

VDI-Wissensforum: „Tank- und kraftstoffführende Systeme“ Braunschweig 4. und 5. Juli 2013

„Freiformbarer DLR-Wabentank für die CNG Anwendung“

Dipl.-Ing. Roland Schöll, MBA

Dipl.-Ing. Diego Schierle

Prof. Dr.-Ing. Horst E. Friedrich

DLR Institut für Fahrzeug-
konzepte, Stuttgart



Wissen für Morgen

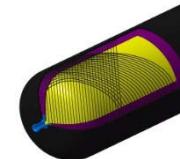
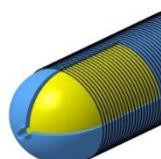
Inhalt

1. Konzept des DLR-Wabentanks
2. Teilsysteme und deren Funktion
3. Herstellungsverfahren
4. Zell-Entwicklung
5. Zell-Verbindung
6. 3D-Wicklung
7. Lastenheft
8. Zusammenfassung und Ausblick



1. Konzept des DLR-Wabentanks

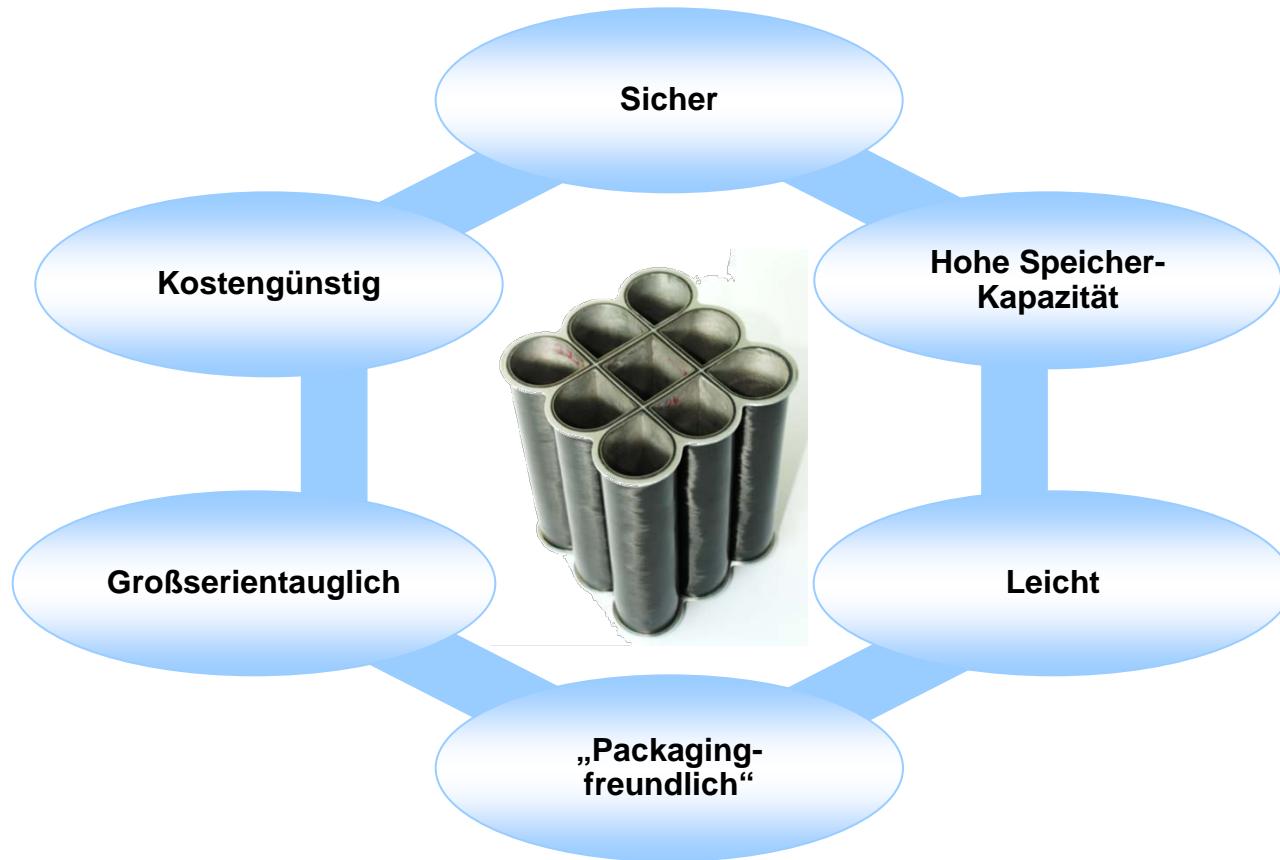
Standardbauweise und DLR-Wabentank



	CNG 1	CNG 2	CNG 3	CNG 4	
Wicklung		Umfangswicklung	Spiralwicklung	Spiralwicklung	
Gewichtseffizienz	0,95 - 1,15 kg/l	0,75 - 0,85 kg/l	0,38 - 0,68 kg/l	ca. 0,36 kg/l	
<u>Prinzip:</u> Patentiertes DLR Grundkonzept					
				0,46 kg/l	
Bauraum- Variabilität					
Projekt 2012-2014 Gefördert durch Helmholtz			Wabentank vs. Flaschtanks	Konzept ausarbeiten	Automat. Fertigung und Validierung



1. Konzept des DLR-Wabentanks



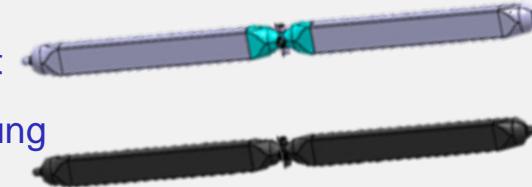
2. Teilsysteme und deren Funktion



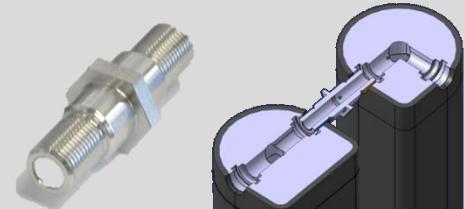
DLR-Showtank Stand 2011

1. Zelle:

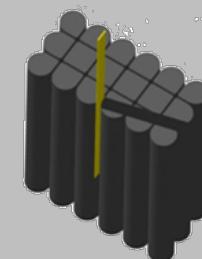
1. Liner → Gasdichtigkeit
2. Umwicklung → Axiale Belastung



2. Zellenverbindung: → Gasversorgung

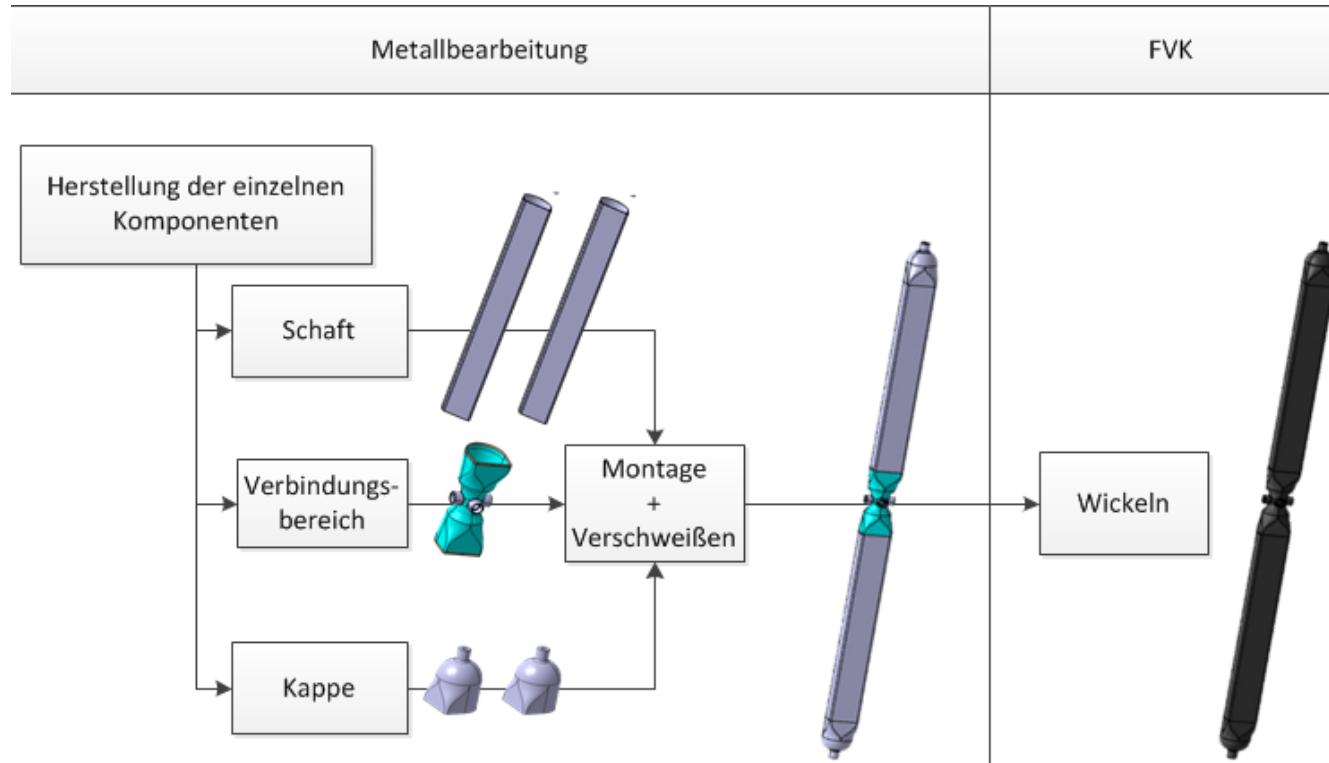


3. 3D-Wicklung: → Radiale Belastung

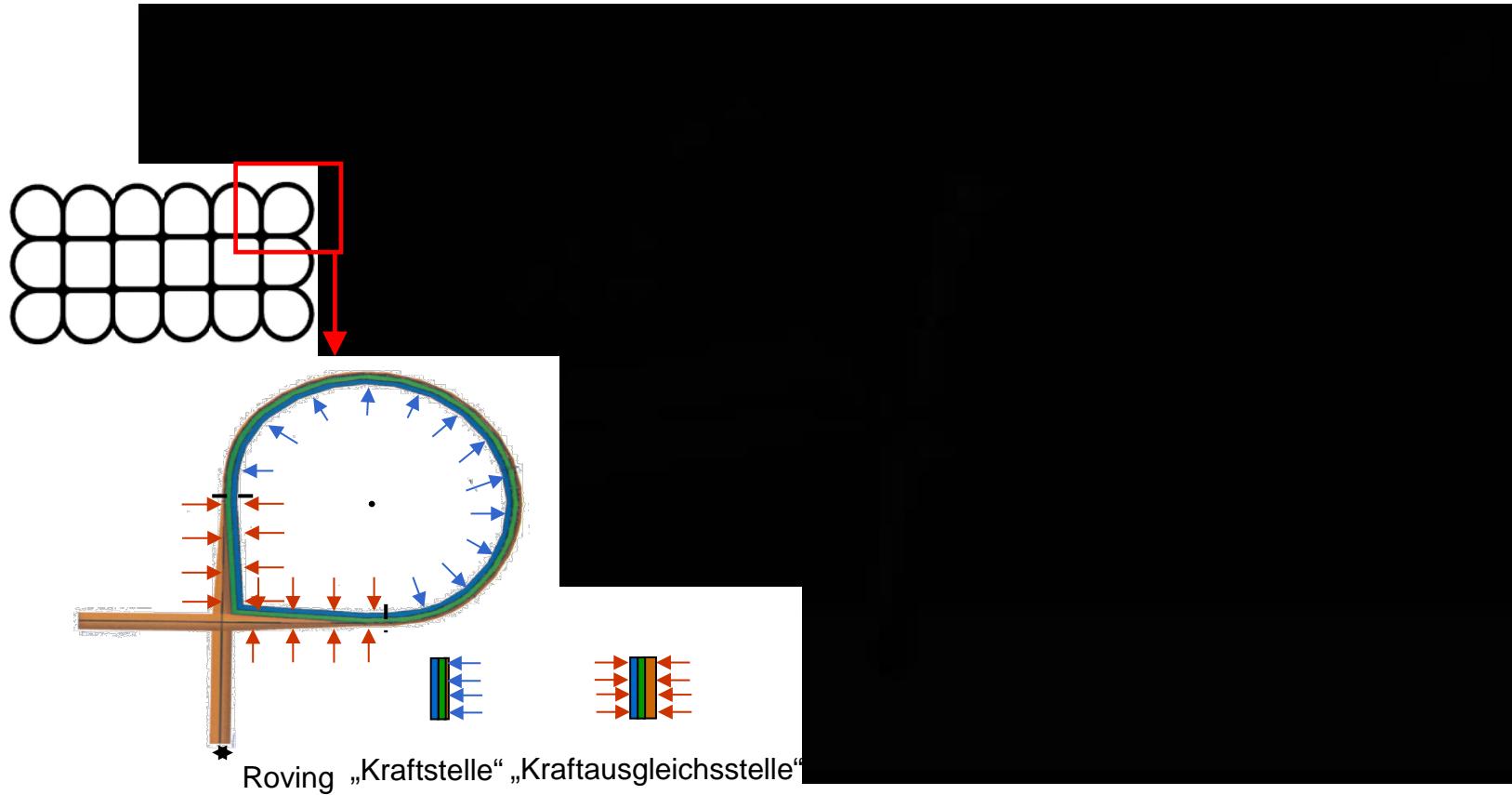


3. Herstellungsverfahren

Zellen-Herstellungsverfahren

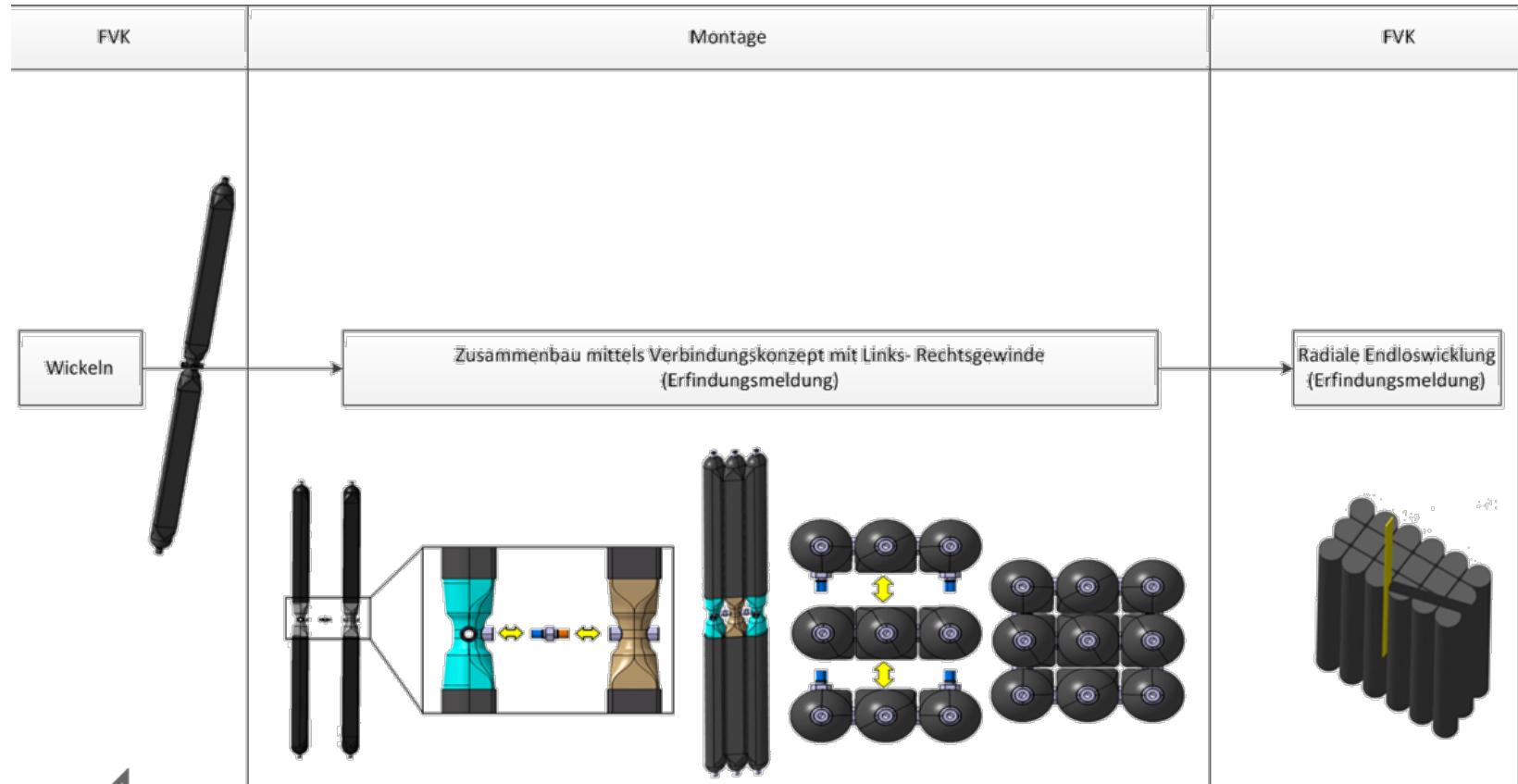


4. Herstellungsverfahren



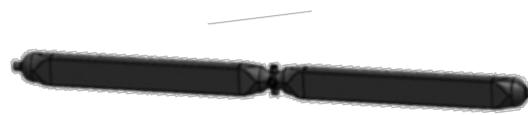
4. Herstellungsverfahren

Wabentank-Herstellungsverfahren



4. Zellenentwicklung

Lineruntersuchung



Erkenntnisgewinn

	Generation 1 (Dez. 12)	Schweißnaht- untersuchung	Generation 2 (Mai. 13)
Modell/Fertigung Gen.1			
Ergebnisse Gen. 1			
Erkenntnisse Gen.1			
Schweißnaht			
Modell/Fertigung			
Erkenntnisse Gen. 2			

Monozeller Gen. 1

Fertigung und Prüfung

0,5 mm Aluminium-Liner



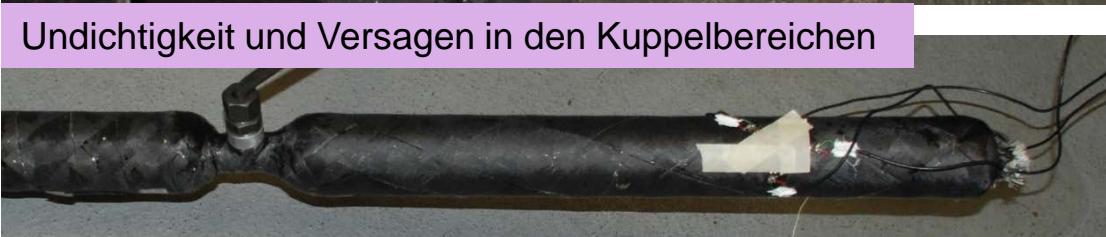
CFK-Umwicklung



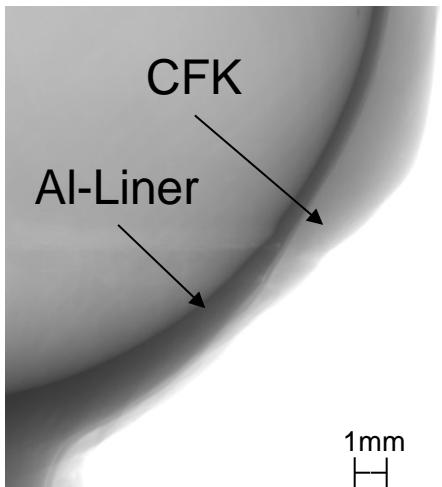
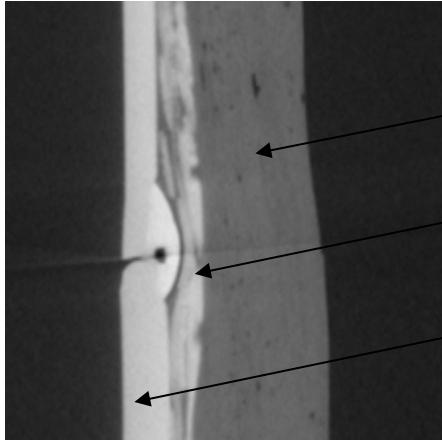
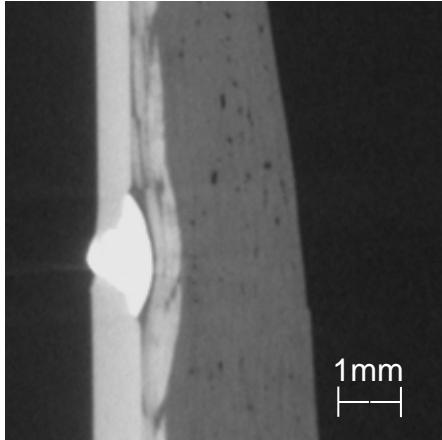
Berstdruckversuche



Undichtigkeit und Versagen in den Kuppelbereichen



Computertomographie



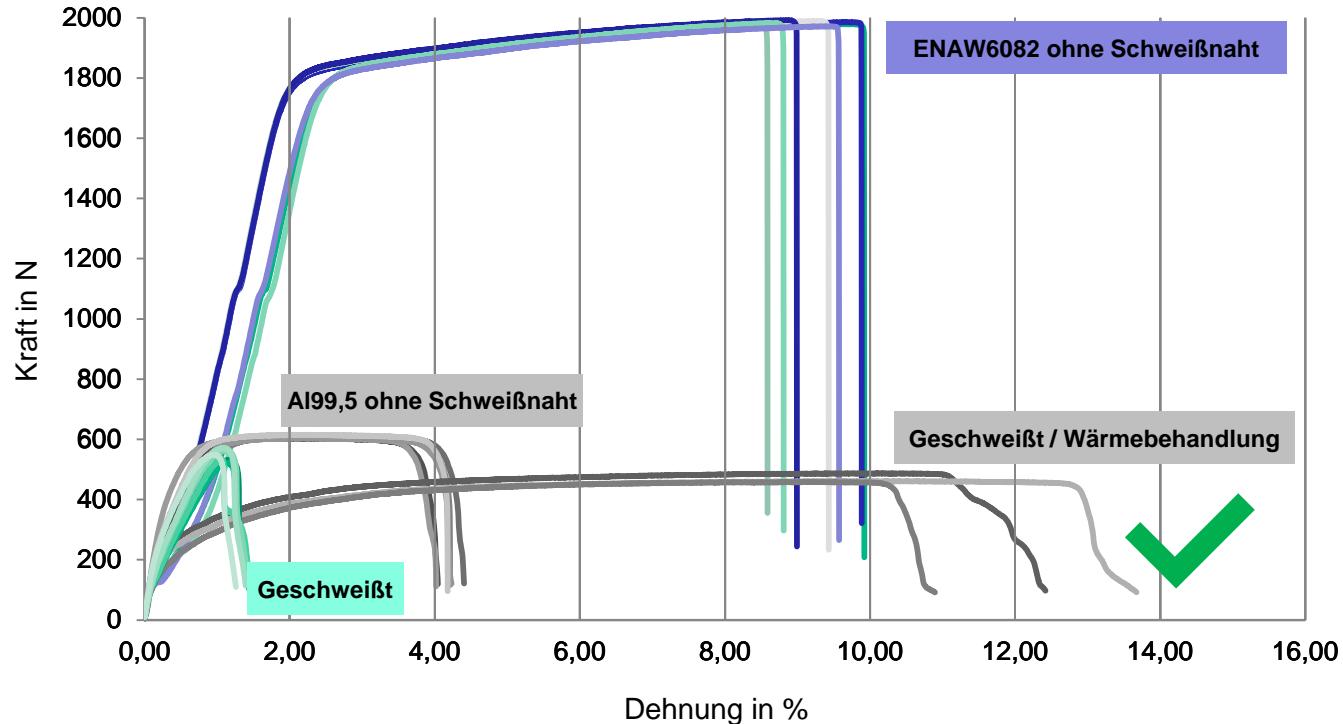
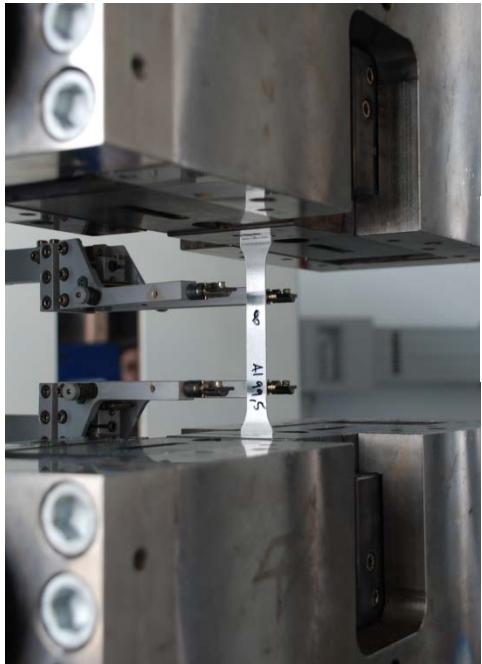
Erkenntnis:

- Schweißnähte auf Stoß haben keine ausreichende Qualität!
- Laminataufbau im Kuppelbereich nicht optimal

Folge:

- Schweißnahtuntersuchung an Zugproben und Liner
- Stoßverbindung sind zu vermeiden
- Isotenoide Wicklung ermöglichen

Schweißnahtuntersuchungen ENAW6082 / Al99,5



Die geschweißten Proben dehnen sich um $\varepsilon \sim 1\%$ → Risiko!

Durch eine anschließende Wärmebehandlung ist $\varepsilon > 10\%$! ✓



4. Zellenentwicklung

Lineruntersuchung



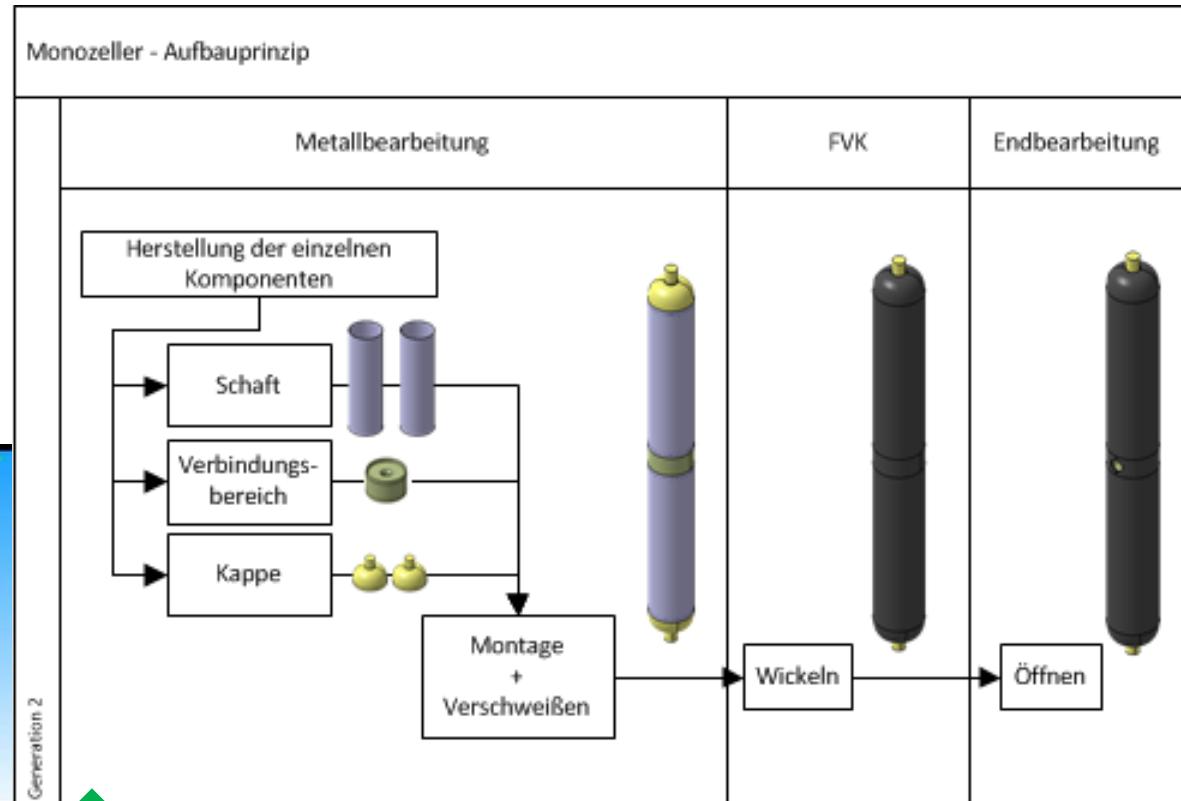
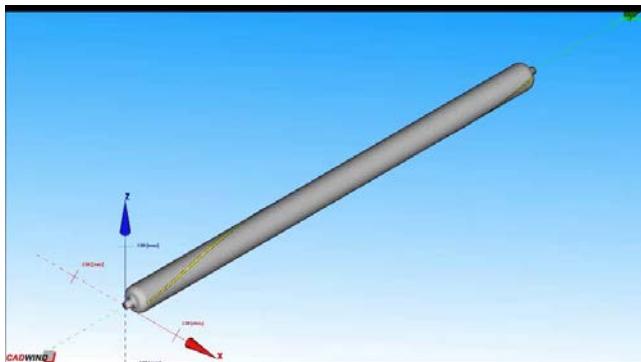
Erkenntnisgewinn

	Generation 1(Dez. 12)	Schweißnahtuntersuchung	Generation 2 (Mai.13)
Modell/Fertigung Gen.1	Folie		
Ergebnisse Gen. 1	<ul style="list-style-type: none"> • Laminatversagen • Undichtigkeit 		
Erkenntnisse Gen.1	Gasdichtigkeit und Laminataufbau überprüfen		
Computertomographie: Schweißnahtuntersuchung, Geometrieanpassung (Generation 2)			
Schweißnaht			Wärmebehandlung
Modell/Fertigung			
Erkenntnisse Gen. 2			

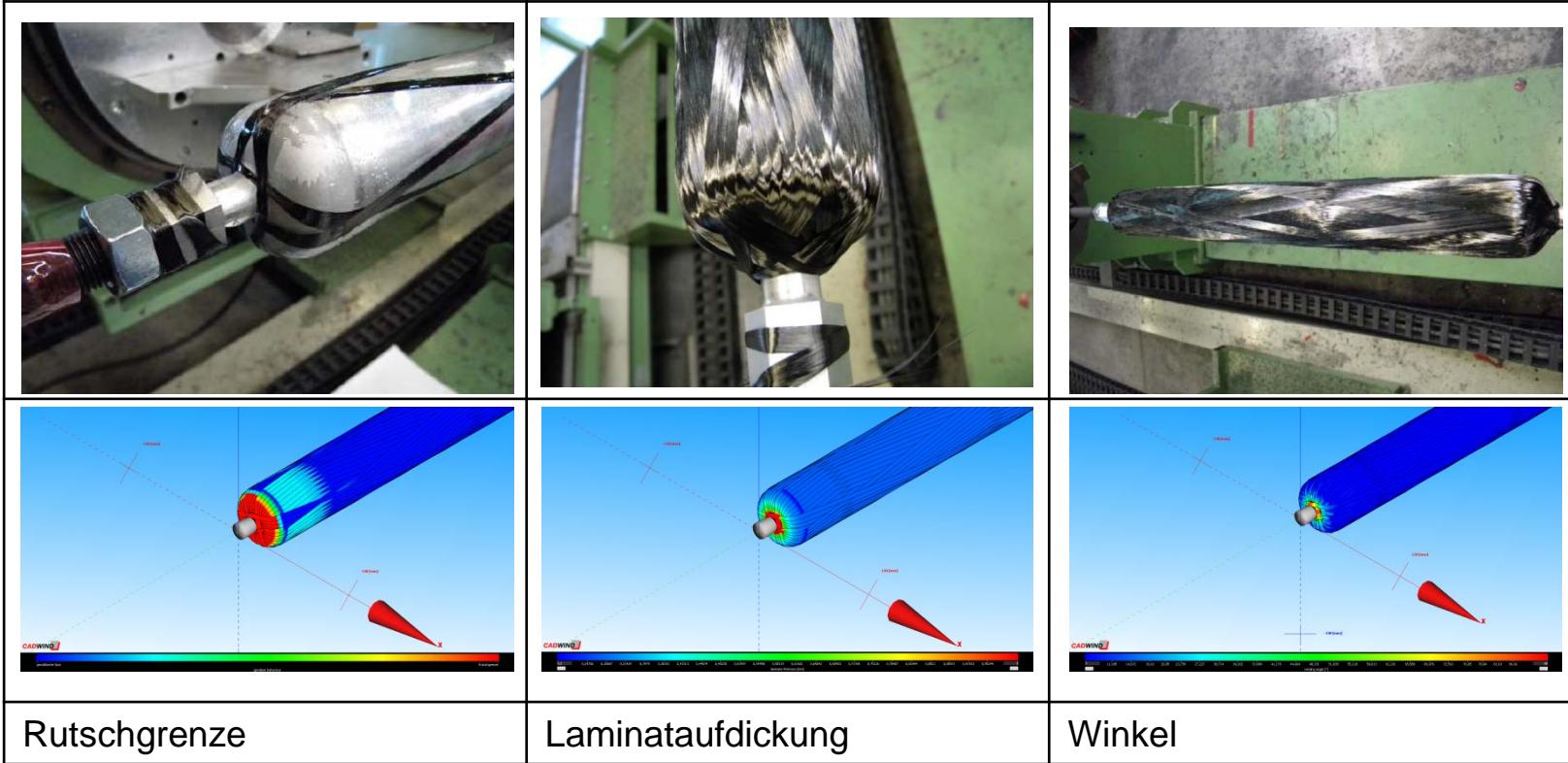


Monozeller Generation 2

„Isotenoide“ Wicklung ermöglicht
durch fehlende Verjüngung und
angepasste Kappengeometrie!



Monozeller Generation 2



Simulation mittels „CADWIND“ Software →

Simulation und Realität stimmen überein!





Erkenntnisse Generation 2

Ohne Wärmebehandlung	Mit Wärmebehandlung
 	 
<ul style="list-style-type: none">• <u>Keine plastische Deformation erkennbar</u>• Riss in der Schweißnaht	<ul style="list-style-type: none">• <u>Plastische Deformation >10%</u> → Es ist gewährleistet, dass der Liner sich an das Laminat presst• <u>Kein Schweißnahtversagen</u>



4. Zellenentwicklung

Monozeller Gen. 2, Berstversuche



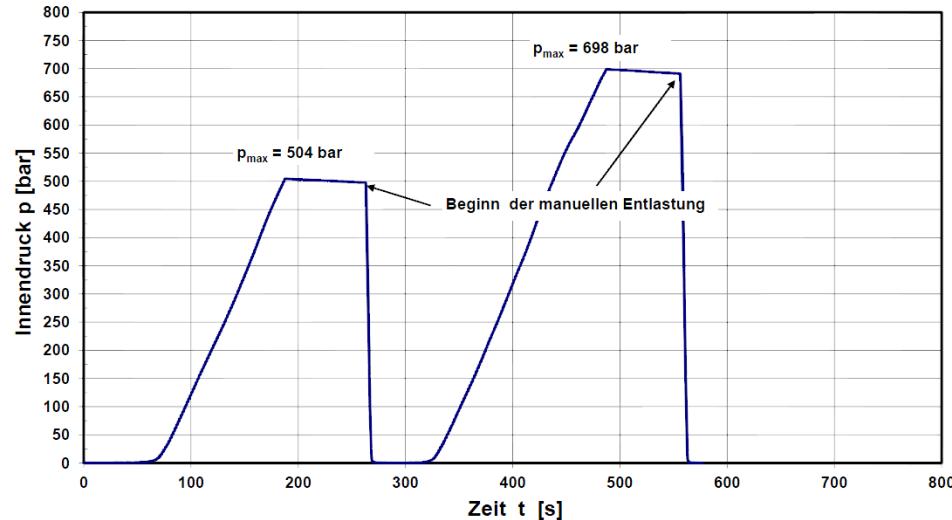
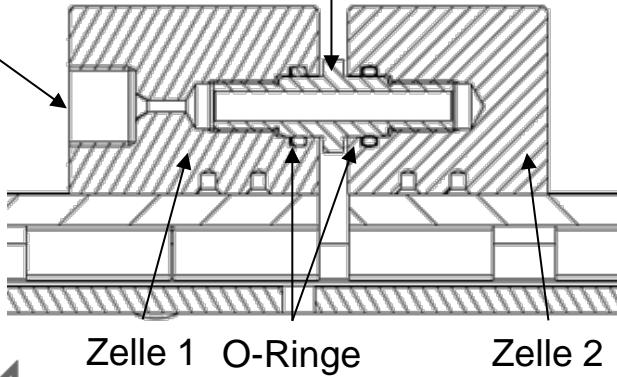
Liner i.O. // 
Laminatversagen im Schaft

Markierungen = „Shrinktape“ Einkerbung in
das Laminat// 
Liner i.O. // 
Laminatversagen im Schaft

5. Zellenverbindung



Zellverbindung



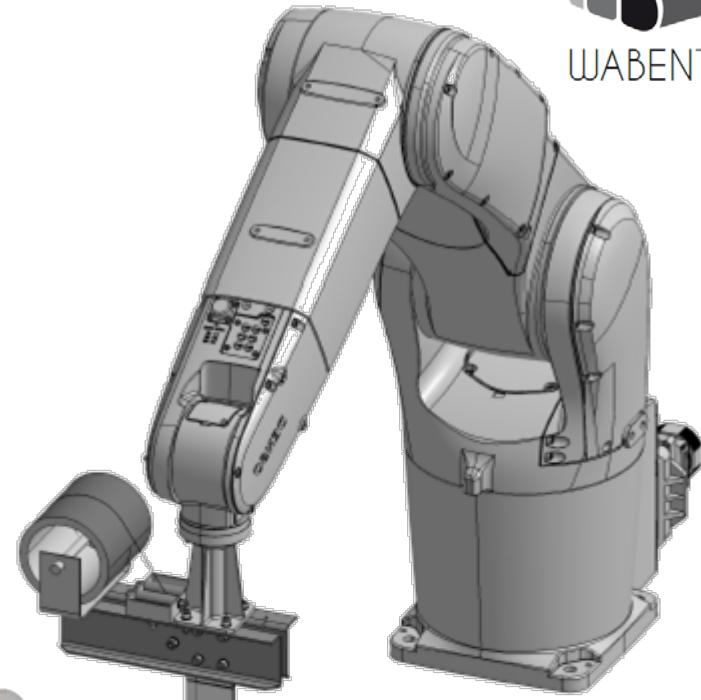
Die Zellverbindungen wurden in einem vereinfachten Prüfaufbau validiert!

- **Druckversuche** bis 500 bar i.O. 
- **Zyklenversuche** (10-260 bar) 500.000 Zyklen i.O. 



6. 3D-Wicklung

- Robotergeführt und dadurch bauraumadaptiv
- Nasswicklung durch zusätzlich angebrachten Harzkanal
- „Wickelschwert“ mit einer Breite von 2mm und einer Länge von ca. 500mm
- Werkzeug befindet sich in der Konstruktions- und Fertigungsphase und wird an einem „Wickelmodell“ erstmalig in Betrieb genommen

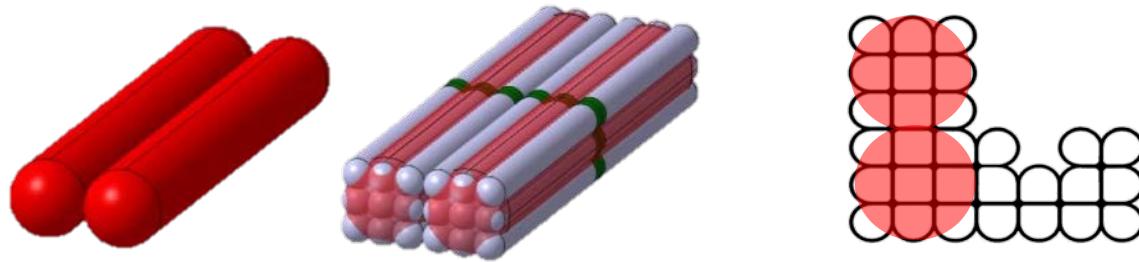


7. Lastenheft

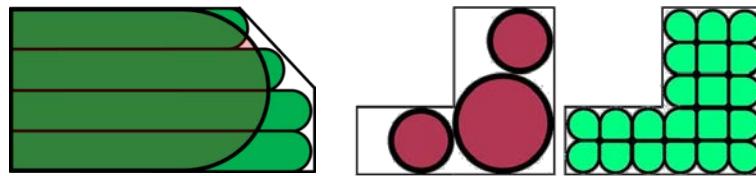
- Berstversuche
 - Druckzyklen-Tests
 - Auslagerungsversuche
 - (Feuerschutzprüfung, Beschuß...)

8. Zusammenfassung und Ausblick

Volumenvergleich Flaschentanks vs. DLR-Wabentank (ungünstigste Vergleichsvariante für den DLR-Wabentank!)



→ Volumengewinn des Modells → +18%; $m/V=0,46\text{kg/l}$



→ Dabei ist die **Bauraumadaptivität noch nicht beachtet!**



Vielen Dank für Ihr Interesse

Dipl.-Ing. Roland Schöll, MBA

roland.schoell@dlr.de

Tel.: 0711/6862-592

DLR Institut für Fahrzeugkonzepte

Stuttgart

