscht
- Baukastensystem soll einfache Betriebsmittelkonstruktion ermöglichen



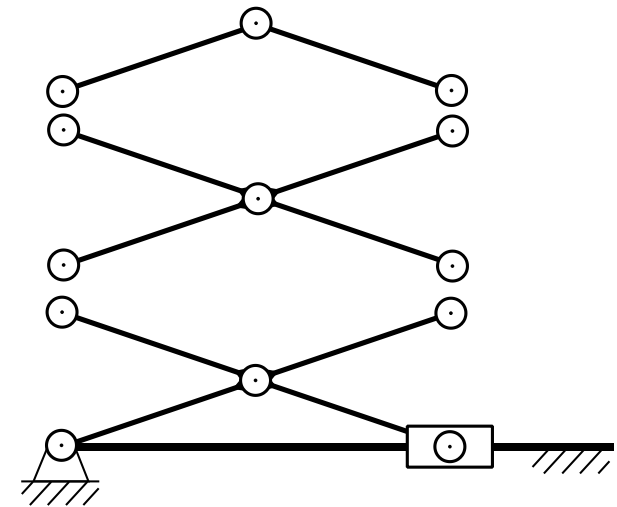
## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

### Teilsystem: Mechanik

- serielle Wiederholung bestimmter Getriebeglieder
- einfache Kinematik auf Basis einer Schere
- Grundelemente am Träger und Spannschuh immer vorhanden
- einfügen von Gelenkkreuzen zur Erweiterung der Erreichbarkeit



Grundaufbau



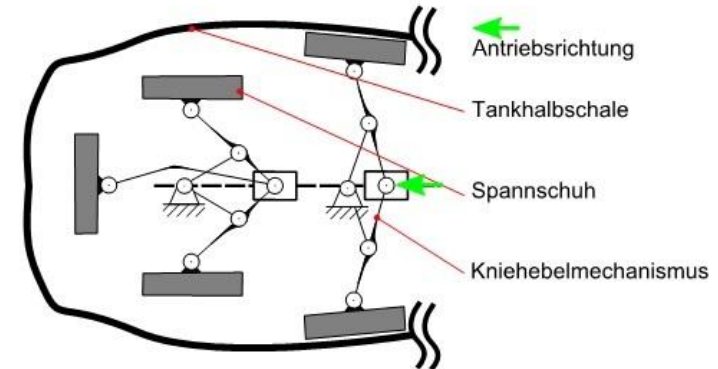
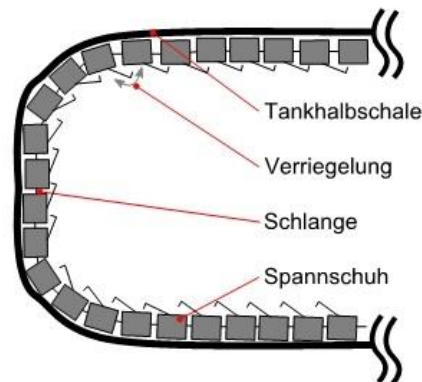
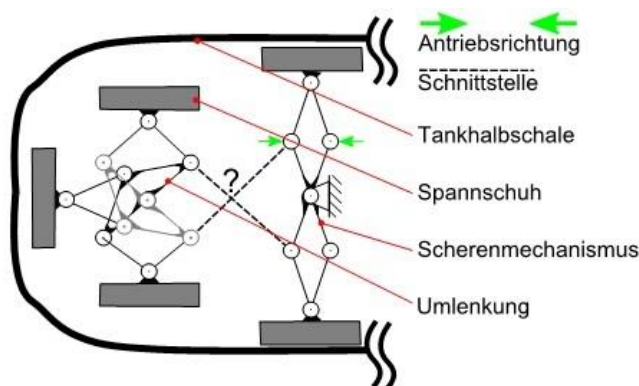
Erweiterungsaufbau

## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

### Teilsystem: Mechanik

- Kinematik auf spezifische Geometrie angepasst
- Verwendung mehrerer unabhängiger Antriebe
- ein Antrieb führt gegenüberliegende Spannschuhe gleichzeitig an die Naht
- Synthese für die Länge der Getriebeglieder notwendig

### Erste Lösungsideen



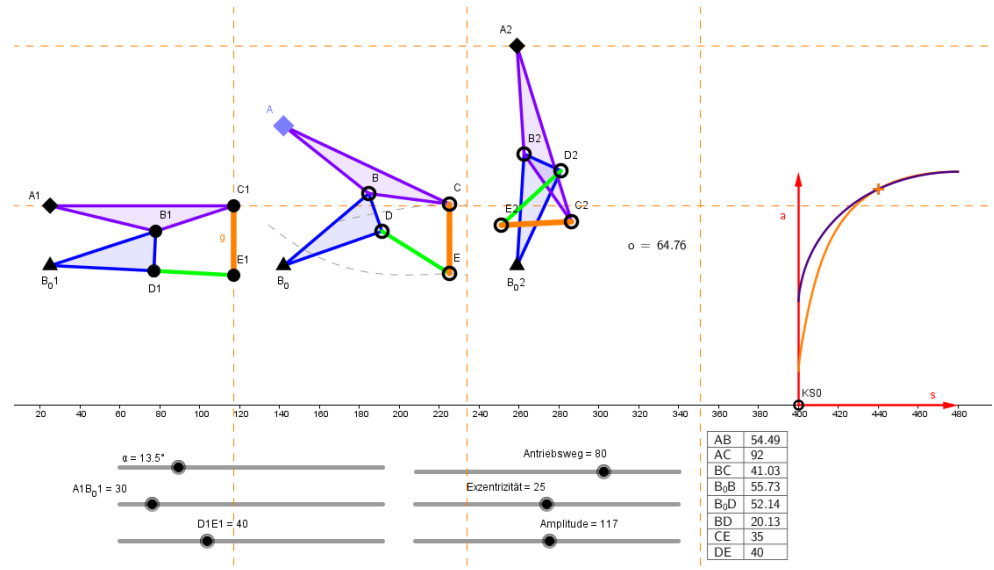
## Ein modulares falt- und spannsystem für metallische Halbschalen

Gabler, M.; Berger, M.

### 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

## Teilsystem: Mechanik

- Kinematik soll einfach an neue Maße angepasst werden
- Synthese der Kinematik mit einem GeoGebra-Tool
- Ausgangslage: Spannzustand
- Einstellung der spezifischen Parametern mit Schiebereglern
- Ausgabe der Getriebegliedlängen



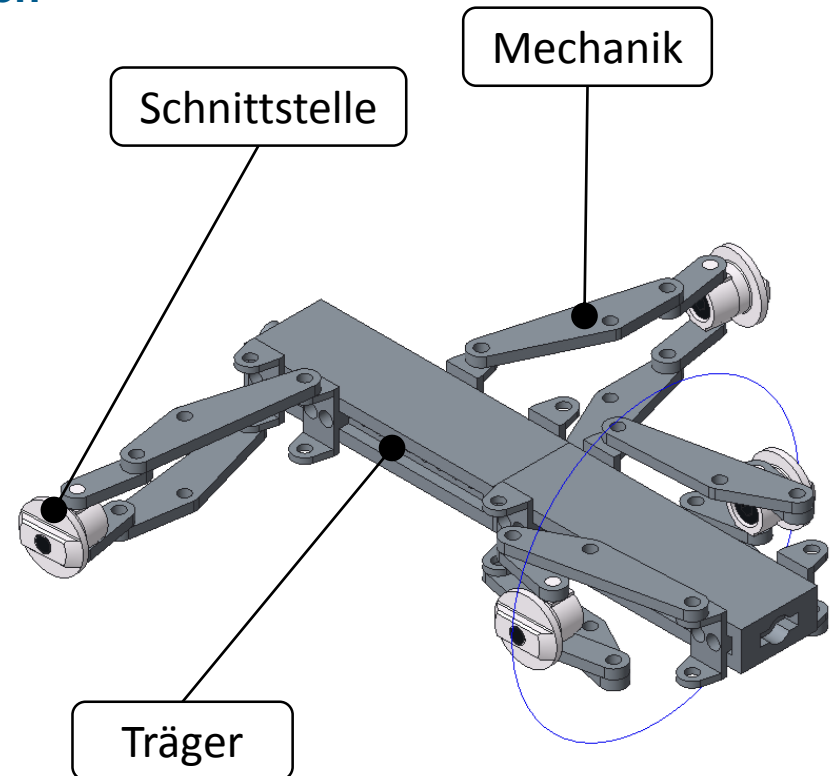
## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

### Teilsystem: Mechanik

- aus Skizzen können schnell  
Volumenmodelle generiert werden
- schneller Weg zur Mehrkörpersimulation
- Berechnung der Systemsteifigkeit möglich
- Begutachtung der Entnahmemasse

### Träger

- Aufnahme der Spannkkräfte
- Antrieb der Mechanik
- modular

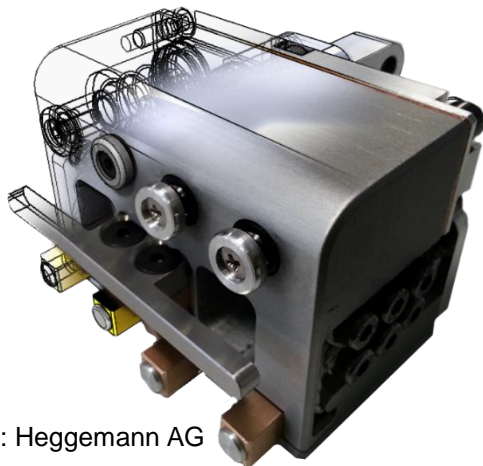
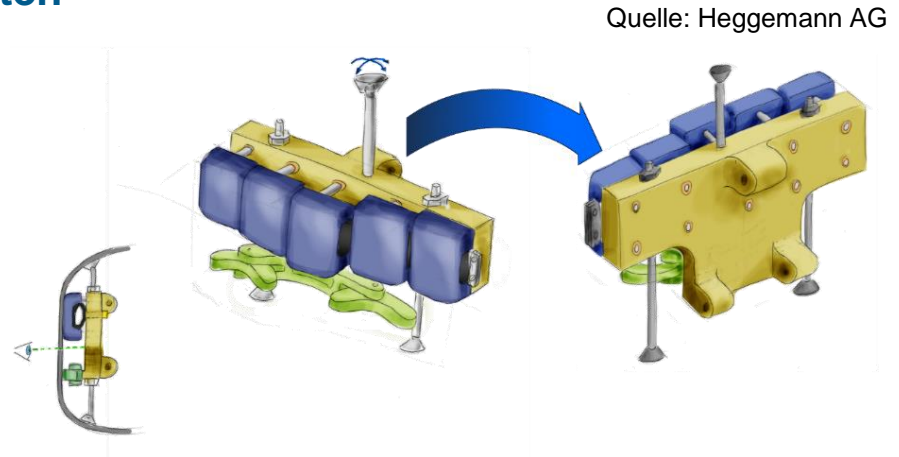


stark vereinfachtes Modell des  
Trägermoduls mit Mechanik

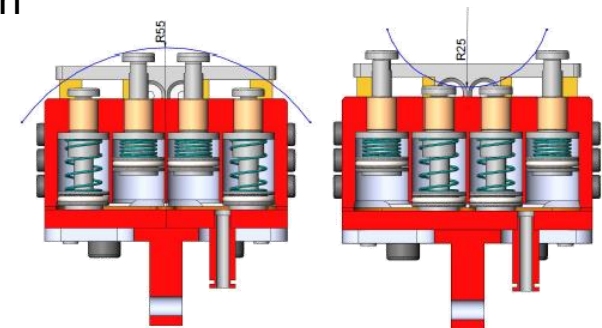
## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukasten

### Teilsystem: Spannschuh

- Spannschuh bringt die benötigte Kraft auf
- möglichst klein für hohe Variabilität
- Verbindung zur Mechanik über eine fernlösbare Schnittstelle



- separates Spannen der Unter- und Oberschale
- unterschiedliche Antriebsmedien
- Rundungen abbildbar bis R55

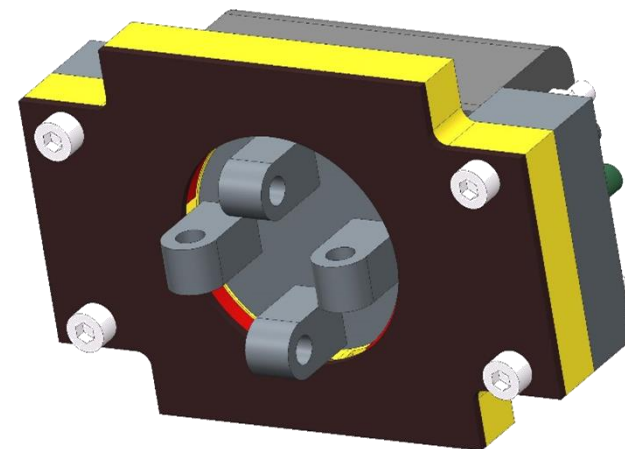
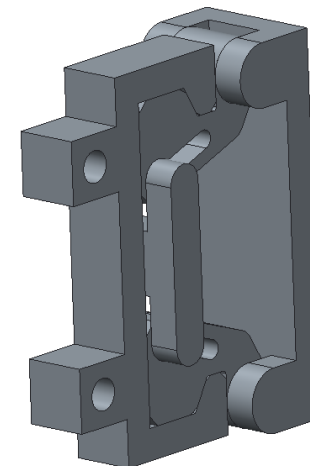
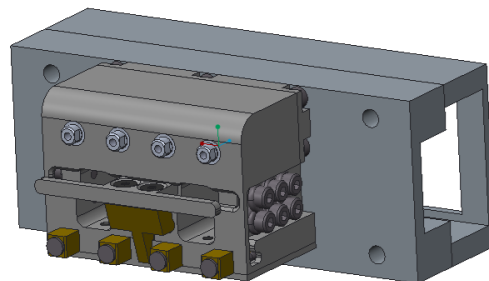
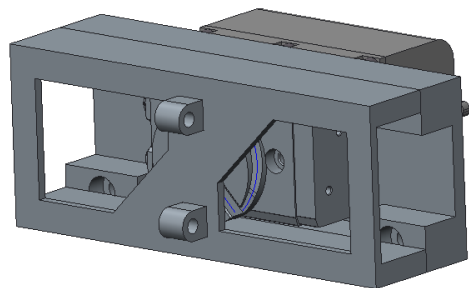


Quelle: Heggemann AG

## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

### Teilsystem: mechanische Schnittstelle

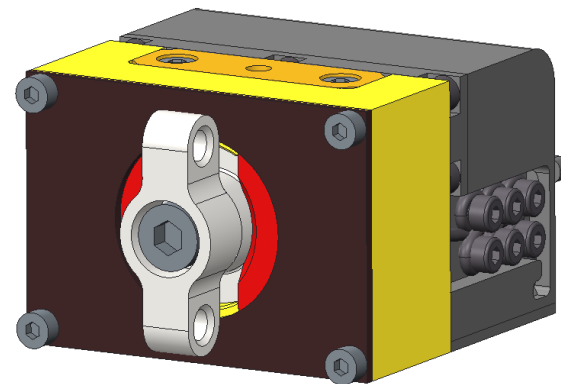
- Spannschuhe müssen getrennt entnommen werden
- Trennung sollte fernbetätigt erfolgen
- sichere Verbindung im gespannten Zustand
- Gewährleistung des Kraftflusses
- Außenmaße des Spannschuhs nicht überschreiten



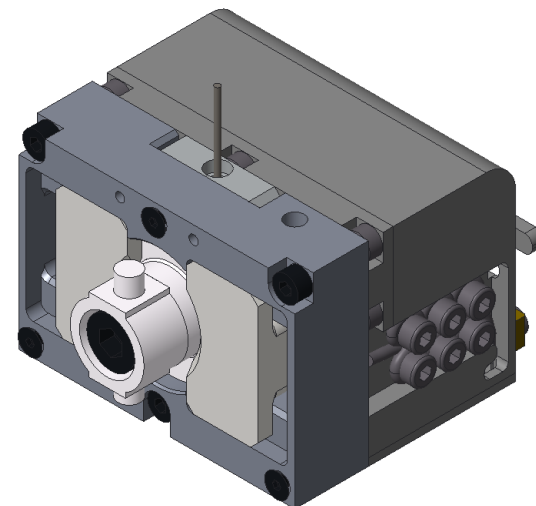
## 3. Entwicklung eines kinematischen Baukastens

### Teilsystem: mechanische Schnittstelle

- kompatible Lösungen für Spannschuh und Schnittstelle
- gleiche Außenmaße
- Gewährleistung der Position durch Federmechanismus
- Adapter zur Mechanik bietet weiterführende Gestaltungsfreiheiten
- Nahtschrägen können direkt abgebildet werden
- Prototyp im 3D-Drucker hergestellt



Pneumatischer Antrieb



Antrieb durch Bowdenzug





## 4. Zusammenfassung und Ausblick

- Motivation für ein modulares Falt- und Spannsystem
- Schweißen von metallischen Halbschalen mit I-Stoß
- Herleitung und Definition der Module
- Problematik bei der Entwicklung eines kinematischen Baukastens
- Strukturauswahl und Synthese einer geeigneten Kinematik
- Entwurf der einzelnen Module

### **Ausblick**

- Weiterentwicklung des kinematischen Baukastens
- Entwicklung einer Trägereinheit
- Prototypen für aktuellen Versuchstank und Versuche
- Versuche

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

---

**Mathias Gabler, M.Sc.**

TU Chemnitz / Professur Montage- und Handhabungstechnik

09126 Chemnitz

mathias.gabler@mb.tu-chemnitz.de

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages