

# BLASENFREIE NAHTABDICHTUNG

Komplementäres Konzept zur blasenfreien  
Nahtabdichtung von Falzklebungen



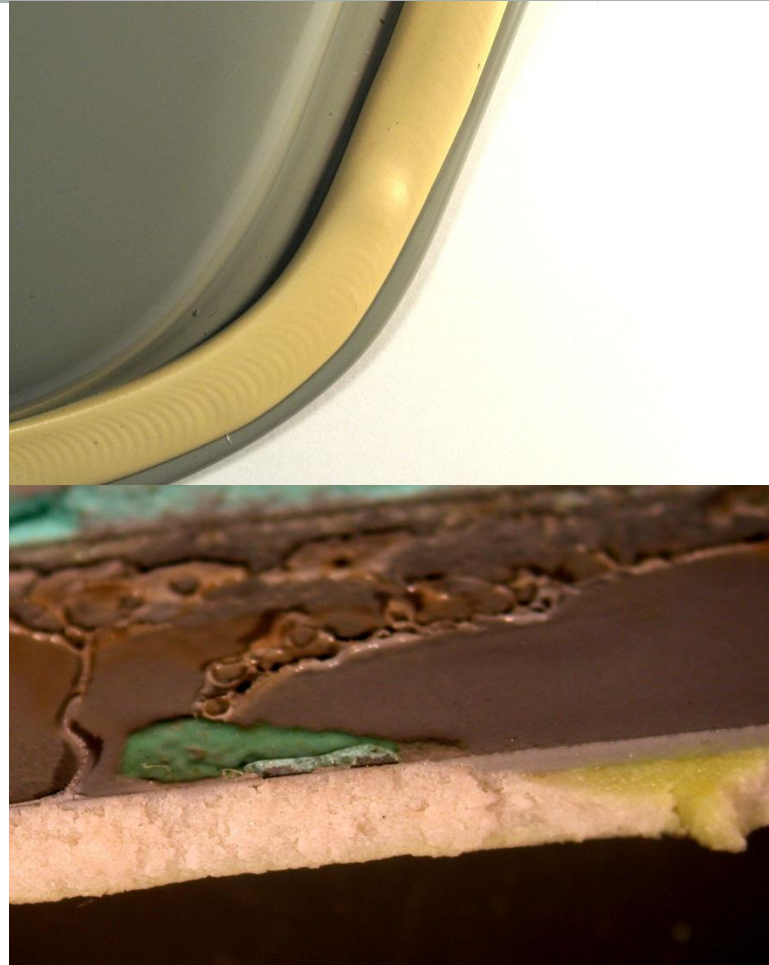
14. Kolloquium: Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik  
19. Februar 2014, DECHEMA-Haus, Frankfurt am Main

*I. F. Neumann, H. Fricke: Fraunhofer IFAM  
F. Jesche, S. Menzel: Fraunhofer IWU*

# PROJEKT

## Projektlaufzeit

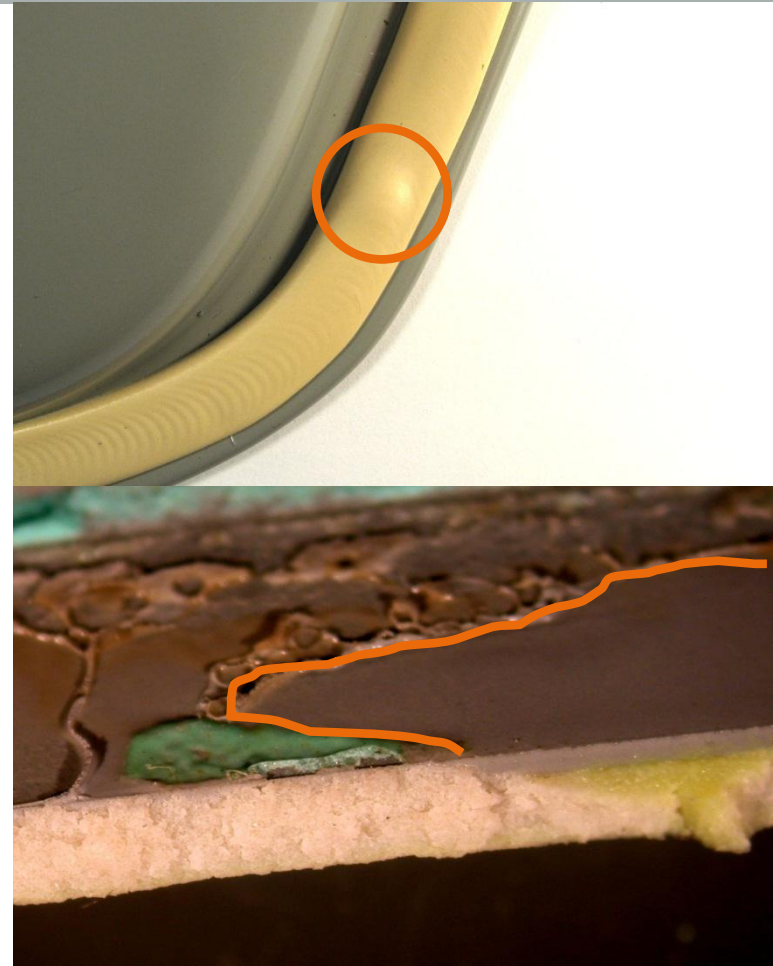
01.09.2011 – 28.02.2014



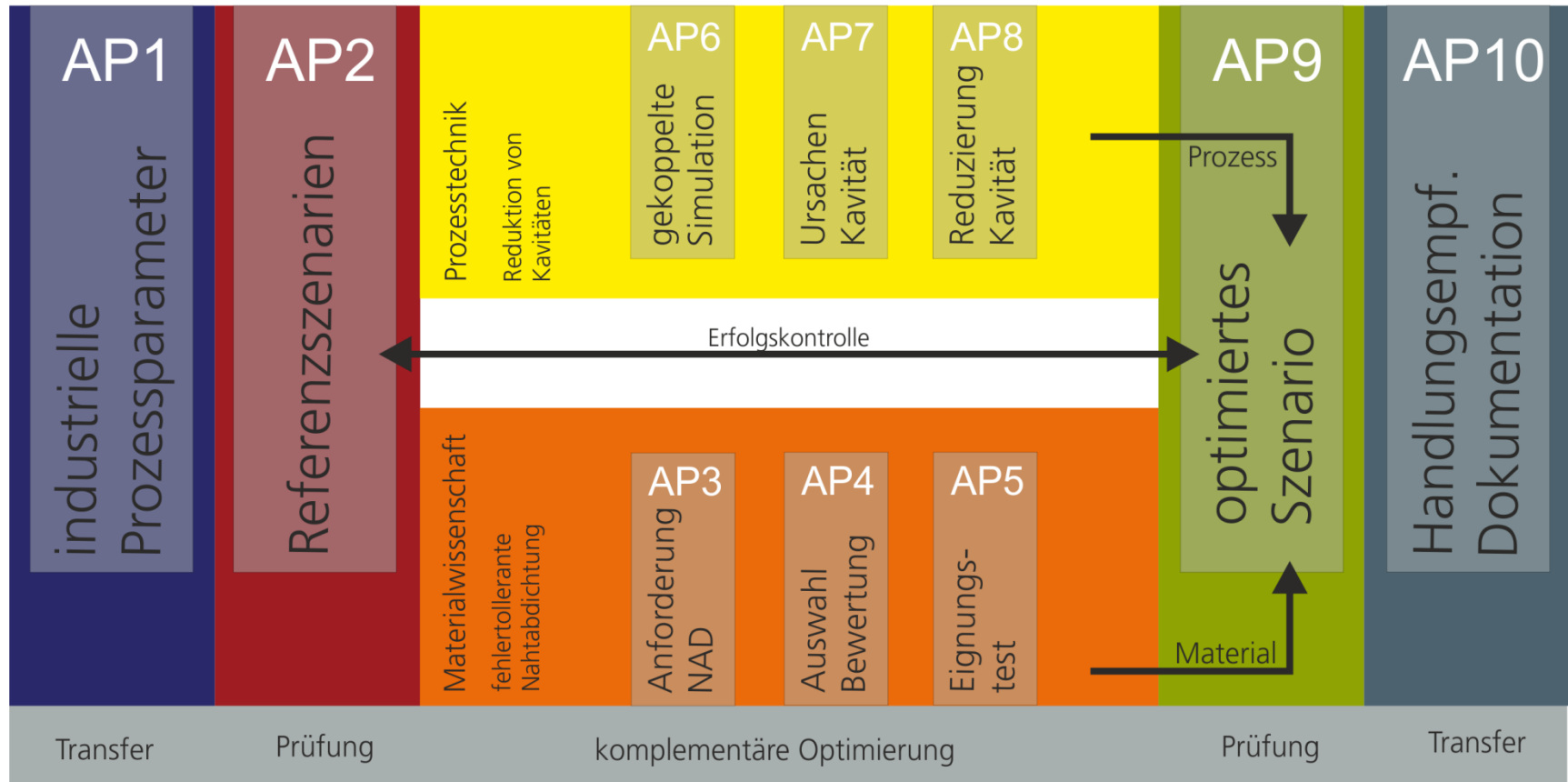
# PROJEKT

## Ausgangssituation

- blasenförmige **Fehlstellen** in der **Feinnahtabdichtung** von **Anbauteilen**
- Ursache sind luftgefüllte **Kavitäten** mit **Schadenspotential** innerhalb der **Falznahtklebung**.
- **Volumenvergrößerung** bei Durchführung des **thermischen** Verfestigungsprozesses



# PROJEKTABLAUF

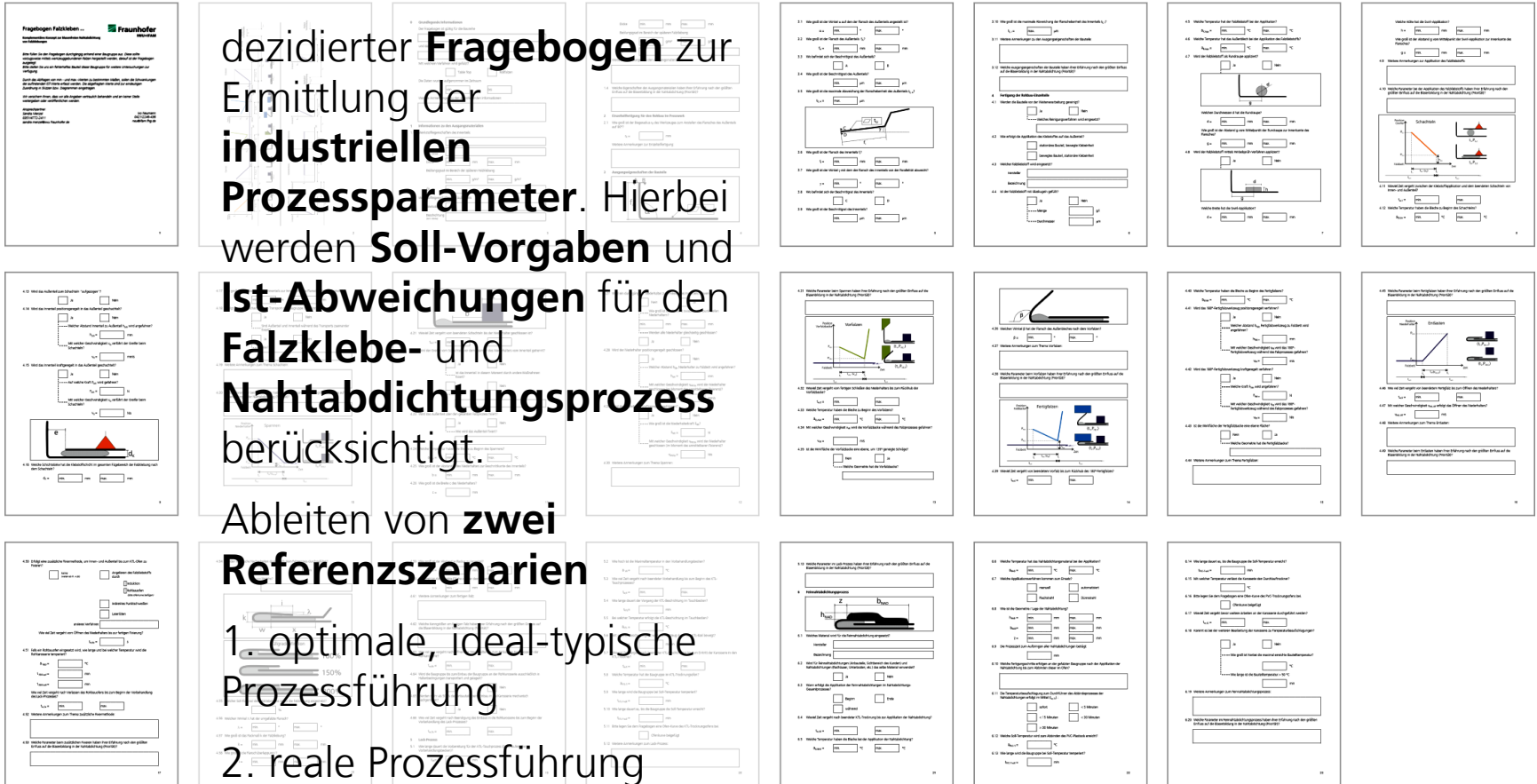


# INDUSTRIELLE PROZESSPARAMETER

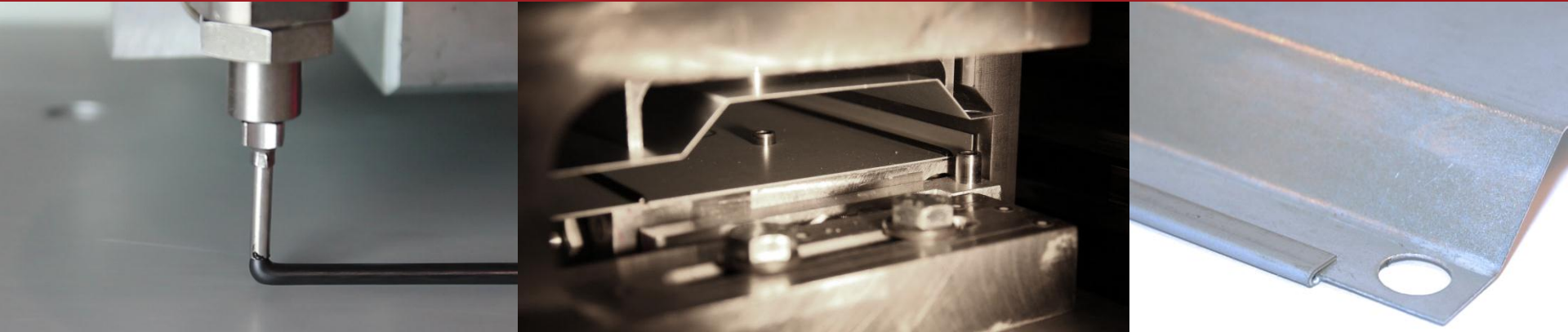
dezidiierter **Fragebogen** zur Ermittlung der **industriellen Prozessparameter**. Hierbei werden **Soll-Vorgaben** und **Ist-Abweichungen** für den **Falzklebe- und Nahtabdichtungsprozess** berücksichtigt.

Ableiten von **zwei Referenzszenarien**

1. optimale, ideal-typische Prozessführung
2. reale Prozessführung



# REFERENZSZENARIEN

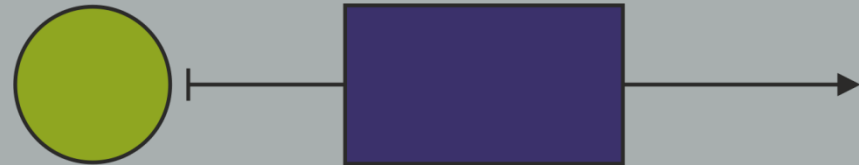


- Konfiguration und Anlagenaufbau für **werkzeuggebundenes Falzen** und eine automatisierte und reproduzierbare **Klebstoffapplikation**.
- Steuerung der Prozessschritte hinsichtlich geforderter **Kräfte, Maße** und **Zeiten**. Vorgaben der Referenzszenarien einhalten.
- Probekörper werden **KTL-beschichtet** sowie mit einer **Feinnahtabdichtung** aus **PVC-Plastisol** versehen.

# ANFORDERUNGSPROFIL NAD

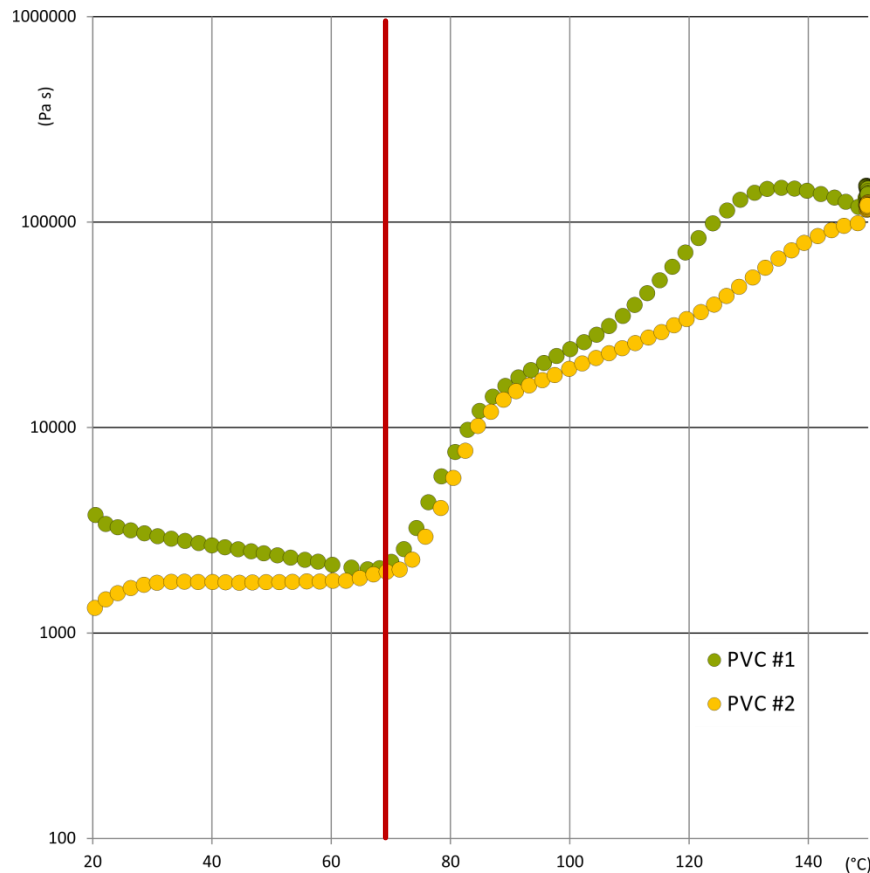


Applikation	Prozesszeit 30 Minuten	Trockner 30 Minuten 150 °C	nachfolgende Prozesse 1 Stunde 150 °C
-------------	---------------------------	----------------------------------	---



- Ableitung der **Eigenschaften** von **konventioneller PVC-Feinnahtabdichtung**
- Der **Fertigungsprozess** soll weitestgehend **unverändert** beibehalten werden
- Applikation erfolgt mittels **Flach- oder Rundstrahlspritzen**
- **PVC-Plastisol** ist ein **physikalisch-abbindendes** Polymersystem

# ANFORDERUNGSPROFIL NAD



- Ein **Viskositätsanstieg** wird bei einer Temperatur von **>70 °C** festgestellt.
- Druck innerhalb einer Kavität beträgt hier bereits **0,25 bar** und steigt auf **0,5 bar** bei 150 °C.
- Bei vorhandenen **Schadenspotential** kann die Feinnahtabdichtung aus PVC-Plastisol entstehende Fehlstellen nicht verhindern!
- **nicht-thermisch** vernetzendes Polymersystem.



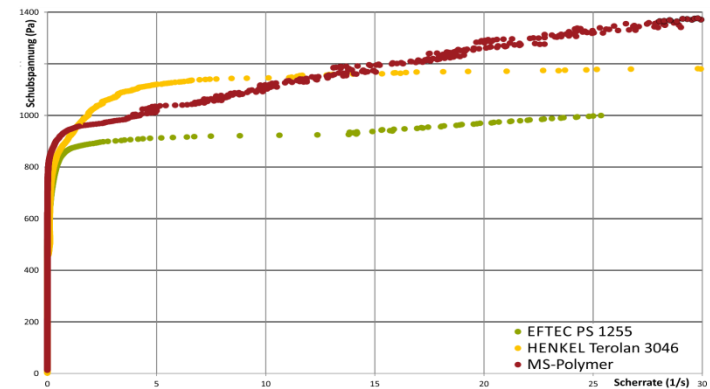
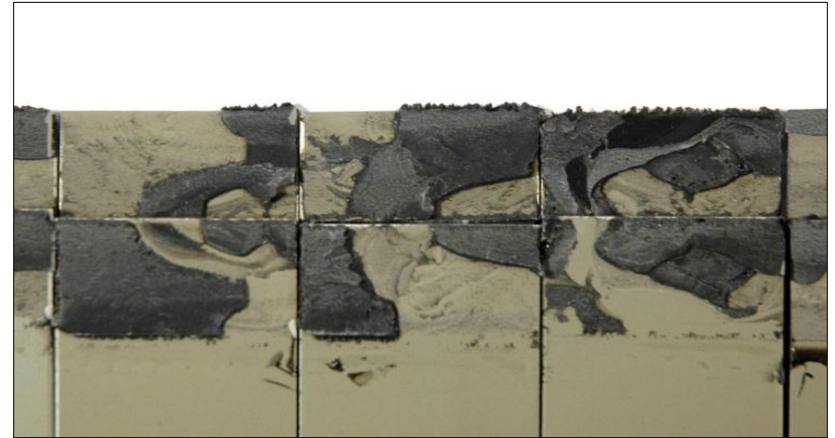
# AUSWAHL UND BEWERTUNG NAD-SUBSTITUT

## Anforderungen

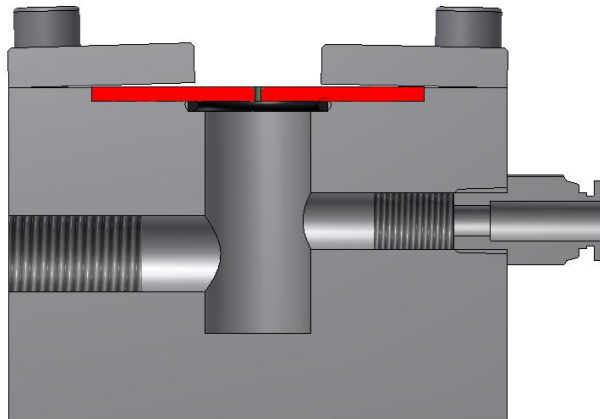
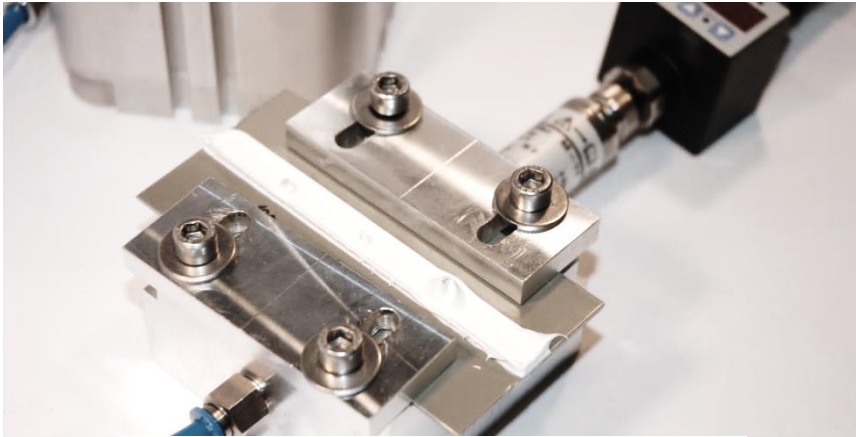
Druckfestigkeit  
Fließgrenze  
Temperaturbeständigkeit  
Haftung zur KTL-Oberfläche  
Überlackierbarkeit

## Materialien

1K-PU  
2K-PU  
1K-EP  
MS-Polymer



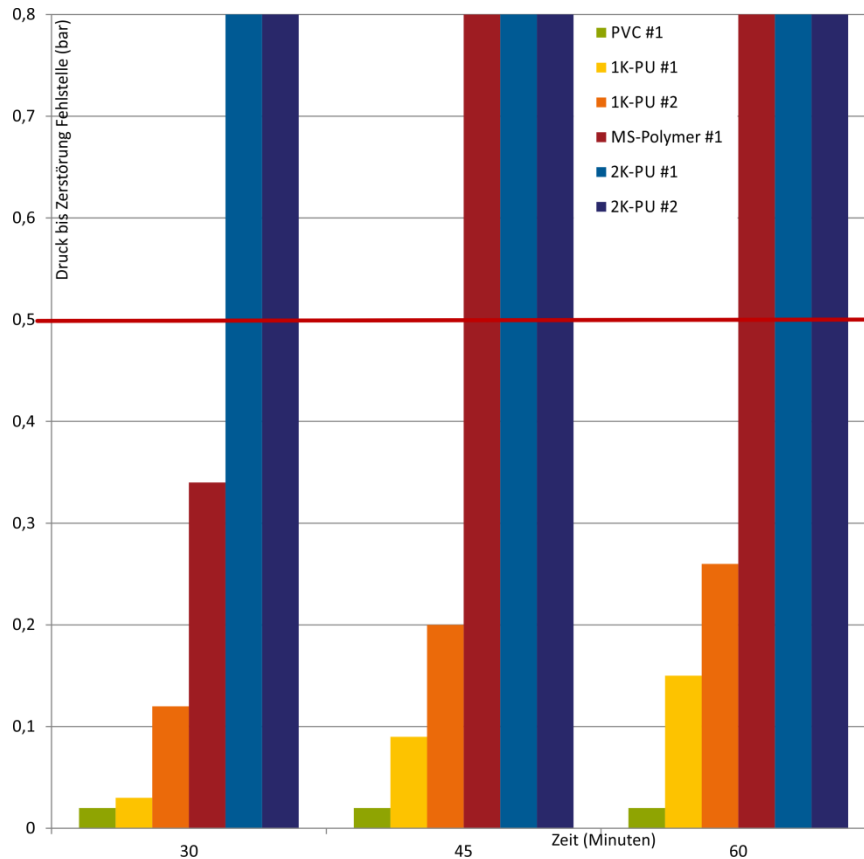
# AUSWAHL UND BEWERTUNG NAD-SUBSTITUT



## Prozesseigenschaft

- Für den Aufbau einer **hinreichenden Druckfestigkeit** verbleiben laut Fertigungsprozess 30 Minuten
- Bewertung der **Druckfestigkeit** (Reaktionskinetik) eines **Polymersystems** innerhalb der ersten **Reaktionsminuten**.
- Betrachtung verschiedener Polymersysteme unter Verwendung der industrierelevanten Oberflächen mit **KTL-Beschichtung** sowie der entsprechenden **Raupengeometrie** (Feuchtigkeitszutritt)

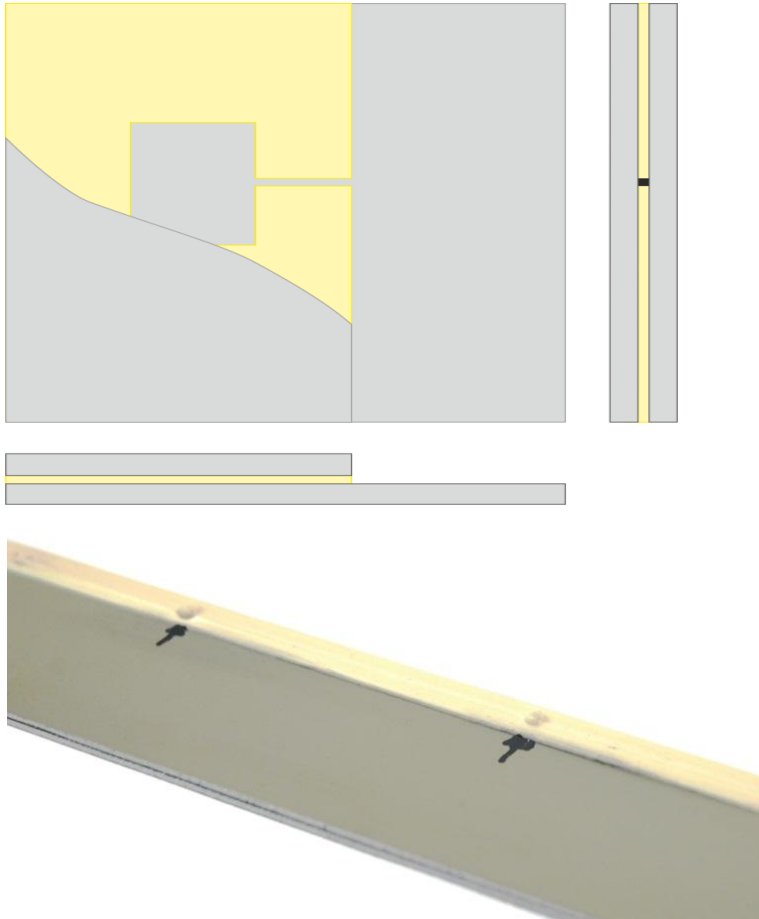
# AUSWAHL UND BEWERTUNG NAD-SUBSTITUT



## Prozesseigenschaft

- **Druckbeaufschlagung** nach 30, 45 und 60 Minuten.
- **2K-Systeme** halten bereits nach 30-Minuten einem Druck von  $>0,5$  bar stand.
- Das **1K-PU-System** erreichen nach 60 Minuten eine maximale Druckfestigkeit von rund **0,25 bar**.
- Das getestete **MS-Polymer** benötigt **30 bis 45 Minuten** um einem Druck von **0,5 bar** standzuhalten.

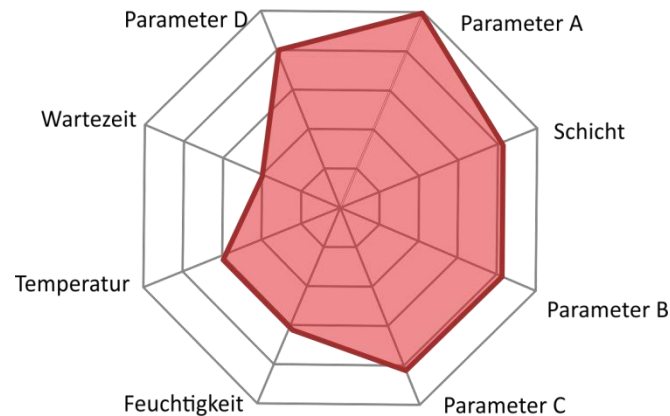
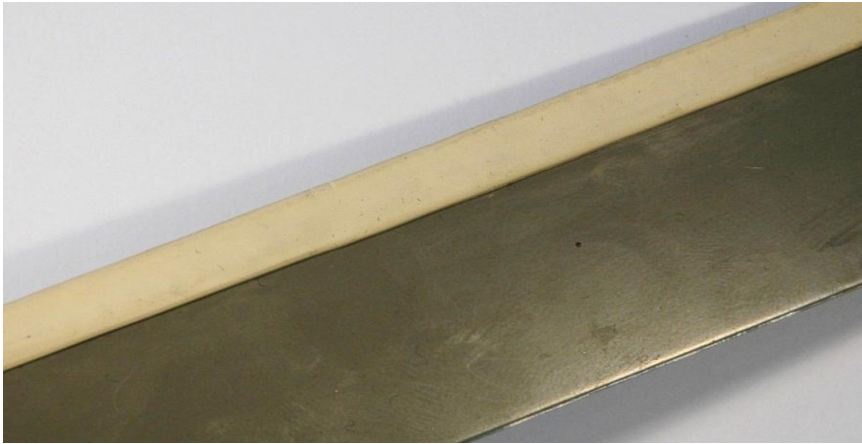
# EIGNUNGSTEST NAD-SUBSTITUT



Weitere Annäherung an die industriellen Fertigungsbedingungen:

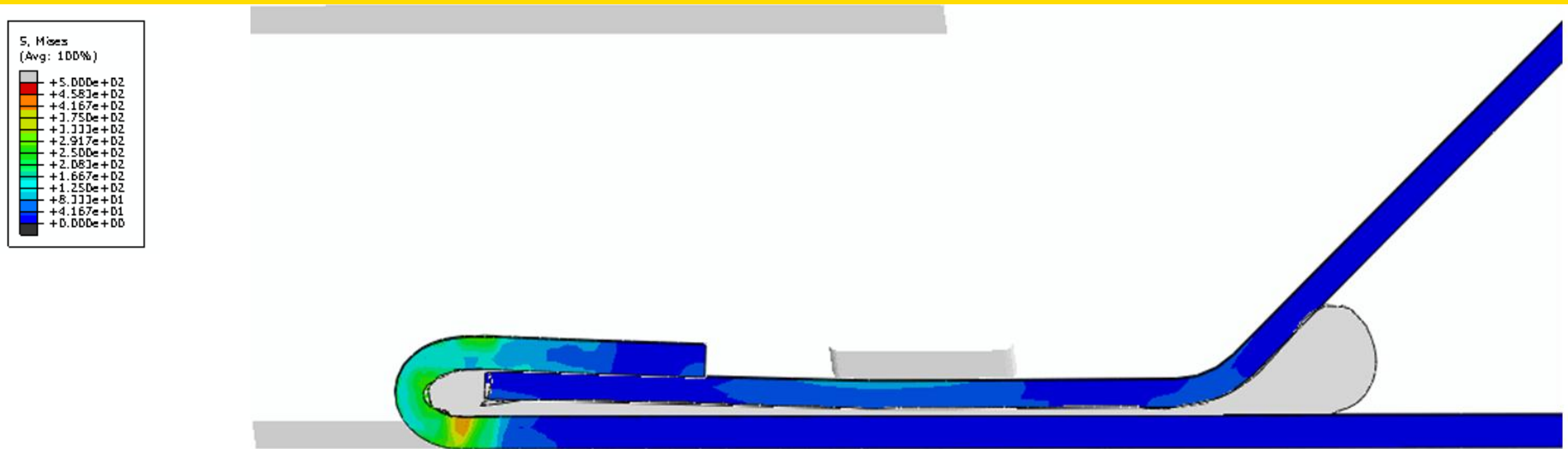
- Verwendung von **KTL**-beschichteten Blechen mit Nachstellung der **geometrischen Randbedingungen** einer Falznahtklebung.
- Einsatz eines **Kolbendosierers** mit einem **Applikationsdruck** von **40 bar** und Verwendung des **Flachstrahlspritzens** mittels „Hakendüse“
- **Verarbeitungseigenschaften** des NAD-Substitutes **experimentell** bewerten.

# EIGNUNGSTEST NAD-SUBSTITUT



- **Applikation** eines MS-Polymers konnte **erfolgreich** durchgeführt werden.
- Möglicherweise **unvollständig vernetztes** Polykondensationssystem wird temperiert > **Phasenwechsel** der flüchtigen **Spaltprodukte** > Aufschäumen
- Beschreibung eines sicheren **Parameterfensters** zur Verarbeitung von MS-Polymeren: Hier können beispielweise **Schichtdicke, Wartezeiten, Luftfeuchte, ...** variiert werden.

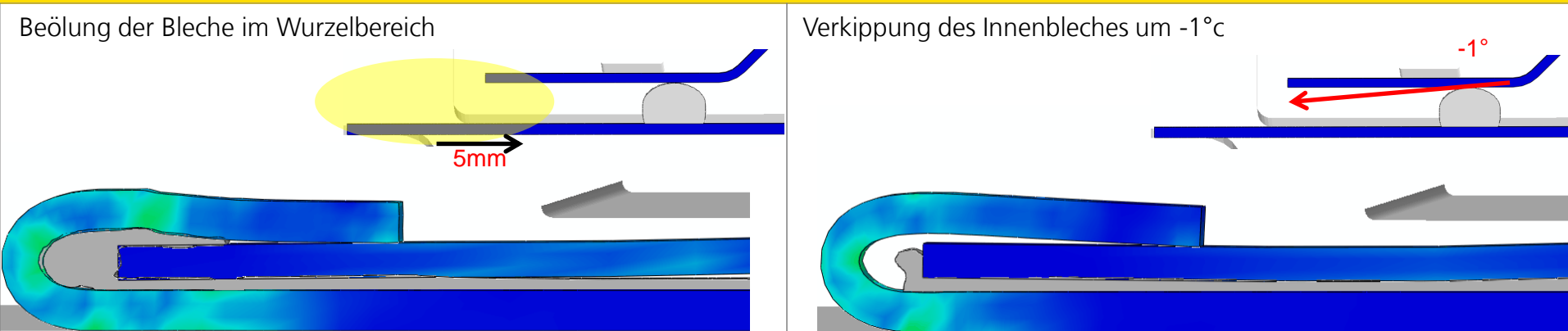
# GEKOPPELTE SIMULATION



Animierte Darstellung des Gesamtprozesses mit Rückfederungen beim Öffnen der Fertigfalzbacke und des Niederhalters  
Konturplot der Mises Spannungen von 0 - 500 MPa

- **FSI-Simulation** des **Falzprozesses** nach den Vorgaben des Referenzszenarios
- Fluid-Struktur-Interaktion: Klebstoff ↔ Blechbauteile
- Wie wirken sich Schwankungen der Prozessparameter auf den **Füllgrad** aus?

# GEKOPPELTE SIMULATION



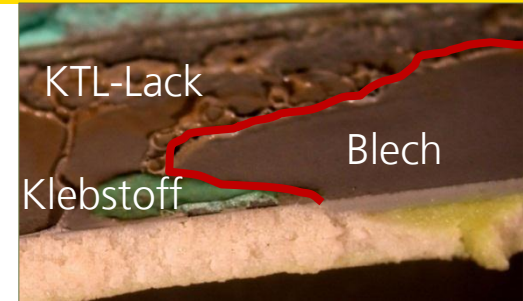
- Ein **Ölfilm** im Bereich des Falzflansches führt zu **höheren Füllgraden**
- Ein **nicht planparalleles Schachteln** führt zu **geringeren Füllgraden**

**Füllgrad** des Klebstoffes ist **kein hinreichendes Indiz** für ein vorhandenes **Schädigungspotential**

# URSACHEN KAVITÄT

Kavitäten mit **Schädigungspotential** werden bestimmt durch:

- **Begrenzungen im Falz <sup>1</sup>**: Bleche, Klebstoff, KTL
- **Begrenzung nach außen <sup>2</sup>** mit lokaler **Austrittsöffnung**:  
Blech, KTL-Meniskus



Bleche / Falzgeometrie



*Stanzgrat, Beölung, Rückfederung, Faltenbildung, Passgenauigkeit, Falzprozess*

Falzklebstoff



*Füllgrad, Fehlstellen*

KTL-Strukturen



*Meniskusbildung (Beschnittkante)  
Umgriff, KTL-Fehler, Spülprozess*



# URSACHEN KAVITÄT

## Beispiel 1: Falzspalt & KTL-Umgriff

Mögliche Entstehungskette des Schädigungspotentials:

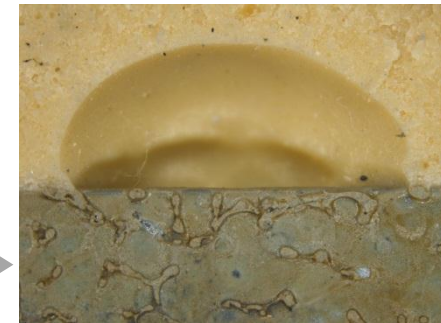
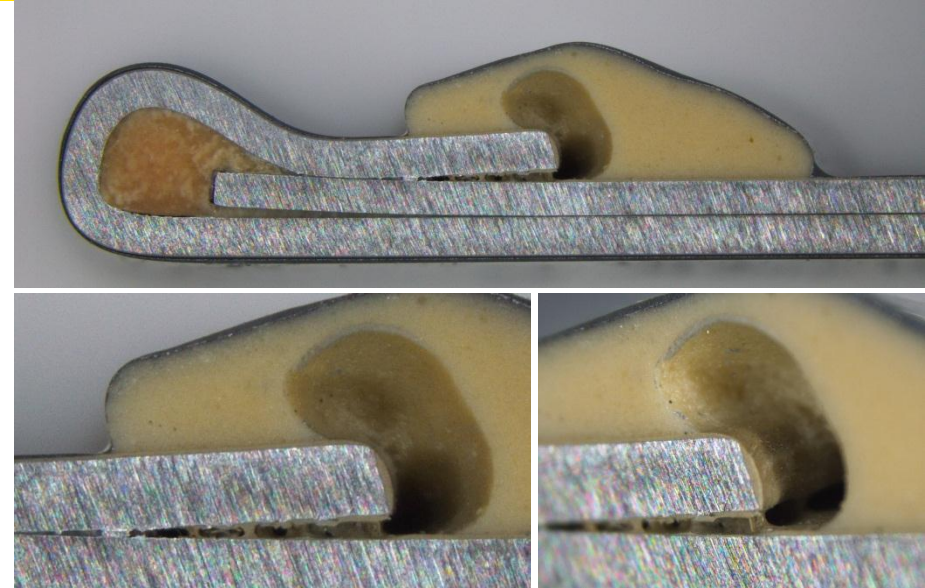
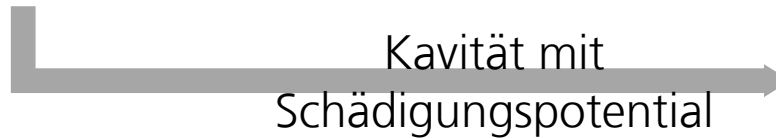
- Klebstoff i.O. nach Soll-Vorgaben (konst. Füllgrad 130 %)
- Pos. Falzwinkel → geöffneter Falzspalt (variiert i.R.d. Prozesstoleranzen)



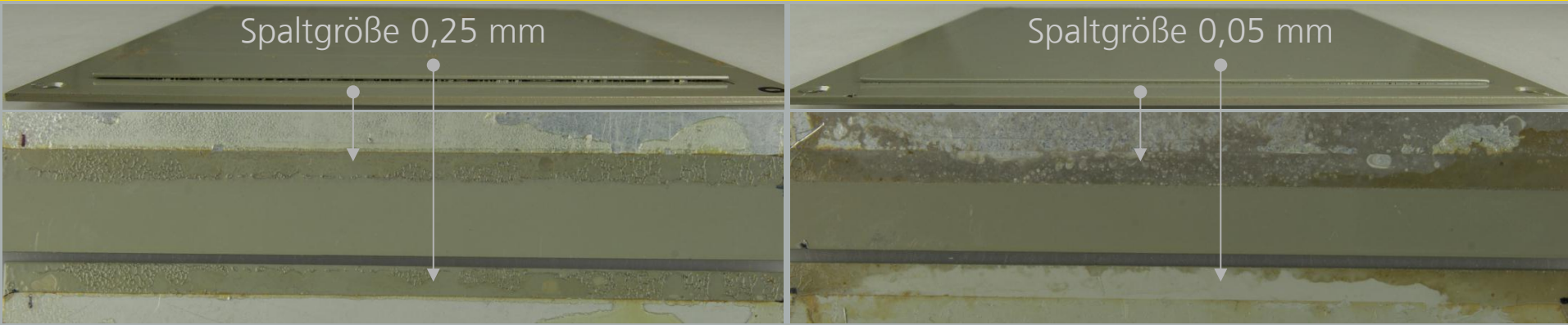
Zunächst keine Kavität / Schädigungspotential



KTL-Prozess  
abh. von Spaltgröße Veränderung der Umgrifffähigkeit



# URSACHEN KAVITÄT



- **KTL-Umgriff** in Abhängigkeit der Spaltgröße
  - Spalt = 0,25 mm: beidseitige Benetzung der Blechteile, Verbleib von **nicht koagulierter KTL-Flüssigkeit** im Spalt, **Aufschäumen** und Aushärten der Strukturen im KTL-Ofen
  - Spalt = 0,05 mm: Umgriffbarkeit ist bei zu kleinen Falzspalten nicht gegeben. Die koagulierte Lackschicht bildet einen **KTL-Meniskus** und verschließt den Falzspalt.

# URSACHEN KAVITÄT

## Beispiel 2: Falzklebstoff & Fehlstellen

Der **Füllgrad** wird maßgeblich bestimmt durch:

- Klebstoffmenge
- Raupenlage

### Lokale Füllgradschwankungen

entstehen durch:

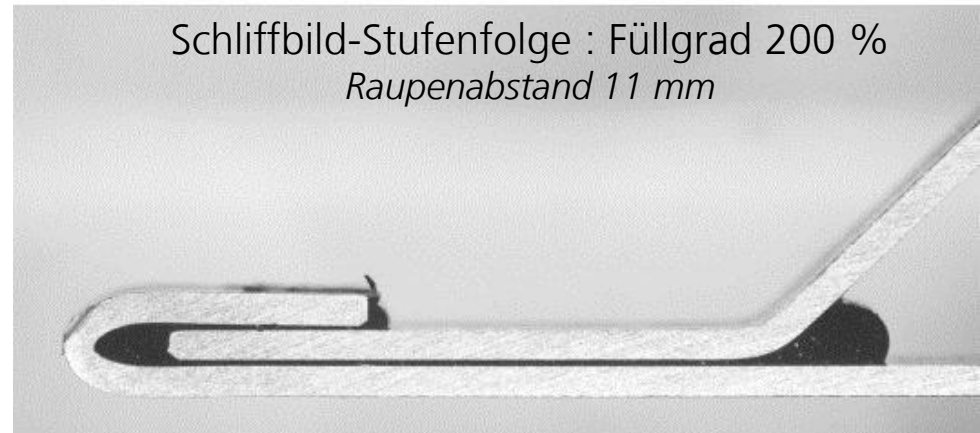
- Applikationsfehler KS-Raupe
- Flanschparallelität beim Schachteln
- Beölung
- Druckverteilung Niederhalter
- Einzelteilpositionierung

**Klebstoff beeinflusst Falzwinkel & Falzspalt**

Schliffbild-Stufenfolge : Füllgrad 130 %  
*Raupenabstand 13 mm*



Schliffbild-Stufenfolge : Füllgrad 200 %  
*Raupenabstand 11 mm*



# URSACHEN KAVITÄT

## Beispiel 2: Falzklebstoff & Fehlstellen

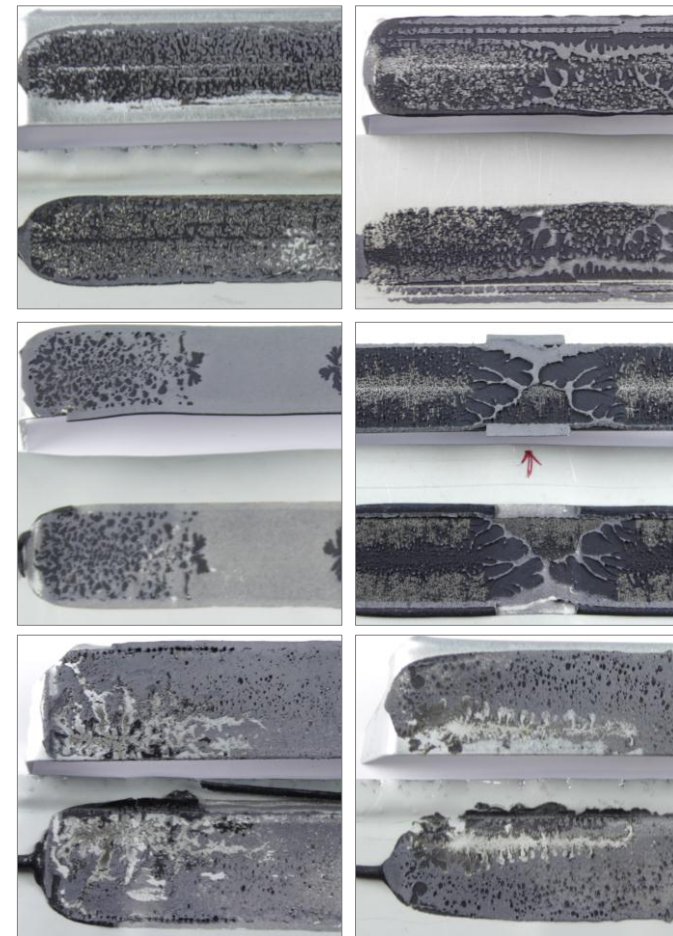
**Fehlstellen** entstehen durch:

- Relativbewegungen
- Krafteinwirkung

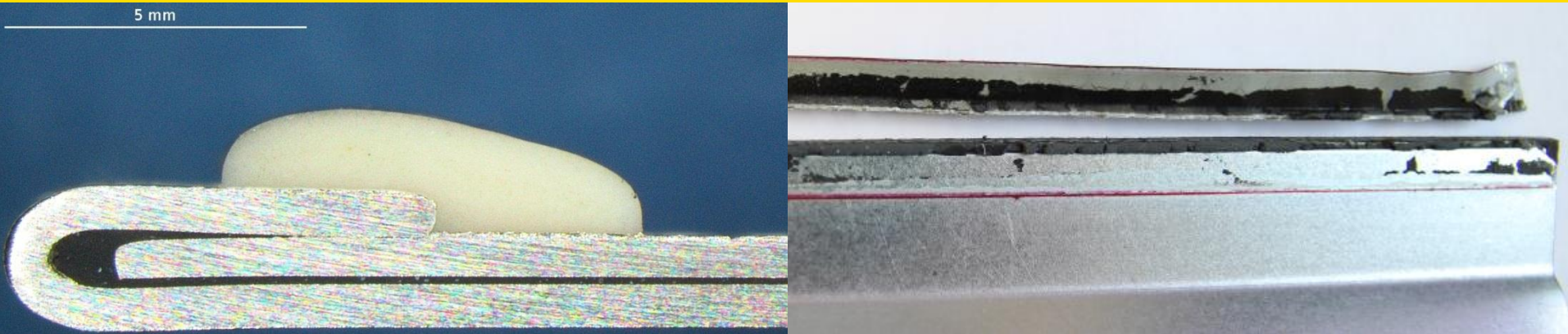
Ihre **Ausprägung** ist abhängig von

- Klebstoffmenge
- Temperatur
- Beölung
- Umgebungsbedingungen
- Etc.

**Fehlstellen und Füllgradschwankungen führen zu Kavitäten mit Schädigungspotential** →



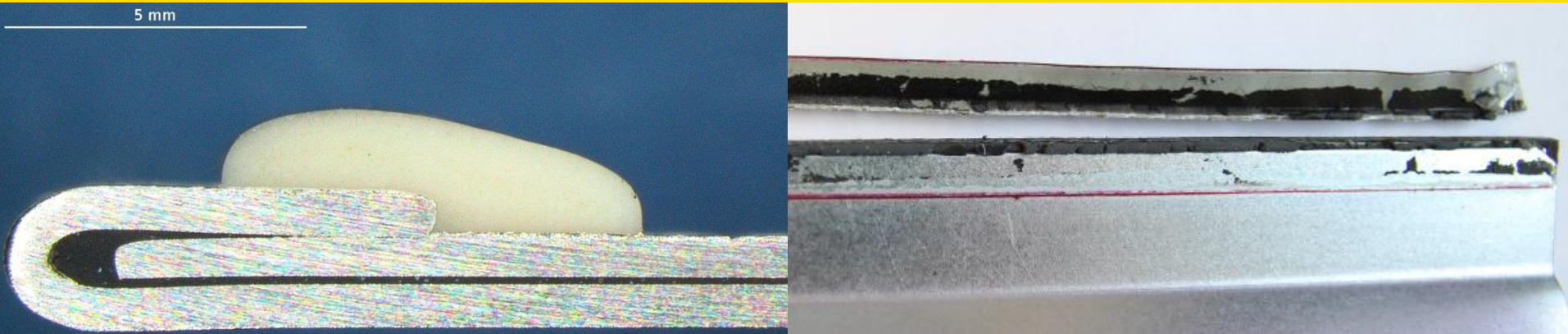
# REDUZIERUNG KAVITÄT



## Theoretisch kavitätsfreier Falzprozess:

- Kompletter geschlossener Falzspalt
  - ☹ Gefahr von Abzeichnungen, Schwankungen an geometriebedingten Unstetigkeiten wie Rückschnitten und Charakterlinien, Rückfederungsverhalten
- Perfekter 200 % Füllgrad
  - ☹ Lokale Füllgradschwankungen und Fehlstellen führen bei voll gefülltem Falz sofort zur Blasenbildung (geöffneter Falzspalt durch Klebstoff; kein laterales Entweichen möglich)

# REDUZIERUNG KAVITÄT



## Praktisch kavitätenreduzierter Falzprozess:

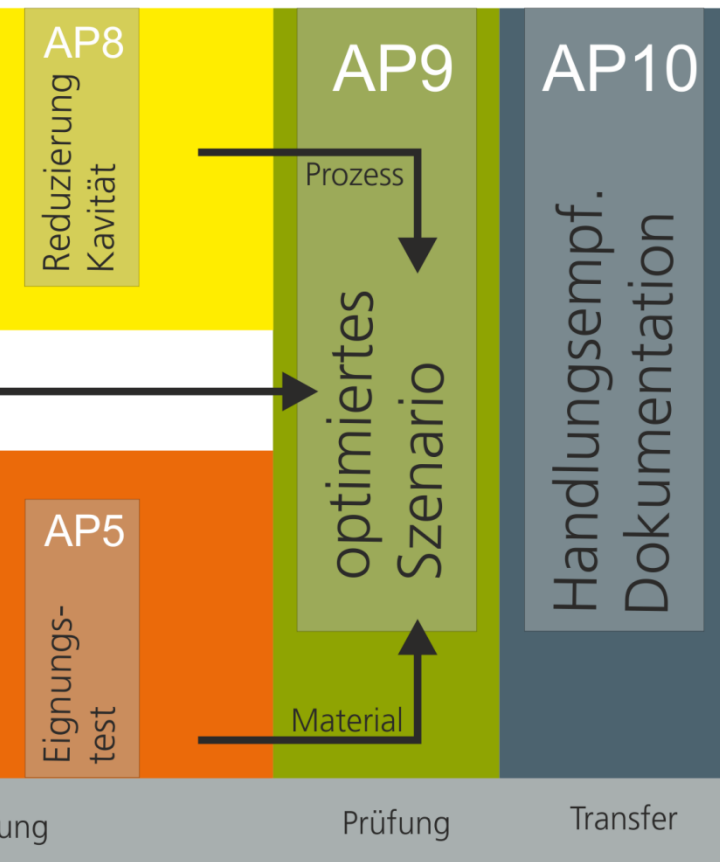
- Falzgeometrie: **konstanter, kleiner Falzspalt** (Eindringen und Aushärten nicht koagulierter KTL-Flüssigkeit im Falz verhindern)
- Falzverklebung:
  - **Füllgradschwankungen verhindern** (Prozesssichere KS-Applikation, keine lokalen Ölanhäufungen, Flanschparallelität)
  - **Fehlstellen verhindern** (Saubere Oberflächen, Hohe Kräfte vermeiden, Relativbewegungen in Handlingsoperationen minimieren)

# OPTIMIERTES SZENARIO



- Herstellung **kavitätsreduzierter Falzproben**
- Herstellung von Proben mit **definierten Schädigungspotentialen**
- Nach KTL-Beschichtung erfolgt **Feinnahtabdichtung** mit **PVC-Plastisol** sowie **MS-Polymer**
- **Bewertung Fehlertoleranz NAD-Substitut**

# HANDLUNGSEMPFEHLUNG & DOKUMENTATION



- Abschlussbericht in Arbeit
- Projektabschlussitzung: 26. März 2014  
Fraunhofer IFAM Bremen



DANKE



DAIMLER



Audi



VOLKSWAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT



# HINWEIS

Das IGF-Vorhaben 17266 BG der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. - FOSTA, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf wurde über die AIF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages