

IB 131-2015/057

**Abschlussbericht
Verbundprojekt KoPRa
Teilvorhaben KoPRa-DLR**

M. Kleineberg, T. Forßbohm



**Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik
Braunschweig**

09 / 2015

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtzgemeinschaft
Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

IB 131-2015/057

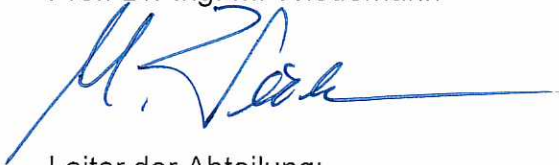
**Abschlussbericht
Verbundprojekt KoPRa
Teilvorhaben KoPRa-DLR**

Braunschweig, September, 2015

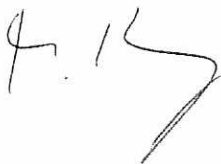
Der Bericht umfasst:

53 Seiten
zzgl. 23 Seiten Anhang

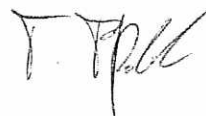
Institutsleiter:
Prof. Dr.-Ing. M. Wiedemann



Leiter der Abteilung:
Dr.-Ing. Markus Kleineberg



Verfasser:
Tobias Forßbohm



Abschlussbericht

für das Verbundprojekt **KoPRa**

Teilvorhaben **KoPRa-DLR**

Zuwendungsempfänger:	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Förderkennzeichen:	20W1121B
Berichtszeitraum:	01.01.2013 – 31.03.2015
Laufzeit des Vorhabens:	01.01.2013 – 31.03.2015

Erstellt von:

Name: Kleineberg, Markus; Forßbohm, Tobias

Datum, Ort: 11. September 2015, Braunschweig

Rechtsverbindliche Unterschrift

Inhalt

1	Überblick	1
1.1	Wissenschaftliche und technische Ergebnisse	1
1.2	Stand des Vorhabens.....	1
1.3	Aussicht auf Erreichung der Ziele des Vorhabens	1
1.4	Relevante Ergebnisse Dritter	1
1.5	Änderungen in der Zielsetzung.....	1
1.6	Verwertung der Ergebnisse / Fortschreibung des Verwertungsplans	2
1.7	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	2
1.8	Danksagung	2
2	Motivation	3
2.1	Ableiten der Randbedingungen.....	3
2.2	Konzipierung der Kerne	3
2.3	Konzipierung der Verzweigung.....	4
2.4	Zusammenfassung erster Zwischenergebnisse	4
3	Verstärkte Formkerne für die Flechttechnologie	5
3.1	Hybridkern für ein Hohlprofil	5
3.1.1	Untersuchtes Konzept	7
3.1.2	Bewertungskriterien.....	9
3.1.3	Weitere Konzepte.....	10
3.1.4	Funktionsmuster einer segmentierten Stützstruktur.....	12
3.2	Hybridkern für eine verzweigtes Hohlprofil	12
3.3	Zusammenfassung Konzeptentwicklung.....	14
4	Experimentelle Validierung der Stützstrukturkonzepte.....	15
4.1	Gewichtete Bewertungskriterien	15
4.2	Untersuchte Konzepte.....	17
4.2.1	Klebeverbindung (Stoffschluss)	17
4.2.2	Magnetische Anziehungskraft (Kraftschluss)	19
4.2.3	Stiftekonzent (Formschluss)	20
4.2.4	Seilkonzent (Kraftschluss).....	21
5	Welle-Nabe-Konzent (Kraftschluss).....	26
5.1	Weitere Arbeiten.....	27
6	Konstruktion und Validierung von Welle-Nabe-Stützstrukturen für hybride Formkernsysteme .	28

6.1	Neukonzeption der Armierung.....	28
6.2	Konstruktive Auslegung des Verbindungssystems.....	30
6.2.1	Armierung für das generische Bauteil.....	33
6.2.2	Armierung für das Validierungsbauteil.....	34
6.3	Mechanische Tests der Armierungen.....	37
7	Für Hubschrauberstrukturen repräsentative Funktionsmuster.....	39
7.1	Generisches Bauteil.....	39
7.2	Validierungsstruktur.....	41
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	45
9	Veröffentlichungen, Vorträge.....	47
10	Zusammenstellung der verwendeten Fachliteratur.....	48
11	Liste der erstellten Dokumentation.....	49
12	Abbildungsverzeichnis.....	50
13	Tabellenverzeichnis.....	52
14	Anhang.....	53

Liste der verwendeten Abkürzungen:

Abkürzung	Bezeichnung
AGI	Airbus Group Innovation
AHD	Airbus Helicopters Deutschland
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EADS IW	European Aeronautic Defence and Space Company Innovation Works
IML	Inner Mould Line
KoPRa	Kosteneffiziente (CFK) Hohl-Profile und Rahmenstrukturen
NRC	Non-Recurring Costs
PYCO	Fraunhofer-Einrichtung für Polymermaterialien und Composite

Liste der verwendeten Formelzeichen:

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
A	Fläche	mm ²
D	Durchmesser	mm
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
F	Kraft	N
L	Länge	mm
M	Moment	Nm
R	Dehngrenze	N/mm ²
R	Oberflächenrautiefe	mm
S	Sicherheit	-
T	Temperatur	°C
Ü	Übermaß	µm
α	Wärmeausdehnungskoeffizient	K ⁻¹
μ	Haftbeiwert	-
v	Querkontraktionszahl	-

Liste der verwendeten Indizes:

Index	Bezeichnung
a	Außen-
b	Biege-
f	Fugen-
f	Fließen
h	Haft-
i	Innen-
min	Mindest-
max	Maximal-
o	oberes
p0,2	0,2 % plastische Verformung
t	Torsions-
u	unteres
z	Zehn-Punkt-

1 Überblick

Im Mittelpunkt des Verbundprojektes KoPRa steht die deutliche Steigerung der Fertigungseffizienz und Prozesssicherheit bei der Herstellung von CFK-Profilen und Rahmenstrukturen mit geschlossenem Querschnitt, für komplexe Luftfahrtbauteile in Verbindung mit einer Erweiterung der bauteilgebundenen Funktionalitäten.

Im Verbundprojekt KoPRa sollen zwei Technologiestränge verfolgt werden. Auf Basis der Prepreg-Technologie mit lösbaren Formkernen werden Technologien und angepasste Werkzeugkonzepte für CFK-Hohlstrukturen entwickelt. Parallel dazu wird die Preform-/LCM-Technologie unter Verwendung geflochtener Vorformlinge untersucht.

1.1 Wissenschaftliche und technische Ergebnisse

Das Teilvorhaben KoPRa-DLR behandelt die Herstellung einer Armierung für wasserlösliche Flechtkerne. Die große Herausforderung besteht darin, dass die betrachteten Flechtkerne neben starken Krümmungen zusätzlich Hinterschnitte sowie Verzweigungen aufweisen. Eine monolithische Armierung solch komplex geformter Flechtkerne kann nach dem Ende des Fertigungsprozesses nicht mehr aus dem CFK-Hohlprofil entfernt werden. Es wird daher eine Armierung benötigt, die über eine schaltbare Steifigkeit verfügt. So kann sichergestellt werden, dass die während des Flechtens eingeleiteten Lasten in die Einspannung des Flechtkernes übertragen werden können, anschließend die Armierung nach dem Ende der Bauteilfertigung aber wieder zerlegt und aus dem geschlossenen Hohlprofil entfernt werden kann.

Im Berichtszeitraum wurde ein neues Armierungskonzept aufgestellt, auskonstruiert und validiert. Es konnten mehrere autark funktionierende Armierungen hergestellt werden.

1.2 Stand des Vorhabens

Das Ziel des Projekts KoPRa-DLR wurde Ende 2014 in vollem Umfang erreicht. Die Arbeiten wurden mit einer Bewertung der erzielten Lösung sowie mit einer Abschätzung ihrer ökonomischen und ökologischen Effizienz abgeschlossen.

1.3 Aussicht auf Erreichung der Ziele des Vorhabens

Das Ziel des Teilvorhabens KoPRa-DLR erschien zu jedem Zeitpunkt der Projektlaufzeit erreichbar.

1.4 Relevante Ergebnisse Dritter

Relevante Ergebnisse Dritter waren zu keinem Zeitpunkt der Projektlaufzeit bekannt.

1.5 Änderungen in der Zielsetzung

Eine Änderung der Zielsetzung war weder notwendig noch absehbar.

1.6 Verwertung der Ergebnisse / Fortschreibung des Verwertungsplans

Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurde keine Verwertung der Ergebnisse durchgeführt.

1.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Der Fortschritt des Teilvorhabens KoPRa-DLR wurde dem Projektleiter in wöchentlich stattfindenden Telefonkonferenzen berichtet und mittels im Quartalsabstand stattfindender Treffen vor Ort kontrolliert. Eine Zusammenarbeit mit Dritten, wie staatlichen oder privatwirtschaftliche Organisationen, außerhalb des Projektes fand nicht statt.

1.8 Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie innerhalb des Verbundvorhabens „Entwicklung und Validierung hybrider, teilweise auflösbarer Formkernelemente“ gefördert (FKZ 20W1121B) und vom Projektträger im DLR (PT-DLR) betreut. Das Projektkonsortium bedankt sich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sowie beim Projektträger für die Förderung dieses Projektes.

2 Motivation

Die Zielsetzung des Teilvorhabens KoPRa-DLR ist es, eine Technologie zur Herstellung von Hohlkammerprofilen zu entwickeln und zu validieren, die den Einsatz der Flechttechnologie ermöglicht, Herstellung von Verzweigungen erlaubt und auf der Verwendung der wasserlöslichen Kerne basiert.

Als Lösungsansatz wurde die Weiterentwicklung von auflösbaren Kernstrukturen gewählt, da auf diese Weise ein großes Spektrum von Anwendungen mit minimaler Einschränkung hinsichtlich der Geometrie abgedeckt werden kann.

Die Weiterentwicklung selbst bezieht sich auf die Optimierung der Handlingseigenschaften durch zusätzlich eingebrachte Stützstrukturen und die konzeptionelle Optimierung des Entfernungsprozesses.

2.1 Ableiten der Randbedingungen

Als Randbedingungen werden sämtliche Abmessungen eines generischen Bauteils, mechanische, thermische und sonstige, meist fertigungs- und sicherheitstechnische Anforderungen bezeichnet. Alle relevanten Informationen wurden in den Anforderungslisten „SPEC_KoPRa_AP1100_16_A_Anforderungen an Formkernsysteme“ und „SPEC_KoPRa_AP1100_19_A_Anforderungen an Formkerne aus automatisiertem Preforming“ zusammengeführt.

2.2 Konzipierung der Kerne

Während des Flechtprozesses entstehen, hohen mechanischen Belastungen, welche auf den formgebenden Flecht kern einwirken. [1], [2], [3] Die Herstellung eines Kernes ausschließlich aus wasserlöslichen Materialien ist nicht möglich, da ein solcher Formstoff zu geringe mechanische Kennwerte im Hinblick auf seine Festigkeit aufweist. Daher wird zur Stabilisierung der wasserlöslichen Formmasse eine Versteifungsstruktur benötigt. Die wesentlichen Anforderungen an die Stützstruktur sind ihre Flexibilität in der Formgebung, damit auch komplexe Hohlprofile gefertigt werden können, und die Entformbarkeit aus einem ausgehärteten Hohlprofil. Zusätzlich wurden die in Tabelle 1 gegebenen Anforderungen im Konsortium definiert:

Tabelle 1: Anforderungen an die Armierung (Auszug)

Verbindung einzelner Elemente	spielfrei
Torsionsmoment an der Einspannung	$25 \text{ Nm} < M_t < 38 \text{ Nm}$
Biegemoment an der Einspannung	$50 \text{ Nm} < M_b < 120 \text{ Nm}$
Zugkraft an der Einspannung	$50 \text{ N} < F_z < 500 \text{ N}$
Druckkraft an der Einspannung	$50 \text{ N} < F_D < 500 \text{ N}$
Zulässiger Bauraum [Breite]x[Höhe]x[Länge]	[40 mm] x [30 mm] x [120 mm]
Minimale Lösetemperatur T_{\min} (Armierung aktiv bis:)	130 °C
Maximale Lösetemperatur T_{\max}	175 °C
Verwendung	mehrfach

Im Laufe der Arbeiten wird ein Konzept verfolgt, bei dem die Stützstruktur aus mehreren ineinander liegenden, hohlen Kegelstümpfen besteht. Die Stützstruktur ist von der wasserlöslichen Formmasse umgeben, siehe Abbildung 1:

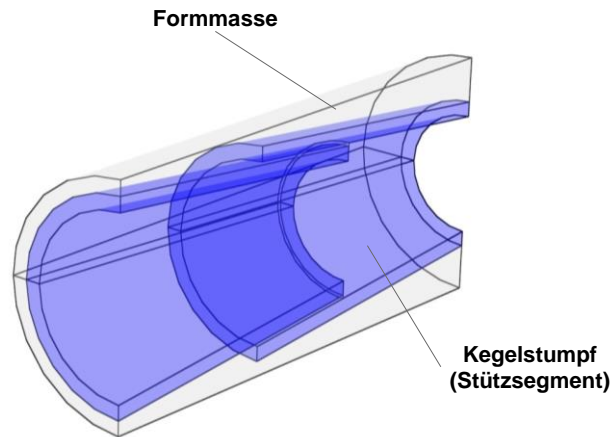


Abbildung 1: Kegelstumpf-Stützstruktur (DLR)

Die bisher getätigten Arbeiten umfassten Fragestellungen, die weitere Ausarbeitung benötigen. Dazu gehören u.a. Fertigung einzelner Stützsegmente, Anbindung der Stützstruktur an die Flechtanlage sowie die Entformung einzelner Segmente aus einem vollständig ausgehärteten Hohlprofil.

2.3 Konzipierung der Verzweigung

Im Fokus des Projektes stehen komplex gekrümmte Hohlprofile mit Verzweigungen. Dabei erfordert insbesondere die Ausführung der Verzweigungsstellen eine Lösung, welche die Anbindung mehrerer Kerne aneinander in axialer wie auch in lateraler Richtung ermöglicht. Eine wesentliche Randbedingung ist, dass nicht nur die Kerne und die darin befindlichen Stützstrukturen zusammengefügt werden, sondern auch weitere Komponenten eines Fertigungsaufbaus wie Vakuummembranen und zusätzliche Hilfs- bzw. Verbrauchsstoffe zu einem Injektionsaufbau zusammengeschlossen werden.

2.4 Zusammenfassung erster Zwischenergebnisse

Der entwickelte Ansatz konnte noch nicht vollständig validiert werden. Entsprechend der ursprünglichen Planung war es geplant, bis zum 31.12.2013 die Einsatzfähigkeit der Hybridkerne für die Fertigung von gekrümmten Hohlprofilen zu demonstrieren. Für das vorliegende Konzept wurde die Tauglichkeit im Konsortium als fragwürdig eingestuft.

3 Verstärkte Formkerne für die Flechttechnologie

Im folgenden Kapitel werden mehrere Konzepte für die Herstellung eines mit einer Stützstruktur armierten Hybridkerns dargestellt. Ausgehend von einem generischen, einfach gekrümmten Profil erfolgt die Konzeptentwicklung für hybride Formkerne, welche aus einem wasserlöslichen Formstoff und einer integrierten Armierung dessen bestehen. Die Eignung der erarbeiteten Konzepte wird anhand der Umsetzung in einer verzweigten, mehrfach gekrümmten Validierungsstruktur nachgewiesen.

3.1 Hybridkern für ein Hohlprofil

Das im Fokus der Betrachtung stehende Hohlprofil ist eine von Airbus Helicopters Deutschland (AHD) bereitgestellte, gekrümmte generische Struktur mit variierendem rechteckigem Querschnitt, siehe Abbildung 2:

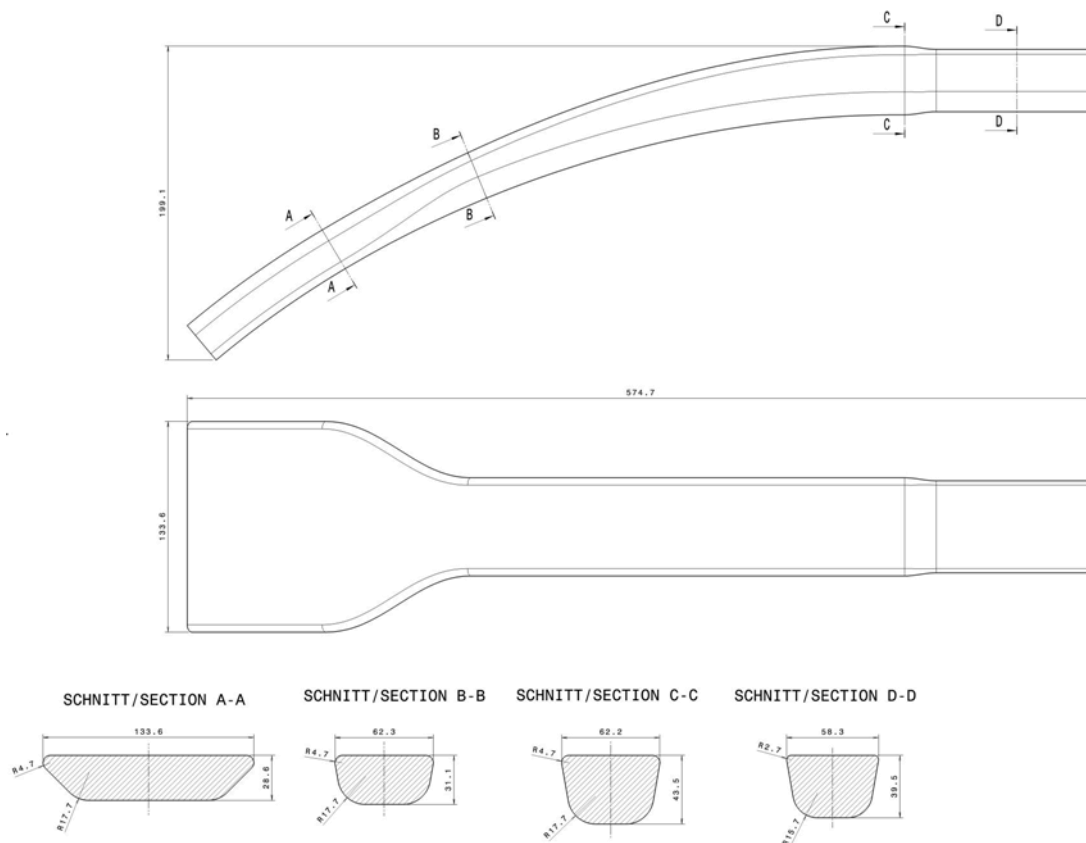


Abbildung 2: generisches Bauteil (AHD)

Das betrachtete Bauteil ist mittels eines Flechtprozesses herzustellen, sodass ein formgebender Flecht kern bereitzustellen ist. An diesen werden zwei wesentliche Anforderungen gestellt:

- hohe Steifigkeit und Festigkeit, um die Kräfte aus dem Flechtprozess aufzunehmen
- nach dem Ende des Herstellungsprozesses durch Auswaschen vollständig entfernbar

Die in der Luftfahrtindustrie üblichen wasserlöslichen Materialien (z.B. Aquacore) weisen keine hinreichende Festigkeit auf. Dies macht eine Armierung erforderlich, die über folgende Merkmale verfügt:

- segmentiert, um das Entformen aus Profilen mit Hinterschneidungen realisieren zu können
- hohe Steifigkeit und Festigkeit. Die an der Stützstruktur angreifende Belastung wurde in SPEC_KoPRa_AP1100_19_A von EADS-IW berechnet. Dazu gehören folgende Belastungsszenarien:
 - o Biegemoment: 118 Nm
 - o Torsionsmoment: 38 Nm
 - o Zugkraft (in axialer Richtung): 500 N
 - o Druckkraft (in axialer Richtung): 500 N

In nachfolgender Abbildung 3 ist die Prinzipskizze einer segmentierten Stützstruktur dargestellt:

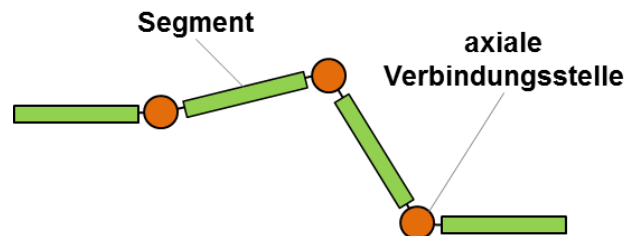


Abbildung 3: Prinzipskizze einer segmentierten Stützstruktur (DLR)

Die Aufgabe der Segmente ist eine Übertragung der Kräfte von der Formmasse in die Stützstruktur. Die Verbindungsstellen richten die einzelnen Segmente relativ zu einander aus und fixieren diese. Zusätzlich stellen die Verbindungsstellen die Übertragung der Kräfte innerhalb der Stützstruktur zwischen den Segmenten sicher. Sowohl die Segmente als auch die Verbindungsstellen sind anhand ihrer Merkmale zu unterscheiden und zu klassifizieren:

- Segmente:
 - o dauerhaft starr (metallisch) oder zeitweise starr (Thermoplast);
- Verbindungsstellen:
 - o Funktionsprinzip: Formschluss, Stoffschluss, Kraftschluss;
 - o formflexible Verbindungen mit mehreren einstellbaren und fixierbaren Freiheitsgraden: Knick, Rotation, Translation, siehe Abbildung 4, oder angepasste Verbindungen, die zwei angrenzende Segmente nur in einer vorgegebener Position fixieren.

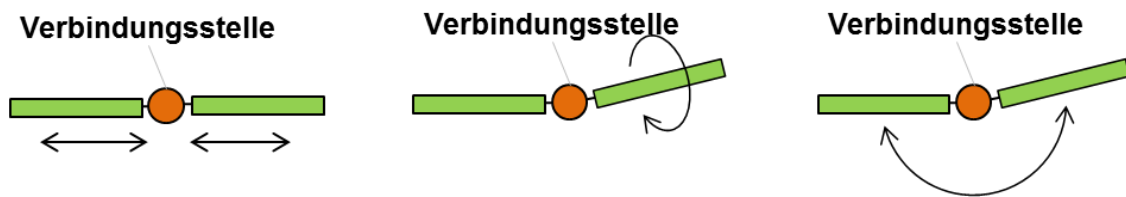


Abbildung 4: Freiheitsgrade einer Verbindungsstelle: translatorisch, rotatorisch, Knick (v. l. n. r.) (DLR)

Im Verlauf des Projektes wurde beschlossen, ausschließlich dauerhaft starre Segmente für den Aufbau der Stützstruktur zu verwenden. Weiterhin sollen nur angepasste Verbindungen eingesetzt werden. Die Formenvielfalt der Hybridkerne wird somit durch die variierende Anzahl unterschiedlich gestalteter Einzelteile gewährleistet.

3.1.1 Untersuchtes Konzept

Das zu Beginn des Projektes entwickelte Kegelstumpf-Stützstruktur-Konzept sieht die Verwendung mehrerer kegelstumpfförmiger Hohlkörper mit kreisförmigem oder rechteckigem Querschnitt vor, die ineinander geschoben und mit wasserlöslicher Formmasse fixiert sind, siehe Abbildung 5:



Abbildung 5: Kegelstümpfe, mögliche Ausführungen (DLR)

Grundgedanke dieses Konzepts ist, dass unabhängig vom vorherrschenden Belastungsszenario (Zug/Druck, Biegung, Torsion) die Kraftübertragung von einem Segment zum nächsten über die Zwischenschicht aus Formmasse erfolgt, wobei in der Formmasse selbst nur Druckkräfte übertragen werden.

Ein derartig versteifter Formkern wurde einer Biegebelastung ($M_b = 17 \text{ Nm}$) unterworfen, siehe Abbildung 6:

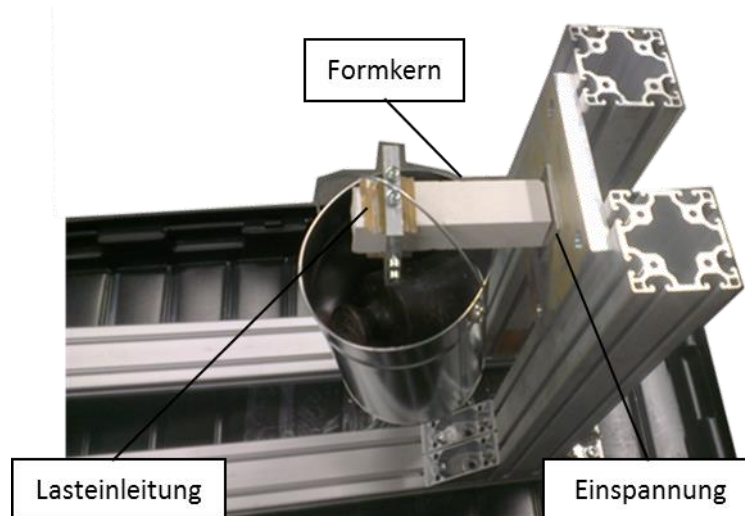


Abbildung 6: Biegebelastung eines Formkerns mit Kegelstumpf-Stützstruktur (DLR)

Anhand des Versuchs konnte gezeigt werden, dass dieses Konzept mehrere Schwachstellen aufweist: Zum einen treten bei geringfügiger Durchbiegung des Hybridkerns Zugkräfte auf, die von der Stützstruktur nicht aufgenommen werden können. Des Weiteren existiert ein Zielkonflikt zwischen der Wandstärke eines Segments und der Überlappungslänge. Bei begrenzten Querschnittsabmessungen sinkt die Überlappungslänge zweier Segmente mit steigender Wandstärke. Im durchgeführten Versuch wurde die Zwischenschicht zwischen den Segmenten nicht beschädigt, da eine hinreichend große Überlappungslänge realisiert wurde. Es traten jedoch plastische Verformungen einzelner Segmente auf, diese deuten auf eine zu geringe Wandstärke der Stützstruktursegmente hin, siehe Abbildung 7:

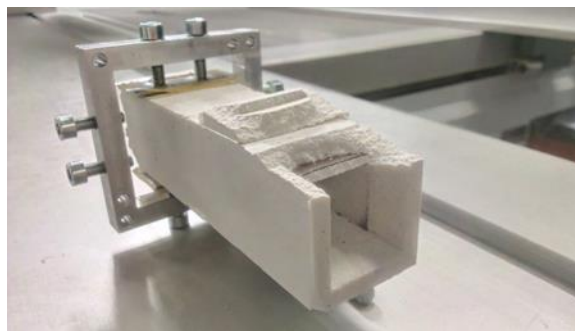


Abbildung 7: durch plastisch verformtes Kegelstumpf-Segment im Bereich der Einspannung ausgebrochener Formstoff (DLR)

Zusätzlich offenbart die Wechselbelastung eine geringe Druckfestigkeit des Formstoffs, sodass für das weitere Vorgehen im Teilvorhaben KoPRa-DLR beschlossen wurde, dieses Konzept nicht weiterzuverfolgen und die wasserlösliche Formmasse nicht als lasttragenden Bestandteil der Stützstruktur zu verwenden.

Aufgrund der Mängel des anfangs betrachteten Konzepts war es notwendig, die Anforderungen an die Bestandteile einer Stützstruktur zu überdenken und weitere Konzepte zu entwickeln.

3.1.2 Bewertungskriterien

Um die Eignung weiterer, zu erarbeitender Konzepte untereinander vergleichen zu können, wurde in Kooperation mit AHD und AGI (ehemals EADS-IW) eine Matrix mit gewichteten Bewertungskriterien erstellt, siehe Tabelle 2:

Tabelle 2: unterschiedlich gewichtete Wunschforderungen (DLR)

		Kriterien (2 - waagrecht Kriterium wichtiger, 1- beide Kriterien gleich wichtig, 0 - waagrecht Kriterium unwichtiger)														Punkte	Punkte korrigiert	Gewichtung
		konstruktionsrelevante							prozessrelevante									
		Niedrige Variantenvielfalt einzelner Segmente	Hohe mögliche Bauteilkomplexität	Möglichkeit zur Minimierung des auflösbaren Kernvolumens	Niedriges Eigengewicht	Geringer Fertigungsaufwand der Segmente	Wie verwendbar alle Elemente der Stützstruktur	Möglichkeit der lokalen Auflösung der Stützstruktur	Kompatibilität mit dem Kernschleißprozess von ASK	Gute Spülbarkeit	Entformbarkeit durch kleine (?) Krümmungen	Entformbarkeit durch kleine (?) Querschnitte	Geringer Montageaufwand der Stützstruktur	Gute Wirtschaftlichkeit (diskutieren!)	Gute Umweltverträglichkeit (diskutieren!)			
Wunschforderungen	konstruktionsrelevante	Niedrige Variantenvielfalt einzelner Segmente	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	6	3,3%
		Hohe mögliche Bauteilkomplexität		2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	24	24	13,2%
		Möglichkeit zur Minimierung des auflösbaren Kernvolumens			0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	5	5	2,7%
		Niedriges Eigengewicht				1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	8	8	4,4%
		Geringer Fertigungsaufwand der Segmente					0	0	2	2	0	0	0	0	1	8	8	4,4%
	prozessrelevante	Wie verwendbar alle Elemente der Stützstruktur						2	2	2	1	1	2	0	2	20	20	11,0%
		Möglichkeit der lokalen Auflösung der Stützstruktur (z.B. im Kreuzungspunkt)							0	0	0	0	0	0	0	8	8	4,4%
		Kompatibilität mit dem Kernschleißprozess von ASK								2	0	0	2	0	2	14	14	7,7%
		Gute Spülbarkeit									0	0	1	2	2	12	12	6,6%
		Entformbarkeit durch kleine (?) Krümmungen										0	2	2	2	22	22	12,1%
		Entformbarkeit durch kleine (?) Querschnitte											2	2	2	24	24	13,2%
		Geringer Montageaufwand der Stützstruktur												0	2	11	11	6,0%
		Gute Wirtschaftlichkeit (diskutieren!)													0	14	14	7,7%
		Gute Umweltverträglichkeit (diskutieren!)														6	6	3,3%

In dieser Matrix sind die relevantesten Wunschforderungen zusammengefasst, die im Gegensatz zu den Festforderungen keine Aussage über die grundsätzliche Funktionsfähigkeit der Stützstruktur treffen. Die Festforderungen sind untereinander gleich gewichtet, weil es nicht möglich ist, hier unterschiedliche Prioritäten zu definieren und zuzuweisen, da jede der Festforderung erfüllt sein muss, damit die gesamte Konstruktion die ihr zugewiesene Funktion erfüllt, siehe Tabelle 3:

Tabelle 3: gleich gewichtete Festforderungen (DLR)

Kriterium		Punkte	Punkte korrigiert	Gewichtung
Biegung (Festigkeit und Steifigkeit)	120 Nm	1	1	25,0%
Torsion (Festigkeit und Steifigkeit)	40 Nm	1	1	25,0%
Zug (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	1	1	25,0%
Druck (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	1	1	25,0%

Die Matrix in Tabelle 2 zeigt, dass in der Kategorie der Wunschforderungen die Entformbarkeit der Stützstruktur durch kleine Querschnitte und innerhalb stark gekrümmter Profile als am wichtigsten bewertet wird, unter der Voraussetzung, dass sämtliche Festforderungen erfüllt werden.

Es ist geplant, den zu bewertenden Konzepten in jeder der o.g. Kategorien eine Teilnote – 0 (schlecht, ungeeignet) bis 2 (gut, geeignet) – zu vergeben, sie anschließend mit der Gewichtung des jeweiligen Kriteriums zu multiplizieren und alle Teilnoten zu einer Gesamtnote eines jeden Konzepts zusammenzuaddieren.

3.1.3 Weitere Konzepte

Für die weiteren Arbeiten im Teilvorhaben KoPRa-DLR sind neue Konzepte für die Ausführung der Armierung eines Formkerns für die Flechttechnologie zu entwickeln und zu bewerten. Allen in diesem Kapitel vorgestellten Konzepten (Abbildungen 8 – 11) ist gemein, dass es sich um eine Verbindung zwischen zwei, hier nicht dargestellten, gekrümmten Rohren mit kreisförmigem oder rechteckigem Querschnitt handelt.

a) „Hirth-Konzept“

Das Konzept basiert auf der Verwendung von Hirth-Zahnradern, mit denen ein beliebiger Knickwinkel eingestellt werden kann. Durch eine Feder werden die beiden Zahnradpaare in Kontakt gebracht und durch die Formmasse fixiert. Die Übertragung der Kräfte erfolgt durch Formschluss. Nach dem Prozessende wird die Formmasse ausgespült, die Feder mit einem Zugseil in axiale Richtung entfernt und die Verbindung somit aufgelöst. Die Gesamtnote dieses Konzeptes beträgt 75%.

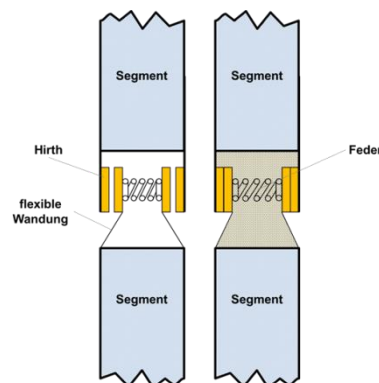


Abbildung 8: Hirth-Konzept (DLR)

b) „Klebe-Konzept“

Dieses Konzept basiert auf der Verwendung einer geklebten Welle-Nabe-Verbindung. Dabei erfolgt die Übertragung der Kräfte über eine stoffschlüssige Verbindung. Nach dem Prozessende wird die Klebstoffschicht zerstört und die Segmente können mit einem Zugseil aus dem ausgehärteten Hohlprofil in axiale Richtung entformt werden. Die Klebstoffschicht kann dabei entweder thermisch, sofern ein nicht bis 180 °C temperaturbeständiger Klebstoff vorgesehen wird, mechanisch mithilfe einer zuvor eingebrachten Reißleine oder, unter der Voraussetzung des Einsatzes eines wasserlöslichen Klebstoffes, chemisch zersetzt werden. Die Gesamtnote dieses Konzepts beträgt 77%.

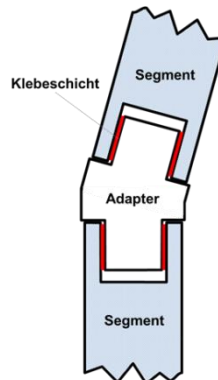


Abbildung 9: Klebe-Konzept (DLR)

c) Wärmeausdehnungskonzept

Bei diesem Konzept erfolgt die Übertragung aller Kräfte von einem Segment zum nächsten über den Kraftschluss, welcher infolge unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien entsteht. Die Nachteile dieses Konzeptes sind die Notwendigkeit zu verlegender Stromleitungen, da ein Temperieren der Verbindungsstelle über 180 °C nur lokal begrenzt zulässig ist, Zusätzlich sind für die Ausführung der einzelnen Verbindungselemente enge Toleranzvorgaben einzuhalten. Die Gesamtnote des Konzeptes beträgt 73%.

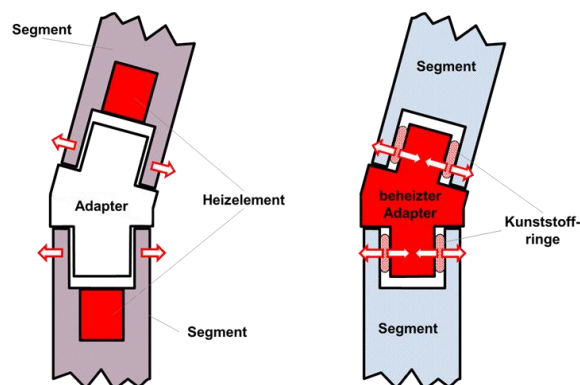


Abbildung 10: Wärmeausdehnungskonzept (DLR)

d) Seil-Konzept

Das Konzept sieht die Verwendung von geflochtenen Stahlseilen zum Ausgleich axialer Zugkräfte vor. Biegemomente und Zug- bzw. Druckkräfte werden durch Formschluss zwischen den Stirnseiten benachbarter Stützstruktursegmente übertragen. Auftretende Torsionsmomente werden via Kraftschluss infolge Reibung ebenfalls zwischen den Stirnflächen benachbarter Stützstruktursegmente

weitergeleitet. Ein wesentlicher Vorteil dieses Konzepts ist die Möglichkeit einer einfachen Gestaltung und Ausführung, die Gesamtnote beträgt 79%.

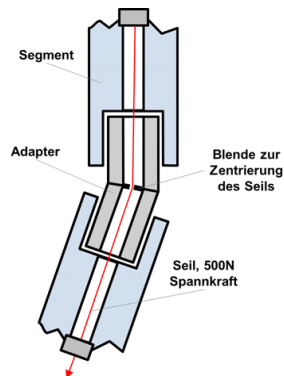


Abbildung 11: Seilkonzept (DLR)

3.1.4 Funktionsmuster einer segmentierten Stützstruktur

Es wurde beschlossen, in erster Linie das Seilkonzept weiterzuverfolgen. Ein erster Vorversuch (Abbildung 12) hat ergeben, dass ein aus Item-Profilen zusammengesetzte Stützstruktur subjektiv einen hohe Steifigkeit aufweist und bezüglich Formstabilität und übertragbaren Lasten noch weiter optimiert werden kann.



Abbildung 12: segmentierte Stützstruktur, vorläufiges Seilkonzept (DLR)

3.2 Hybridkern für eine verzweigte Hohlprofil

Das gewählte Seilkonzept zur Versteifung von Formkernen für die Flechttechnologie ist anhand einer verzweigten, repräsentativen Struktur zu validieren. Die hierfür betrachtete Validierungsstruktur wird von AHD bereitgestellt, siehe Abbildung 13:

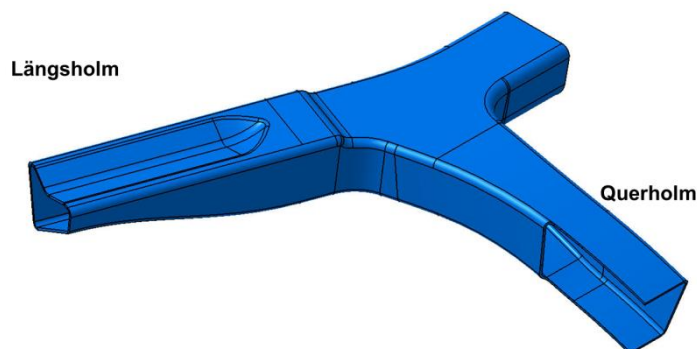


Abbildung 13: Validierungsstruktur (AHD)

Der Fertigungsablauf einer derartigen Struktur sieht folgende Prozessschritte vor (in Klammern aufgeführte Prozessschritte werden im Rahmen des Teilprojekts KoPRA-DLR nicht bearbeitet):

- (Längsholm beflechten)
- (Querholm beflechten)
- Geflecht am Längsholm bereichsweise entfernen
- Formmasse am Längsholm bereichsweise entfernen
- Stützstruktur des beflochtenen Querholms mit der Stützstruktur des Längsholms verbinden. An diese laterale Verbindung werden aus dem Handhabungsprozess der beflochtenen Formkerne resultierende Anforderungen gestellt, die im Vergleich zu den Anforderungen aus dem Flechtprozess geringer sind. Zu übertragen sind hierbei: Zug- und Druckkraft $F = 50 \text{ N}$, Torsionsmoment $M_t = 25 \text{ Nm}$, Biegemoment $M_b = 50 \text{ Nm}$.
- (Infiltration des Geflechts, Aushärtung)
- Ausspülen der wasserlöslichen Formmasse
- Entfernung der Stützstruktur durch ein (einziges) Ende des Längsholms

Die größte Herausforderung besteht hier in der Konzipierung einer lateralen Verbindung, wobei folgende Einschränkungen gelten:

- Die Verbindungen innerhalb der Stützstruktur des Querholms müssen aufgelöst werden, ohne dass ein direkter Zugang vorhanden ist
- Stützstruktur des Querholms kann zum Auflösen nicht vom Knotenpunkt entfernt werden
- Stützstruktur des Querholms kann vor dem Auflösen nicht in Richtung des Knotenpunkt es bewegt werden
- Die Stützstruktur des Querholms muss aufgelöst werden, bevor die Stützstruktur des Längsholms bewegt wird. Anderenfalls besteht die Gefahr des Verkantens einzelner Segmente der Stützstruktur innerhalb des geschlossenen Hohlprofils. Ein vollständiges Entfernen der Armierung aus dem Hohlprofil kann so nicht sichergestellt werden.

Das für die Ausführung der lateralen Verbindung entwickelte Konzept sieht die Verwendung von magnetischen Kräften vor, welche auch durch die Wandung der Hohlstruktur wirken und Verbindungen auflösen können, siehe Abbildung 14:

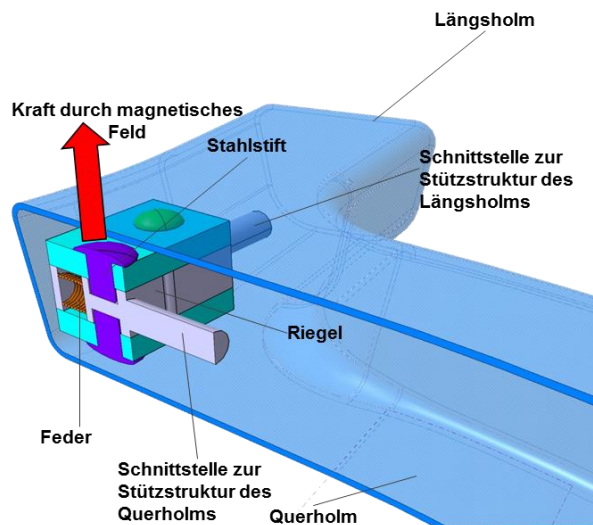


Abbildung 14: Ausführung der lateralen Verbindung (DLR)

Das Konzept sieht folgende Vorgehensweise vor:

- nach dem Entfernen des Geflechts und der Formmasse am Längsholm, wird die Stützstruktur des Querholms über einen Riegel mit dem Segment der Stützstruktur des Längsholms verbunden und über Stifte fixiert;
- Nach dem Aushärten der Faserverbundstruktur und dem Auswaschen der Formmasse wird ein starkes magnetisches Feld angelegt, das mit den ferromagnetischen Stahl-Stiften, jedoch nicht mit den restlichen, nicht-ferromagnetischen Aluminium- bzw. Edelstahl-Elementen der Konstruktion wechselwirkt. Es entsteht eine Kraft, welche die Stifte auseinanderzieht und so die Verbindung freigibt.

Trotz zahlreicher Herausforderungen und offener Fragen wird dieses Konzept weiterverfolgt und detaillierter ausgearbeitet. Es wird jedoch unumgänglich sein, weitere Konzepte aufzustellen und so alternative Lösungen zu entwickeln.

3.3 Zusammenfassung Konzeptentwicklung

Es konnten mehrere Konzepte für die Herstellung eines mit einer Stützstruktur armierten Hybridkerns erarbeitet werden. Basierend auf den im Dialog mit weiteren Projektpartnern erarbeiteten Bewertungskriterien, konnte eine Bewertung der Konzepte vorgenommen werden, auf Basis derer die aussichtsreichsten Konzepte weiterbetrachtet werden können. Es wurde festgestellt, dass die Kombination aus hohen mechanischen Anforderungen, engen Restriktionen bezüglich des Bauraumes und eingeschränkter Zugänglichkeit die Umsetzung der Mehrzahl der ausgewählten Konzepte nicht zulässt.

Der im Teilvorhaben entstandene Verzug konnte noch nicht wieder kompensiert werden. Entsprechend der ursprünglichen Planung sollte Ende des dritten Projekthalbjahres ein Funktionsmuster des Validierungsbauteils verfügbar sein. Aufgrund der unerwarteten Schwierigkeiten bei der Auswahl des Stützstrukturkonzeptes wurden die Arbeiten verzögert, so dass bisher lediglich die Festlegung auf ein Konzept erfolgt ist.

4 Experimentelle Validierung der Stützstrukturkonzepte

Aufgrund zahlreicher und anspruchsvoller Anforderungen wurde eine „Bottom-Up“-Vorgehensweise verfolgt, bei der eine Prinzipskizze/Idee derart zu einer vollständigen Konstruktion entwickelt wurde, dass mit steigendem Detaillierungsgrad immer weitere Funktionen ermöglicht oder nachgewiesen werden.

4.1 Gewichtete Bewertungskriterien

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an eine Stützstruktur definiert und ihre Umrechnung in gewichtete Noten dargestellt. Anhand der gemeinschaftlich im Konsortium erarbeiteten Gewichtung und der resultierenden Noten wurden einzelne Konzepte für weitere, detailliertere Bearbeitungen selektiert.

Tabelle 4 gibt die aus den einzelnen Belastungsszenarien „Beflechten der hybriden Formkerne“ und „Handling der beflochtenen Formkerne“ resultierenden mechanischen Anforderungen wieder:

Tabelle 4: mechanische Anforderung (DLR)

Flechtlasten		Gewichtung
Biegung (Festigkeit und Steifigkeit)	120 Nm	25,0%
Torsion (Festigkeit und Steifigkeit)	40 Nm	25,0%
Zug (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	25,0%
Druck (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	25,0%
Handlinglasten		Gewichtung
Biegung (Festigkeit und Steifigkeit)	50 Nm	25,0%
Torsion (Festigkeit und Steifigkeit)	25 Nm	25,0%
Zug (Festigkeit und Steifigkeit)	50 N	25,0%
Druck (Festigkeit und Steifigkeit)	50 N	25,0%

Hierbei ist zu bemerken, dass jedes Kriterium als einzelnes von der Stützstruktur zu erfüllen ist, da sonst eine Funktionstüchtigkeit des hybriden Kernsystems nicht mehr gegeben ist. In den Kategorien „Flechtlasten“ bzw. „Handlinglasten“ sind sämtliche Kriterien genau gleich gewertet, zu je 25 % Gewichtung

Darüber hinaus existieren weitere Anforderungen, welche unter anderem auch die Wirtschaftlichkeit oder Umweltverträglichkeit mit in die vergleichende Bewertung der erarbeiteten Konzepte einfließen lassen können, siehe Tabelle 5:

Tabelle 5: weitere Anforderungen (DLR)

Anforderung	Gewichtung
Niedrige Variantenvielfalt einzelner Segmente	3,3%
Hohe mögliche Bauteilkomplexität	13,2%
Möglichkeit zur Minimierung des auflösbaren Kernvolumens	2,7%
Niedriges Eigengewicht	4,4%
Geringer Fertigungsaufwand der Segmente	4,4%
Wiederverwendbarkeit aller Elemente der Stützstruktur	11,0%
Möglichkeit der lokalen Auflösung der Stützstruktur (z.B. im Kreuzungspunkt)	4,4%
Kompatibilität mit dem Kernschießprozess von ASK	7,7%
Gute Spülbarkeit	6,6%
Entformbarkeit durch kleine Krümmungsradien	12,1%
Entformbarkeit durch kleine Querschnitte	13,2%
Geringer Montageaufwand der Stützstruktur	6,0%
Gute Wirtschaftlichkeit	7,7%
Gute Umweltverträglichkeit	3,3%

Es ist zu erkennen, dass die in Tabelle 5 gegebenen Anforderungen entsprechend ihrer „Wichtigkeit“ aufgeteilt werden können:

1. Mechanische Anforderungen, die auf jeden Fall sichergestellt werden sollen
2. Bauteilspezifische Anforderungen: Wiederverwendbarkeit der Stützstruktur und ihre Entformbarkeit durch kleine Querschnitte, als Anwendungsszenario für das generisches Bauteil sowie den Validierungsartikel, oder starke Krümmungen, wie sie für den Validierungsartikel charakteristisch sind
3. Technologische und sonstige Anforderungen

Im Verlauf der Arbeiten wurden daher folgende Entwicklungspfade eingeschlagen, bei dem die Funktionen sukzessiv implementiert oder gewährleistet wurden:

- Druckfestigkeit → Zugfestigkeit → Biegefestigkeit → Torsionsfestigkeit
- Handlingslasten → Flechtlasten
- Montage/Fügen → kontrollierte Demontage/Trennen → wiederholte Montage/Fügen
- gerade Stützstruktur → gekrümmte Stützstruktur → verzweigte gekrümmte Stützstruktur
- mechanische Anforderungen → bauteilspezifische Anforderungen → technologische und sonstige Anforderungen

Zur Bewertung einzelner Konzepte wurde die Gewichtung einer jeden Anforderung mit der einer subjektiven Note (0 – nicht erfüllt, 1 – teilweise/unbekannt, 2 – vollständig erfüllt) multipliziert und so eine gewichtete Note generiert. Diese Vorgehensweise wird nachfolgend anhand zweier nicht näher spezifizierten Beispielen „Konzept A“ und „Konzept B“ verdeutlicht:

Tabelle 6: Konzeptbewertung hinsichtlich mechanischer Eigenschaften (Flechtlasten) (DLR)

Anforderung	Flechtlast	Gewichtung	Anforderungen erfüllt? (0- nicht, 1- teilweise, 2-vollständig)	Gewichtete Note
Konzept A				
Biegung (Festigkeit und Steifigkeit)	120 Nm	25,0%	2	0,50
Torsion (Festigkeit und Steifigkeit)	40 Nm	25,0%	1	0,25
Zug (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	25,0%	2	0,50
Druck (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	25,0%	2	0,50
Konzept B				
Biegung (Festigkeit und Steifigkeit)	120 Nm	25,0%	2	0,25
Torsion (Festigkeit und Steifigkeit)	40 Nm	25,0%	2	0,50
Zug (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	25,0%	1	0,25
Druck (Festigkeit und Steifigkeit)	500 N	25,0%	1	0,25

Ausgehend von oben gezeigten Tabellen, erhält Konzept A eine kumulierte gewichtete Note von 1,75. Konzept B wird ihn analoger Vorgehensweise mit 1,25 Punkten bewertet. Die resultierende Note kann auch auf die maximal erreichbare Punktzahl, hier: 2,00, normiert werden, um die Konzeptbewertung mittels einer Prozentzahl anschaulicher angeben zu können.

Somit kann das mit 87,5 % bewertete Konzept A als eher aussichtsreich bezeichnet werden, die vorgegebenen Flechtlasten aufnehmen zu können und soll für die Entwicklung der Stützstruktur betrachtet werden. Dem gegenüber steht Konzept B mit einer Wertung von 62.5 %.

Diese Vorgehensweise lässt sich auch auf die in Tabelle 5 gegebenen weiteren Anforderungen ergänzen, um eine deutlichere Aussage zu gewinnen.

4.2 Untersuchte Konzepte

Nachfolgend werden Konzepte vorgestellt, die für die Herstellung der Stützstruktur des Validierungsbauteils und/oder des generischen Bauteils verwendet werden können.

4.2.1 Klebeverbindung (Stoffschluss)

Es ist bekannt, dass obwohl Klebeverbindungen vorwiegend auf Schub belastet werden sollen, was dem Übertragen von Torsionsmomenten zwischen zwei Stützstruktursegmenten entspricht, sie auch

in Normalenrichtung belastet werden können, sodass ebenfalls Zugkräfte zwischen zwei verklebten Stützstruktursegmenten übertragen werden können.

Dieses Konzept basiert auf der Verklebung mehrerer konfektionierter Segmente in axialer (generisches Bauteil) oder lateraler (Validierungsbauteil) Richtung. Infolge der Temperierung des mit dem flüssigen Kunststoffharz infiltrierten Flecht-Preforms soll die Verbindung zwischen benachbarten Segmenten zerstört werden, was dazu führt, dass die Stützstruktur ihre Steifigkeit verliert. Dies schließt die Verwendung von Epoxid- und Cynacrylat-basierten Klebstoffen aus.

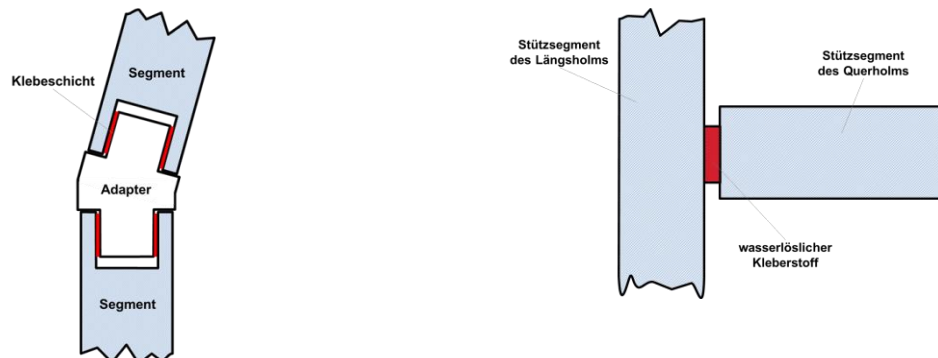


Abbildung 15: geklebte Verbindung der Stützstruktursegmente, axiale und laterale Ausführung (DLR)

Im Verlauf der Arbeiten wurden sechs Klebstoffverbindungen getestet, die über hohe mechanische Eigenschaften verfügen und nicht temperaturbeständig sind, siehe Abbildung 16:



Abbildung 16: untersuchte Klebstoffe und metallische Coupon-Proben (DLR)

- 1) „Scotch-Weld 80“
- 2) „3M 76“
- 3) „Pattex Power Spray permanent“
- 4) „Pattex Gel Compact“
- 5) „UHU extra Alleskleber“
- 6) „UHU KRAFT Alleskleber“

Für jeden der sechs Klebstoffe konnte experimentell nachgewiesen werden, dass die Klebstoffschicht zwischen zwei miteinander verklebten metallischen (entfettet, geschliffen, gereinigt) Oberflächen (Klebefläche $A = 400 \text{ mm}^2$) eine den Handlingslasten entsprechende Zugkraft in Normalenrichtung von $F_n = 50 \text{ N}$ übertragen kann. Die anschließende thermische Behandlung (Aufheizrate: 2 K/min ,

Haltestufe: 1 h @ 180 °C, Abkühlen bei freier Konvektion) hat jedoch ergeben, dass keine der Klebstoffschichten bei 180 °C thermisch nicht zersetzt werden kann und ihre mechanischen Eigenschaften nicht messbar verringert werden. Dies widerspricht jedoch dem Gedanken des Konzepts, da die Demontage einer derartigen Stützstruktur nicht möglich ist, wird dieses Konzept nicht weiterverfolgt.

4.2.2 Magnetische Anziehungskraft (Kraftschluss)

Dieses Konzept beruht auf der magnetischen Anziehungskraft zwischen zwei metallischen Körpern und ihrer Abhängigkeit/Schaltbarkeit je nach Anliegen eines elektrischen Stroms. Da Elektromagnete auf elektrische Leitungen angewiesen sind, wurde beschlossen dieses Konzept lediglich auf laterale Verbindungen anzuwenden, da die Anzahl axialer Verbindungen zwischen zwei benachbarten Segmenten zu groß ist und so eine Vielzahl elektrischer Leitungen benötigt werden würde.

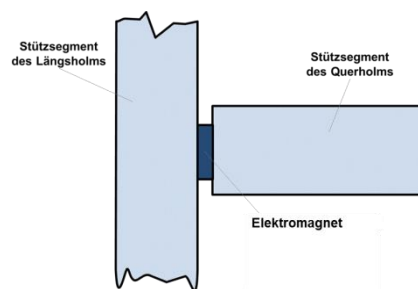


Abbildung 17: magnetische Verbindung, laterale Ausführung (DLR)

Für die geplanten Untersuchungen bezüglich einer fernbedienbar schaltbaren Verbindung wurden Elektro-Haltemagneten vom Typ GTo, Baureihen 25.50, 32.50, sowie 50.50 genutzt, welche sich neben ihrem jeweiligen Durchmesser zusätzlich in ihrer maximalen Haltekraft unterscheiden, siehe Abbildung 18:



Abbildung 18: Elektro-Haltemagnete Typ GTo, Baureihe 25.50, 32.50, 50.50 (v. l. n. r.) (DLR)

Erste Vorversuche haben gezeigt, dass hohe Zuglasten in Normalenrichtung (bis zu 400 N) bei einer Kontaktfläche $A = 1256 \text{ mm}^2$ (Durchmesser $d = 40 \text{ mm}$) von einem Elektromagneten aufgenommen werden können. Die Anziehungskraft nimmt entsprechend Abbildung 19 mit zunehmendem Abstand der Fügepartner von einander stark ab. Dies macht das Konzept sehr anfällig für Spalte, die zwischen zwei Kontaktflächen entstehen können.

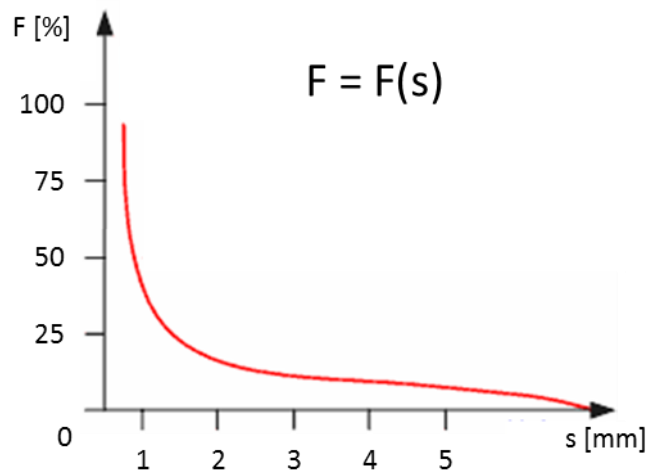


Abbildung 19: Kraft-Weg-Diagramm eines Elektromagneten (qualitative Darstellung) (DLR)

Problematisch für dieses Konzept sind die hohen Kräfte, die aufgebracht werden müssen, um das in dem Handhabungsszenario auftretende Biegemoment $M_b = 50 \text{ Nm}$ aufnehmen zu können, siehe Abbildung 20:

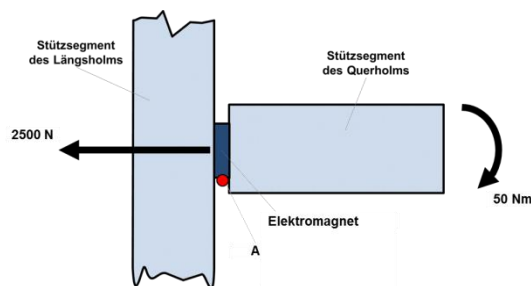


Abbildung 20: Momentengleichgewicht um Punkt A bei geforderter Biegebelastung der lateralen Verbindung (DLR)

Entsprechend der in der Spezifikation der verwendeten Magnete angegebenen maximalen Haltekraft $F_{\text{max}} = 450 \text{ N}$, kann lediglich ein Biegemoment von $M_b = 9 \text{ Nm}$ ausgeglichen werden. Diese Größenordnung konnte auch in ersten Vorversuchen bestätigt werden. Aufgrund der großen Diskrepanz zwischen der geforderten Biegefestigkeit der Gesamtkonstruktion und den tatsächlichen Festigkeiten wurde beschlossen, dieses Konzept nicht weiterzuverfolgen.

4.2.3 Stiftekonzept (Formschluss)

Dieses Konzept wurde bereits in Kapitel 3.2 vorgestellt und ist noch einmal zum Zwecke der vollständigen Dokumentation mit aufgeführt. Das Stiftekonzept sieht die Fixierung der Stützstruktur des Querholms an der Stützstruktur des Längsholms über magnetisierbare Stahlstifte vor. Diese Verbindungsart ist lediglich für die laterale Verbindung innerhalb des Validierungsbauteils vorgesehen, siehe Abbildung 21:

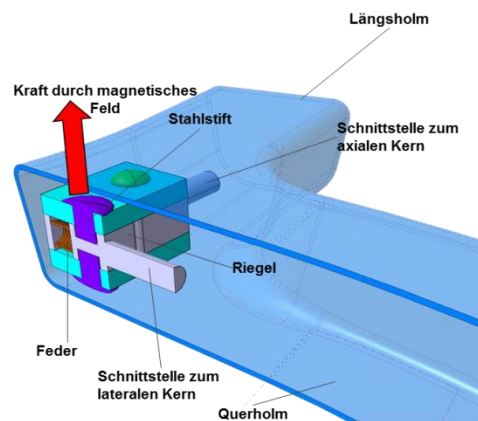


Abbildung 21: gestiftete Verbindung der Stützstruktursegmente, laterale Verbindung (DLR)

Die Fixierstifte werden mittels magnetischer Anziehungskraft in Bewegung versetzt, die Verbindung wird somit aufgelöst, die Stützstruktur ist vollständig demontierbar und kann nun aus dem geschlossenen Hohlprofil entfernt werden.

Dieses Konzept wird aus folgenden Gründen nicht weiterverfolgt:

- An die axialen und lateralen Verbindungsstellen zwischen benachbarten Segmenten werden hohe Toleranzanforderungen gestellt (Lagetoleranz $\pm 0,3$ mm). Dies lässt sich nicht mit einer formschlüssigen Verbindung gewährleisten, da Formschluss immer mit einem gewissen Spiel behaftet ist.
- Zusätzlich wird die Notwendigkeit, den Fixierstift in Bewegung zu versetzen, als sehr risikobehaftet eingestuft, da die magnetische Anziehungskraft mit steigender Entfernung extrem stark abnimmt und somit sehr starke Elektromagnete nötig sind, um den Fixierstift aus relativ großer Entfernung und durch die dämpfenden Medien Formmassenschicht und CFK-Laminat hindurch in Bewegung zu versetzen.
- Des Weiteren besteht die Gefahr, dass sich der Fixierstift unter hohen Handhabungslasten plastisch verformt, womit die Gesamtkonstruktion nicht auflösbar wäre.

4.2.4 Seilkonzept (Kraftschluss)

Das Seilkonzept kann sowohl für axiale als auch für laterale Verbindungen verwendet werden. Der Grundgedanke ist, dass zwei benachbarte hohle Segmente über ein Seilsystem derart verspannt werden, dass die Gesamtkonstruktion Biege- und Torsionsmomente aufnehmen kann, siehe Abbildung 22:

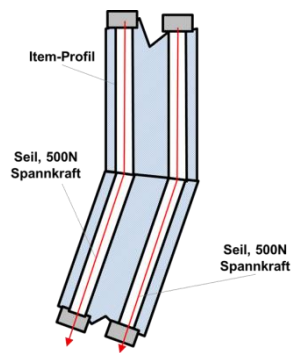


Abbildung 22: auf Seilkonzept basierende Verbindung der Stützstruktursegmente (DLR)

Die Stützstruktur des generischen Bauteils wurde nachgebaut und auf ihre Konformität mit den in Tabelle 4 gegebenen mechanischen Anforderungen getestet. Um die Aufnahme der Torsionslasten zu verbessern, wird zwischen den angrenzenden Segmenten als Abstandshalter ein zusätzliches Konstruktionselement eingesetzt, siehe Abbildung 23:

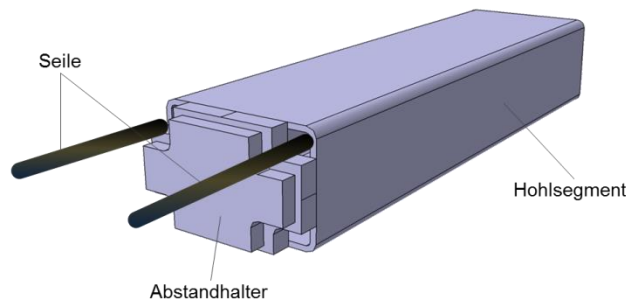


Abbildung 23: um Abstandshalter erweitertes Seilkonzept (DLR)

Dieser Abstandshalter sorgt dafür, dass die Seile auf maximalem Abstand zur Längsachse gehalten werden. Dies ist essentiell für den Ausgleich auftretender Biegemomente. Zusätzlich können durch eine individuelle Gestaltung der Abstufungen ein Formschluss zwischen dem Hohlprofil und dem Abstandshalter ausgebildet und so auch Torsionsmomente übertragen werden. Abbildung 24 zeigt, dass durch verschiedenartig gestaltete Abstandshalter einzelne, gerade Elemente zu einer gekrümmten Struktur verbunden werden können:

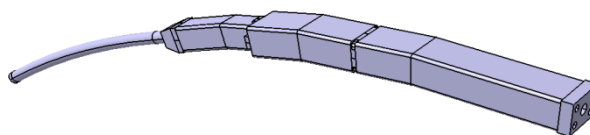


Abbildung 24: Stützstruktur generisches Bauteil (DLR)

Eine auf dem Seilkonzept basierende Stützstruktur erlaubt eine einfache Umsetzung, verfügt aber über keine überzeugenden mechanischen Eigenschaften. So können vor allem

- plastische Verformungen der Abstandshalter infolge hoher Torsionsbelastung zu erhöhtem Spiel benachbarter Stützstruktursegmente führen

und

- die Elastizitäten der Seile selbst bei starker Vorspannung bei Biegebelastungen $M_b > 55 \text{ Nm}$ überstiegen werden und so Spalte entstehen, die die vorgegebene Grenzwerte für die Lage-toleranzen von +/- 0,3 mm übersteigen.

Das Seilkonzept kann ebenfalls für die Herstellung der Stützstruktur des Validierungsbauteils verwendet werden, siehe Abbildung 25:

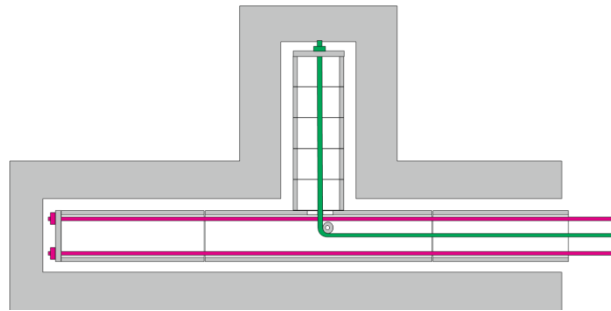


Abbildung 25: auf Seilkonzept basierende laterale Verbindung der Stützstruktusegmente (DLR)

Die Stirnseiten einer Stützstruktur sind sehr komplex gestaltet und deshalb nur mit großem Fertigungsaufwand umzusetzen, da in die Stirnseiten neben den Terminals (Seilenden mit Gewinde) zusätzlich die Installation von Luft- und Wasseranschluss vorzunehmen ist. Das Anwendungsspektrum einer Stützstruktur, die auf dem Seilkonzept basiert, ist sehr begrenzt, da lediglich zwei Strukturen in axiale Richtung miteinander kombiniert werden können. Begrenzend wirkt hier, dass die verspannte Stützstruktur vor der Entformung mobilisiert werden soll, indem die Seile entspannt werden. Die Zugänglichkeit an die Terminals ist somit zwingend notwendig, siehe Abbildung 26:

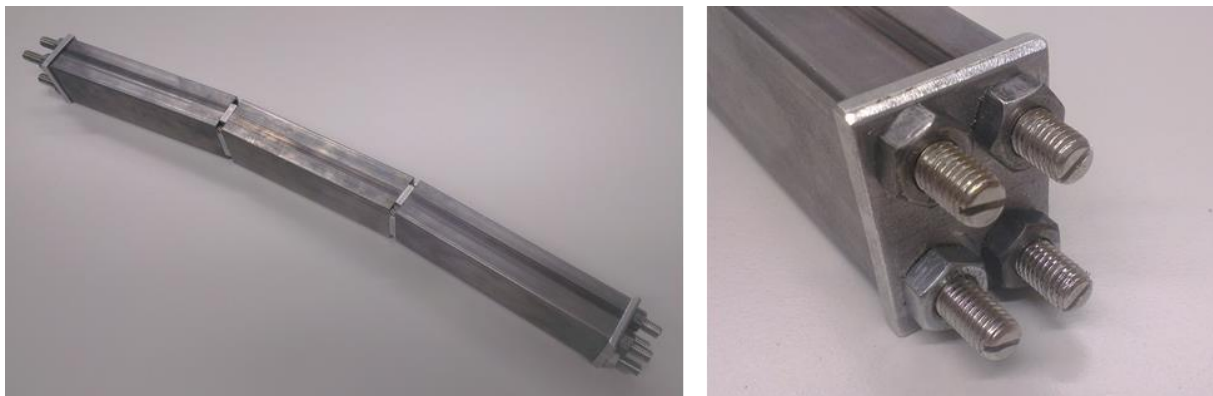


Abbildung 26: auf Seilkonzept basierende Stützstruktur, Stirnseite mit Terminals (DLR)

Sind drei Stützstrukturen miteinander verbunden, gibt es keine Zugänglichkeit an die Stirnseiten der mittleren Struktur. Ihre Seile können nicht entspannt werden und die Gesamtstruktur ist nicht entformbar. Der Vorschlag, die Seile der Stützstruktur nach dem Flechtprozess zu entspannen, wurde im Konsortium diskutiert und abgelehnt, da eine Stützstruktur zu jedem Zeitpunkt zwischen dem Kernschießprozess und dem Aushärtprozess ihre vollen mechanischen Eigenschaften aufweisen soll. Ein weiterer Grund gegen die Anwendung des Seilkonzepts ist die rechteckige Querschnittsform der Hohlprofile. Diese ist notwendig, um die Seile auf möglichst großem Abstand zu halten und somit ein möglichst großes Flächenträgheitsmoment zu realisieren. Jedoch beeinträchtigt diese Form den Kernschießprozess, da Fehlstellen in der Formmasse infolge von Verwirbelungen an den Kanten der Profile entstehen, siehe Abbildung 27:

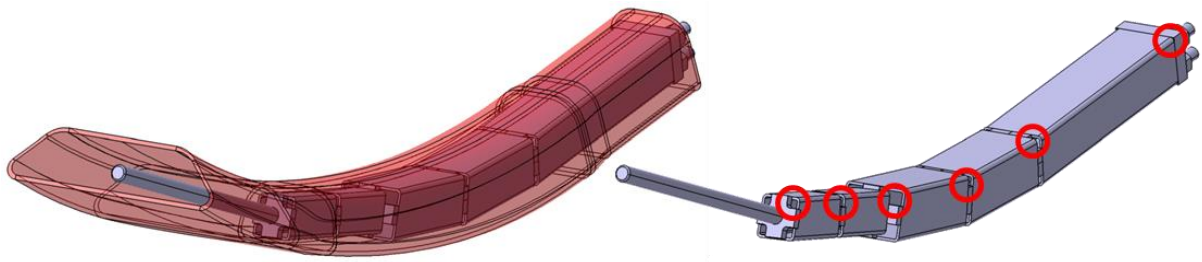


Abbildung 27: Auftreten von Fehlstellen während des Kernschießprozesses (DLR)

Mechanische Tests haben jedoch gezeigt, dass vom Seil sehr hohe Kräfte aufgefangen werden, die durch das Biegemoment am Querholm entstehen, siehe Abbildung 28:



Abbildung 28: Versuchsaufbau für Kennwertermittlung des Seilkonzepts (DLR)

Sowohl Zug- wie auch Druckversuche können wiederholt durchgeführt werden, ohne dass bei kontinuierlicher Erhöhung der Belastung sichtbare Spalte an den Verbindungsstellen der Stützstruktur auftreten. So zeigen die Verläufe der Querkräfte als Funktion der Absenkung der Traverse der Prüfmaschine für drei identische Versuchsaufbauten nahezu ideal lineare und identische Kurven auf, siehe Abbildung 29:

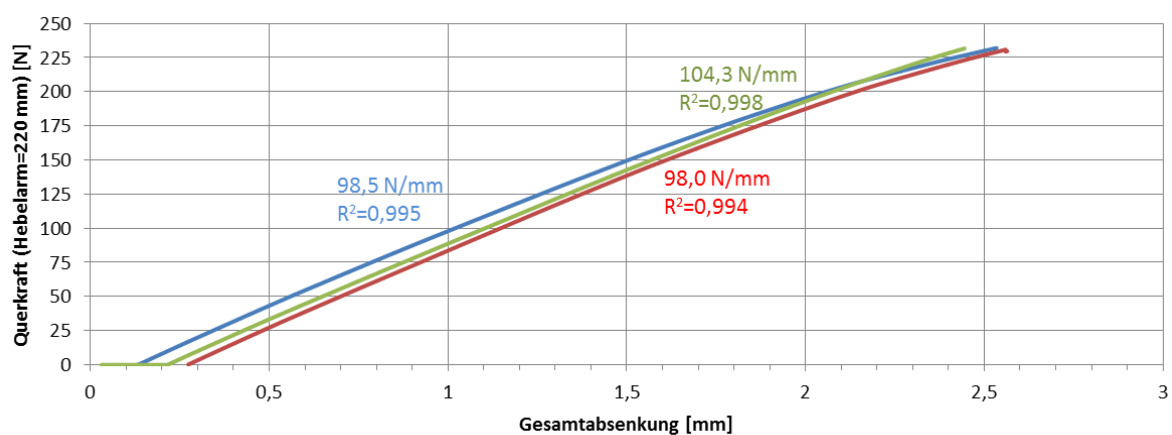


Abbildung 29: Querkraftverlauf Biegebelastung Seilkonzept (DLR)

Die Problematik der Seilzugänglichkeit kann für den Fall, dass der Querholm im verspannten Zustand zwischen den jeweiligen Längsholmen angebracht ist, nicht zufriedenstellend gelöst werden. Aus diesen Gründen wurde beschlossen, ganzheitlich auf das Seilkonzept zu verzichten.

Einzig das später entwickelte Welle-Nabe-Konzept verfügt über das Potenzial, die hohen mechanischen Anforderungen vollständig zu erfüllen und gleichzeitig ein Entformen zu gewährleisten. Das Konzept sieht eine sich autonom unter dem Einwirken der Aushärtetemperatur auflösende Verbindung vor.

5 Welle-Nabe-Konzept (Kraftschluss)

Das entwickelte Welle-Nabe-Konzept ermöglicht eine kraftschlüssige Verbindung zwischen zwei hohlen Segmenten über eine Welle, siehe Abbildung 30:

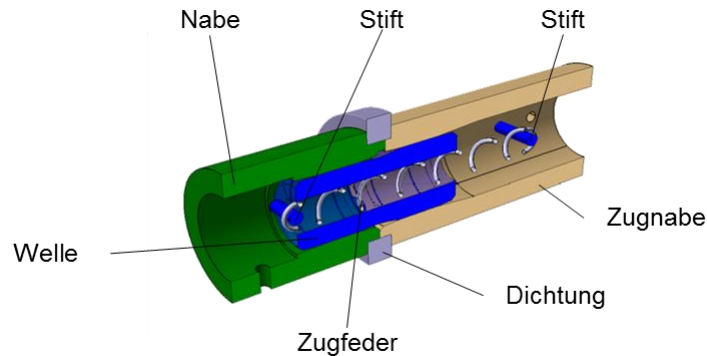


Abbildung 30: Welle-Nabe-Konzept (Kraftschluss) (DLR)

Das Funktionsprinzip dieser Verbindungsart basiert auf unterschiedlicher Ausdehnung verschiedener metallischer Legierungen bei Temperaturanstieg. Es wird eine Konstruktion vorgeschlagen, welche aus zwei Aluminum-Naben und einer Invar-Welle besteht. Sind die einzelnen Bestandteile exakt ausgelegt, so liegt bei Raumtemperatur eine Presspassung vor. Durch die hohen Reibungskräfte in der Grenzfläche zwischen der Welle und den jeweiligen Naben können sehr hohe axialen Kräfte und Torsionsmomente übertragen werden. Bei erhöhter Temperatur (z.B. 180 °C während des Aushärtprozesses) dehnen sich die Naben stärker als die Invar-Welle aus. Somit geht die ursprüngliche Presspassung in eine Übergangs- oder sogar in eine Spielpassung über und die Reibungskräfte sinken rapide. Bewegt man nun die Welle mittels einer vorgespannten Zugfeder in ein als Zugnabe bezeichnete hinein, geht die Verbindung zwischen beiden Naben verloren und die Gesamtkonstruktion wird lose.

Ein Nachteil dieses Prinzips ist die Notwendigkeit sehr präzise Naben und Wellen herzustellen. Dem gegenüber stehen die unbestreitbaren Vorteile wie hohe Festigkeit, hohe Flexibilität und die Möglichkeit der lateralen Verbindung.

Nachfolgend sind die beiden Stützstrukturen dargestellt, wie sie für den Bau der generischen Struktur und des Validierungsbauteils verwendet werden sollen:

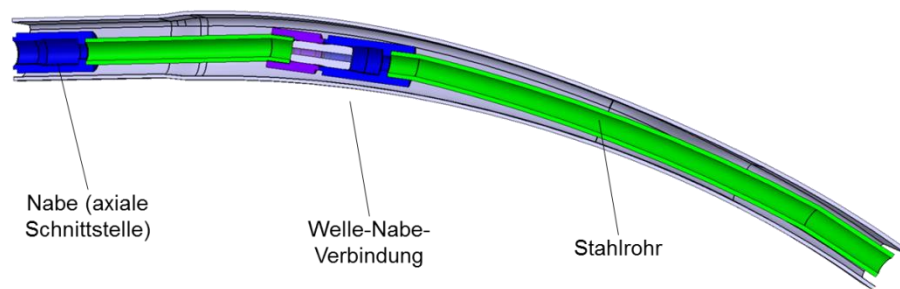


Abbildung 31: Stützstruktur des generischen Bauteils, basierend auf dem Welle-Nabe-Prinzip (DLR)

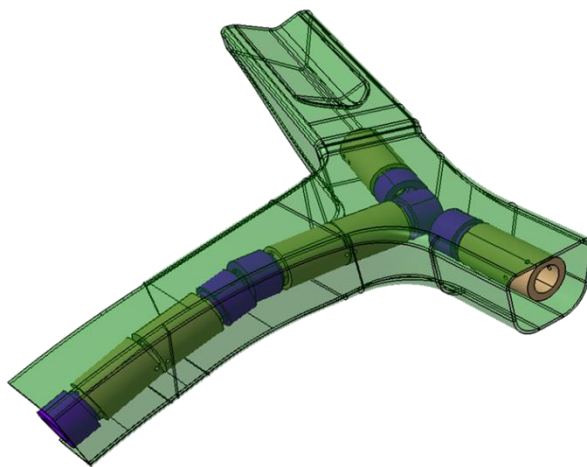


Abbildung 32: Stützstruktur des Validierungsbauteils, basierend auf dem Welle-Nabe-Prinzip (DLR)

5.1 Weitere Arbeiten

An die Phase der detaillierten Konzeptentwicklung schließt sich die Bearbeitung folgender Aufgaben an, um ein funktionstüchtiges Gesamtsystem „Hybrider Formkern“ herstellen zu können:

- Experimentelle Validierung der Stützstruktur für das Validierungsbauteil und ihre Eignung für die Aufnahme der Handlinglasten
- Experimentelle Validierung der Stützstruktur für das generische Bauteil und ihre Eignung für die Aufnahme der Handlinglasten und der Flechtlasten
- Erarbeitung eines Dichtungskonzeptes für die axiale und die laterale Verbindung
- Verifikation des gesamten Lebenszyklen der Stützstrukturen (Fertigung und Montage, Eignung zum Kernschießen, Eignung zur Evakuierung und Bedruckung des Hybridkerns, Demontage)

6 Konstruktion und Validierung von Welle-Nabe-Stützstrukturen für hybride Formkernsysteme

In dem folgenden Kapitel wird die Konstruktion und Validierung des zuvor erarbeiteten Welle-Nabe-Konzepts einer Armierung zur Versteifung wasserlöslicher Flechtkerne beschrieben. Die der Herstellung der Versteifung nachgelagerten Fertigungsschritte (Flechten (Projektpartner AGI), Kernschießen (Projektpartner ASK) Aushärten (Projektpartner AHD)) stellen hohe Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften und die thermische Beständigkeit der Armierung, sowie an ihre Funktionstüchtigkeit. Bei der Entwicklung wurde die Strategie verfolgt, einzelne Funktionen und Merkmale der Armierung, beziehungsweise ihrer Bestandteile, in der in Tabelle 7 gegebenen Reihenfolge zu entwickeln, zu implementieren und nachzuweisen:

Tabelle 7: Anforderungen an die Armierung (Auszug)

Nummer	geforderte Eigenschaft	Erläuterung
1	Schaltbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> hohe Steifigkeit (während des Handhabungs- oder des Flechtprozesses) niedrige Steifigkeit (zur Entformung aus einem stark gekrümmten und/oder verzweigten Hohlkammerprofil)
2	Fernbedienbarkeit	Nach der Fertigung des Hohlkammerprofils sind nur die Enden der Armierung erreichbar. Die restlichen Abschnitte/Regionen sind nicht direkt zugänglich, da die Armierung sich innerhalb eines CFK-Hohlkammerprofils befindet.
3	mechanische Festigkeit für den Handhabungsprozess (Projektpartner AHD)	<ul style="list-style-type: none"> Zug- und Druckfestigkeit: 50 N Biegefestigkeit: 50 Nm Torsionsfestigkeit: 25 Nm
4	mechanische Festigkeit für den Flechtprozess (Projektpartner AGI)	<ul style="list-style-type: none"> Zug- und Druckfestigkeit: 500 N Biegefestigkeit: 120 Nm Torsionsfestigkeit: 38 Nm
5	hohe Steifigkeit	nicht näher spezifiziert
6	thermische Beständigkeit	Mindestens 180 °C
7	Kompatibilität mit der Formmasse Aquacore	-
8	Kompatibilität mit der Formmasse des Projektpartners ASK und mit dem dazugehörigen Kernschießprozess	Kernschießtemperatur von $T = 130\text{ °C}$
9	Kompatibilität mit dem Aushärtprozess (Projektpartner AHD)	Aushärtetemperatur $T = 180\text{ °C}$
10	Anwenderfreundlichkeit, Möglichkeit der mehrfachen Verwendung sowie ökonomische und ökologische Effizienz	-

6.1 Neukonzeption der Armierung

In den vorangegangenen Phasen des Projekts wurden zahlreiche Armierungskonzepte entwickelt und bewertet. Es konnte experimentell nachgewiesen werden, dass keines der Konzepte in der Lage war, die Forderungen 1 und 2 (vgl. Tabelle 7) zu erfüllen.

Aus diesem Grund wurde ein neues Konzept vorgestellt, welches im Berichtszeitraum weiterverfolgt werden sollte. Das Konzept sieht eine segmentierte Armierung vor, die aus folgenden Elementen besteht:

- Stützsegmente: dauerhaft stabil und temperaturbeständig
- Verbindungselemente: stellen eine schaltbare Verbindung zwischen den einzelnen Stützsegmenten her, siehe Abbildung 33:

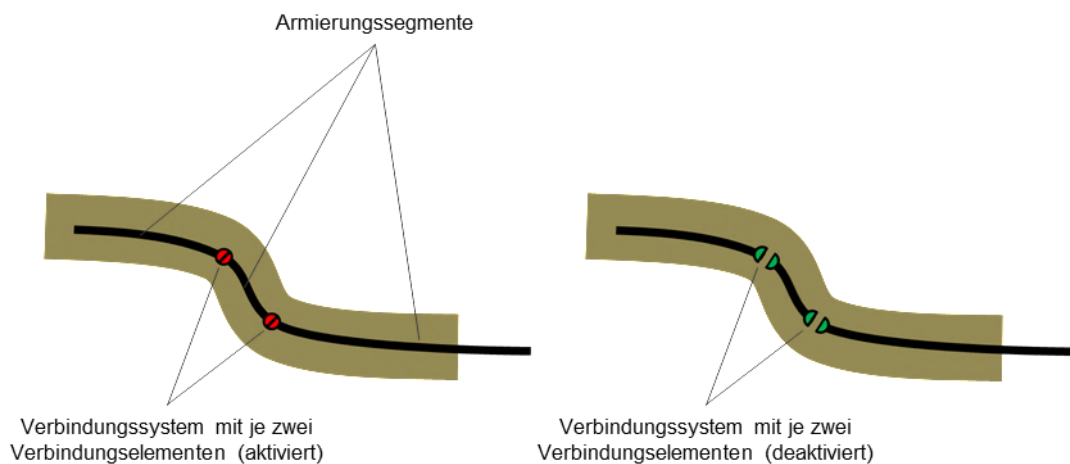


Abbildung 33: Armierungskonzept:
Aktivierter Zustand - einzelne Segmente steif miteinander verbunden (links);
deaktivierter Zustand - einzelne Segmente nicht miteinander verbunden (rechts) (DLR)

Die Funktionsweise der Verbindungselemente beruht auf dem Prinzip des Kraftschlusses. Die Schaltbarkeit des Verbindungssystems wird dabei durch die Temperaturabhängigkeit der Abmessungen der Verbindungselemente sichergestellt:

- *aktivierter* Zustand: Kraftschluss zwischen den Stützsegmenten im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 140 °C
- *deaktivierter* Zustand: kein Kraftschluss zwischen den Stützsegmenten im Temperaturbereich oberhalb von 140 °C

Die Forderung nach der Fernbedienbarkeit wird durch die autonome Funktionsfähigkeit des Verbindungssystems erfüllt. Sie lässt sich dadurch erreichen, dass Energie innerhalb des Verbindungssystems gespeichert wird. Zum Zeitpunkt des Erreichens einer Zieltemperatur von z.B. 140 °C, wird die Energie automatisch freigesetzt und ermöglicht den Übergang des Systems vom *aktivierten* in den *deaktivierten* Zustand.

6.2 Konstruktive Auslegung des Verbindungssystems

Das Verbindungssystem besteht aus den Elementen Gebernabe, Welle und Zugnabe, siehe Abbildung 34:

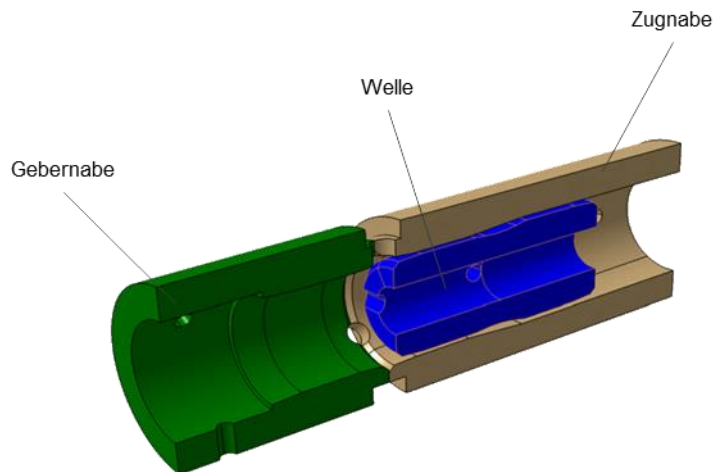


Abbildung 34: Verbindungssystem (DLR)

Die Gebernabe sowie die Zugnabe sind als Hohlzylinder ausgeführt und werden aus einer ausdehnungsstarken Legierung hergestellt. Die Welle ist ebenfalls als Hohlzylinder ausgeführt, besteht jedoch aus einer ausdehnungsarmen Legierung. Die drei Elemente des Verbindungssystems sind im Wesentlichen über die zwei Parameter Durchmesser und Länge beschrieben. Die Verbindungselemente sind koaxial zueinander angeordnet und derart ausgelegt, dass zwischen der Gebernabe und der Welle bzw. zwischen der Zugnabe und der Welle eine Kontaktfläche existiert. Die Reibungskraft in der Kontaktfläche ist proportional zur Fugenpressung in ihr, welche wiederum von der Kontaktlänge und dem Übermaß beider Kontaktpartner abhängig ist.

Eine geeignete Auslegung der Naben und der Welle erlaubt es, beide geforderten Zustände zu realisieren:

- *aktivierter* Zustand im Bereich bis 130 °C: Das Übermaß weist einen positiven Wert auf, da der Außendurchmesser der Welle größer ist als der Innendurchmesser der Nabe. Zwischen beiden Naben und der Welle besteht Kontakt in Form einer *Presspassung*. Es wird eine kraftschlüssige und somit stabile Verbindung zwischen beiden Naben ausgebildet.
- *deaktivierter* Zustand im Bereich oberhalb von 140 °C: Infolge einer Erwärmung des verstärkten Formkerns auf die Aushärtetemperatur des flüssigen Kunststoffes von $T = 180\text{ °C}$ dehnen sich beide Naben aus und ihr Innendurchmesser vergrößert sich, während der Außendurchmesser der Welle konstant bleibt. Das wirksame Übermaß verringert sich mit steigender Temperatur des Verbindungssystems. Steigt die Temperatur der Kontaktpartner auf $T > 140\text{ °C}$, wandelt sich die ursprüngliche Presspassung in eine *Spielpassung* um.

Die autonome Funktionsfähigkeit des Verbindungssystems wird dadurch gewährleistet, dass die Welle im *deaktivierten* Zustand des Systems verschiebbar ist und diese Bewegung von einer Zugfeder ausgelöst wird. Die Feder ist auf einer Seite mit der Welle und auf der anderen Seite mit der Zugnabe verbunden, siehe Abbildung 35:

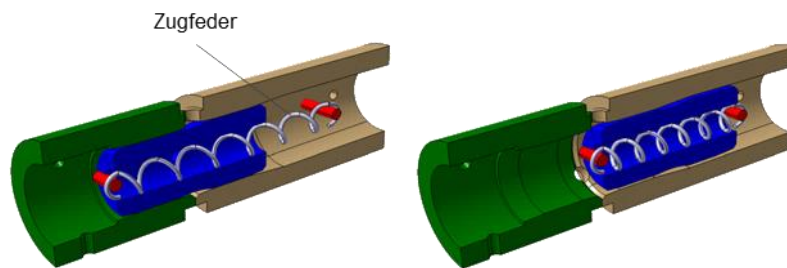


Abbildung 35: Verbindungssystem:
Aktiviert - Segmente miteinander verbunden - Presspassung (links);
deaktiviert - Segmente nicht miteinander verbunden - Spielpassung (rechts) (DLR)

Im *aktivierten* Zustand übt die Zugfeder auf die Welle eine Kraft in axialer Richtung aus. Dieser Kraft wirkt die Reibungskraft in der Kontaktfläche entgegen. Im Fall einer Presspassung ist die Reibungskraft sehr hoch und übersteigt die Federkraft, so dass die Welle ruht. Mit steigender Temperatur geht die Presspassung in eine Spielpassung über. Somit sinkt die Reibungskraft in der Kontaktfläche. Bei einer Temperatur $T > 140 \text{ °C}$ ist die Reibungskraft soweit abgesunken, dass die Federkraft überwiegt und die Welle in Bewegung versetzt werden kann. Diese wird daraufhin von der Zugnabe aufgenommen und die relative Anordnung der Verbindungselemente zueinander ändert sich. Nach dem Abkühlen des rekonfigurierten Systems ist keine Verbindung zwischen der Gebernabe und der Welle mehr möglich, da die Bewegung der Welle bei Raumtemperatur nicht reversibel ist.

Der Phase der Konzeptentwicklung für ein autark agierendes Verbindungssystem schließt sich die Konstruktion der einzelnen Verbindungselemente an, sodass diese als Versteifung in einen Formkern für Flechtprozesse implementiert werden können.

Die Abmessungen der Kontaktflächen zwischen Naben und Welle werden in Anlehnung an [4] und [5] berechnet. Das größte Übermaß \ddot{U}_o beeinflusst in großem Maße die minimale zum Lösen der Welle-Nabe-Verbindung aufzubringende Temperatur. Diese Größe hängt im Wesentlichen von der Umgebungstemperatur T_{umg} und den Wärmeausdehnungskoeffizienten α der Kontaktpartner ab. Das kleinste Übermaß \ddot{U}_u kennzeichnet die Grenze, ab der Kräfte und Torsionsmomente von einem Querschnitt übertragen werden können. \ddot{U}_u hängt dabei von den Materialeigenschaften der Kontaktpaarung (Elastizitätsmodul E , Querkontraktionszahl ν), der Oberflächenbeschaffenheit (Oberflächenrautiefe R_z , Haftbeiwert m) und den Abmessungen von Welle und Naben (Innen- und Außendurchmesser sowie deren Längen) ab. Die Forderungen nach hoher Steifigkeit der Kupplung bis zur Festigkeitstemperatur T_{min} aber gleichzeitig auch nach ihrer Lösbarkeit im Bereich zwischen T_{min} und T_{max} stehen im Zielkonflikt miteinander. Bei der Auswahl der geeigneten Abmessungen der Kupplungselemente gilt es zunächst das maximale größte Übermaß $\ddot{U}_{o,\text{max}}$ zu identifizieren, das mit der maximalen Lösetemperatur T_{max} korreliert, siehe Abbildung 36:

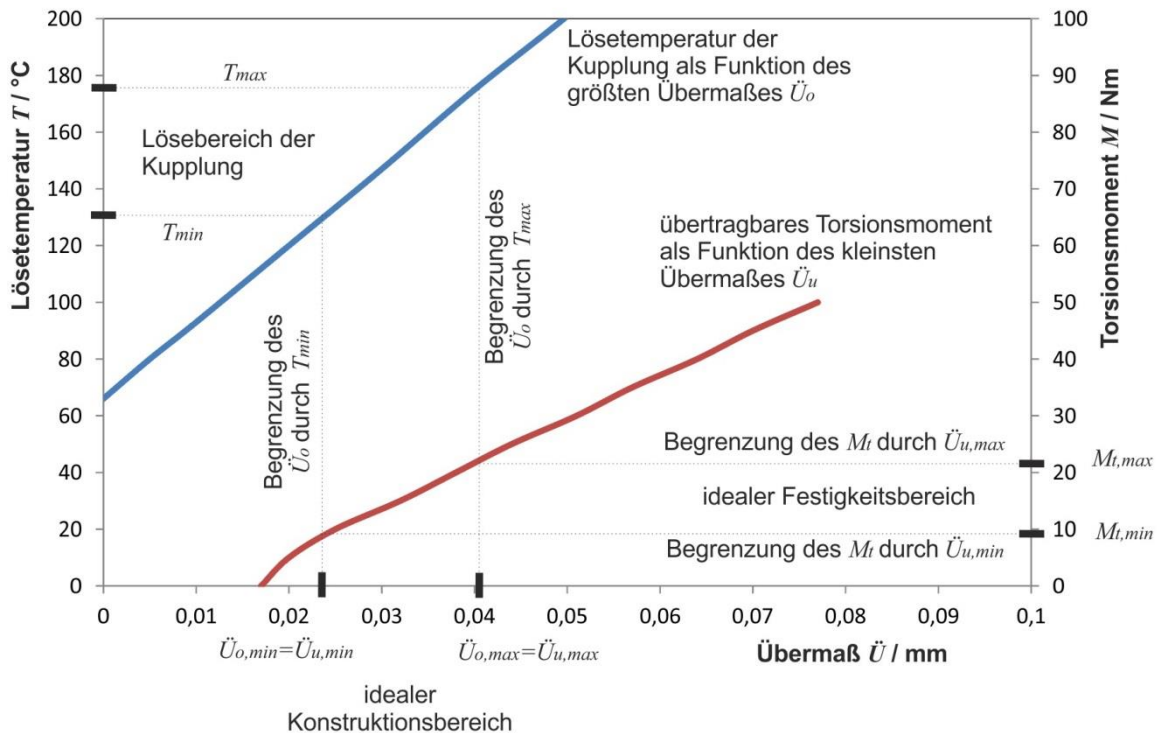


Abbildung 36: Einfluss der Lösetemperatur auf den idealen Festigkeitsbereich der Welle-Nabe-Verbindung (DLR)

Anschließend kann das minimale größte Übermaß $\ddot{U}_{o,min}$ bestimmt werden, welches der Temperaturfestigkeit T_{min} entspricht. Der Bereich zwischen den Werten $\ddot{U}_{o,min}$ und $\ddot{U}_{o,max}$ sei als idealer Konstruktionsbereich bezeichnet. Da das kleinste Übermaß \ddot{U}_u höchstens so groß sein kann, wie das größte Übermaß \ddot{U}_o , ist auch das übertragbare Torsionsmoment begrenzt. Dem idealen Konstruktionsbereich entspricht somit ein gewisser idealer Festigkeitsbereich. Üblicherweise weicht das minimale Übermaß von dem maximalen um die Fertigungstoleranz \ddot{U}_t ab. In diesem Fall verschiebt sich der Festigkeitsbereich zu geringeren Werten hin. Für die Fertigung der Kupplungselemente steht als tatsächlicher Konstruktionsbereich lediglich ein sehr geringes Fenster zur Verfügung.

Nachfolgende Tabelle 8 listet Werte auf, die neben den in Tabelle 1 vorgegebenen Lasten für die Berechnung der Übermaße \ddot{U}_u und \ddot{U}_o verwendet wurden:

Tabelle 8: Konstanten und Materialkennwerte (DLR)

Bezeichnung	Formelzeichen	Einheit	Wert	
			Naben	Welle
Außendurchmesser Nabe	D_a	mm	30	
Fugendurchmesser	D_f	mm	17	
Fugenlänge	L_f	mm	10	
Innendurchmesser Welle	D_i	mm	0	
Werkstoff	-	-	Al7075	FeNi36
Dehngrenze	$R_{p0,2}$	N/mm ²	400	700
E-Modul	E	N/mm ²	69000	145000
Wärmeausdehnungskoeffizient	α	K ⁻¹	0,0000234	0,0000017
Querkontraktionszahl	ν	-	0,34	0,29
Haftbeiwert	μ	-	0,19	
Oberflächenrautiefe	R_z	mm	0,01	0,004
Sicherheit gegen plastisches Verformen	S_f	-	1,15	1,15
Haftsicherheit	S_h	-	1,75	
Umgebungstemperatur	$T_{Umgebung}$	°C	20	

Ausgehend von der vorgegebenen Lösetemperatur und den ausgewählten Werkstoffen ergibt sich zunächst ein größtes Übermaß \dot{U}_o von 0,040 mm. Setzt man das kleinste Übermaß auf denselben Wert, so ergibt sich eine Torsionsfestigkeit der Welle-Nabe-Verbindung von lediglich 21,5 Nm. Dieser Wert entspricht annähernd den in Tabelle 1 gegebenen Forderungen aus dem Flechtprozess. Um die Lasten, insbesondere das Torsionsmoment, in vollem Umfang zu übertragen, sind Übermaße $> 0,040$ mm nötig. Für das Auflösen eines solchen Querpressverbandes sind jedoch Temperaturen erforderlich, die oberhalb der maximal zulässigen Lösetemperatur liegen. Für die experimentelle Verifikation wurden Verbindungssysteme hergestellt, indem die Naben aus dem Vollen gedreht wurden. Die Invar-Wellen wurden zunächst gedreht. Der exakte Wert des Außendurchmessers wurde durch anschließendes Polieren eingestellt.

Es ist zu beachten, dass die Innendurchmesser der Gebernabe und der Zugnabe unterschiedliche Werte aufweisen. Dadurch ist ausgeschlossen, dass bei Rekonfiguration des Systems der ursprünglich mit der Gebernabe in Kontakt stehender Abschnitt der Welle $D_{a,w} = 17$ mm mit der Zugnabe $D_{i,z} = 18$ mm kollidiert.

6.2.1 Armierung für das generische Bauteil

Die Armierung des Hybridkerns für das generische Bauteil besteht aus den Elementen:

- Verbindungssystem Gebernabe, Welle, Zugnabe
- Stützsegmenten, zwei Stück
- Randnaben für die Anbindung des Hybridkerns an einen Flechtroboter, zwei Stück

Die Stützsegmente werden thermisch geschrumpft und können so in die Naben eingesetzt werden, siehe Abbildung 37:

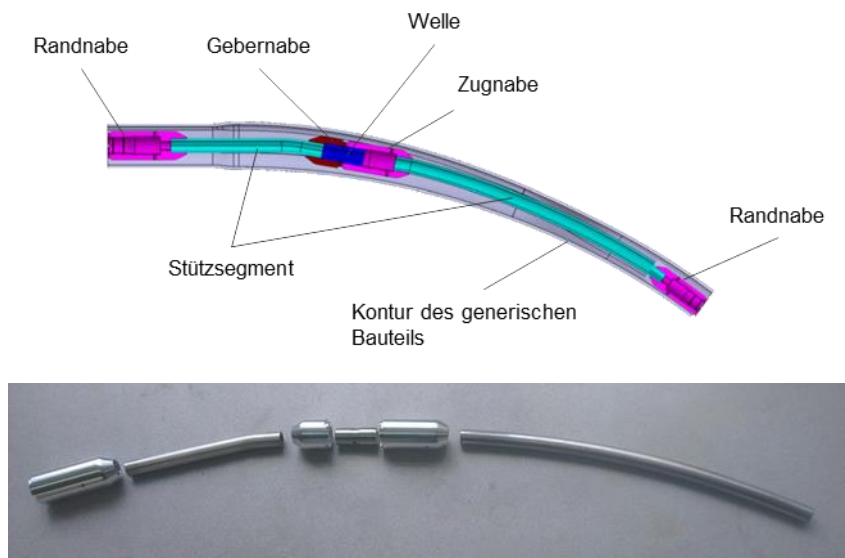


Abbildung 37: Armierung des Hybridkerns für das generische Bauteil (DLR)

6.2.2 Armierung für das Validierungsbauteil

Um die komplexe Gestalt des Validierungsartikels in einzelne, separat flechtbare Holme zerlegen zu können, ist ein Konzept für das Fügen versiegelter Formkerne zu entwickeln, welches für eine laterale wie auch axiale Anbindung von Stützstrukturen zweier Kerne genutzt werden kann. Es wird ein Knotenelement vorgesehen, welches die Aufnahme der Randnaben benachbarter Hybridkerne in den geforderten Richtungen ermöglicht, siehe Abbildung 38:

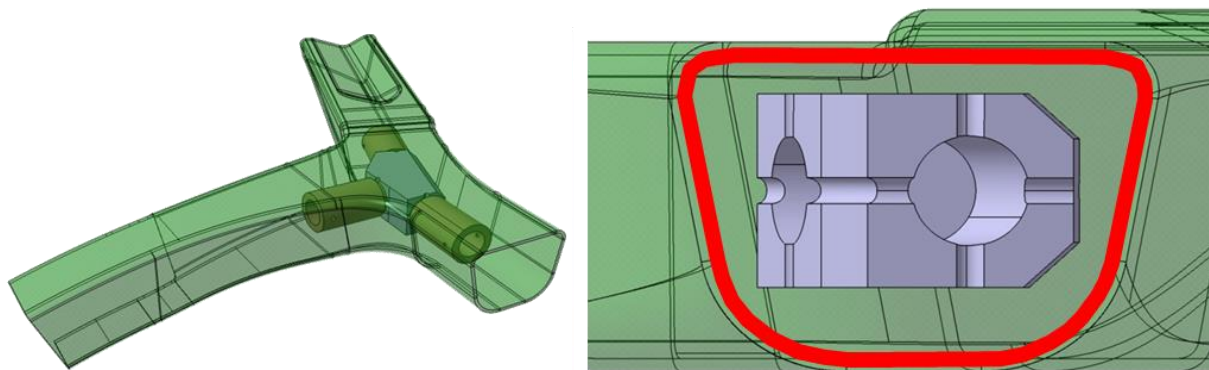


Abbildung 38: Knotenelement, isometrisch dargestellt und in Entformungsrichtung projiziert (DLR)

Das Fügen zweier verstärkter Formkerne gestaltet sich analog folgender Vorgehensweise:

1. Zugfeder in der Zugnabe fixieren
2. Kern schießen
3. Feder dehnen und durch die Welle führen
4. Feder auf der Gegenseite der Welle mit einem Sicherungstift fixieren
5. Konvektives Erwärmen der Zugnabe auf $T = 180\text{ °C}$
6. Welle wird infolge Federkraft in die Zugnabe gezogen
7. Welle mit einem Sicherungstift fixieren
8. Zugnabe konvektiv abkühlen und Sicherungstift entfernen
9. konvektives Erwärmen der Nabe auf $T = 180\text{ °C}$
10. Dichtscheibe einlegen
11. Welle in die Nabe einführen
12. Beide Hybridkerne fixieren, bis beide Naben auf Raumtemperatur abgekühlt sind

Zur Verdeutlichung der Nomenklatur der Einzelteile, siehe Abbildung 39:

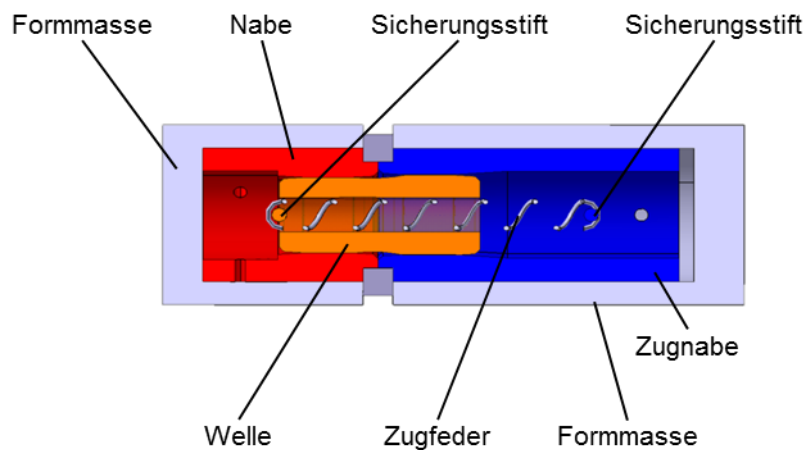


Abbildung 39: Nomenklatur Montage zweier Kerne (DLR)

Eine konvektive Temperierung erlaubt ein lokales Erwärmen der Randnaben, ohne einen zu großen Wärmeeintrag in Bereiche des CFK-Laminates und somit dessen thermische Schädigung zu verursachen. Hierfür sind in Versuchen drei Temperatursensoren im Inneren einer Randnabe positioniert, um eine genaue Verteilung des Temperaturverlaufes aufnehmen zu können. Ein vierter Temperatursensor wird auf der Oberfläche der Formmasse angebracht, was der Position des CFK-Laminates im späteren Fertigungsprozess entspricht, und veranschaulicht anhand des deutlich flacheren Verlaufes die dämmende Wirkung der keramischen Formmasse, siehe Abbildung 40:

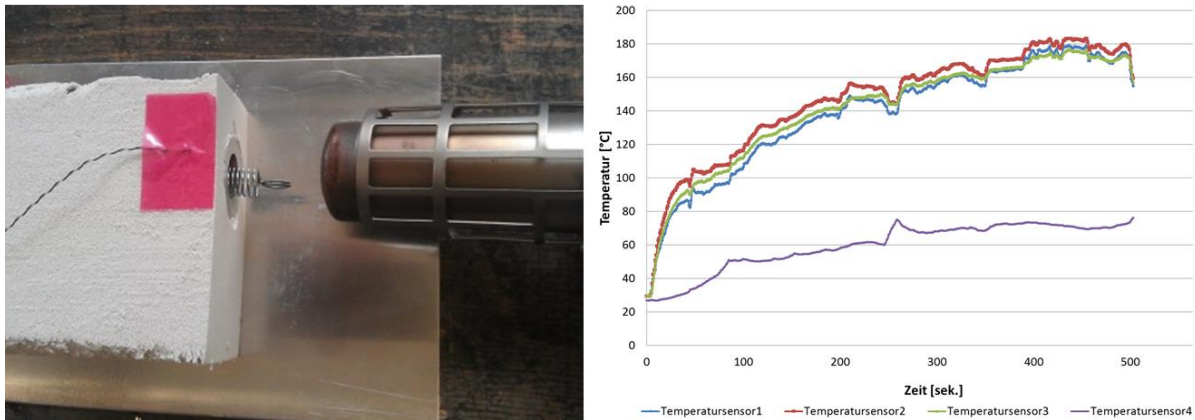


Abbildung 40: Konvektive Temperierung der Nabe vor der Montage (DLR)

Die Armierung eines Hybridkerns für das Validierungsbauteil besteht aus vier Verbindungssystemen. Aufgrund der Komplexität des verzweigten Bauteils und des geringen, zur Verfügung stehenden Platzes, übernehmen einzelne Komponenten mehrere Funktionen. Das zentrale Element der Konstruktion ist das Knotenelement, welches als Gebernabe für drei Verbindungssysteme fungiert, siehe Abbildung 41:



Abbildung 41: Validierungsbauteil-Stützstruktur und Knotenelement (DLR)

An diese Knotenelemente sind Zugnaben angeschlossen, von denen eine im Längsholm angeordnet und mit der Randnabe kombiniert ist. Eine weitere, im Querholm angeordnete Zugnabe ist mit der Gebernabe des nachfolgenden Verbindungselements kombiniert, siehe Abbildung 42:

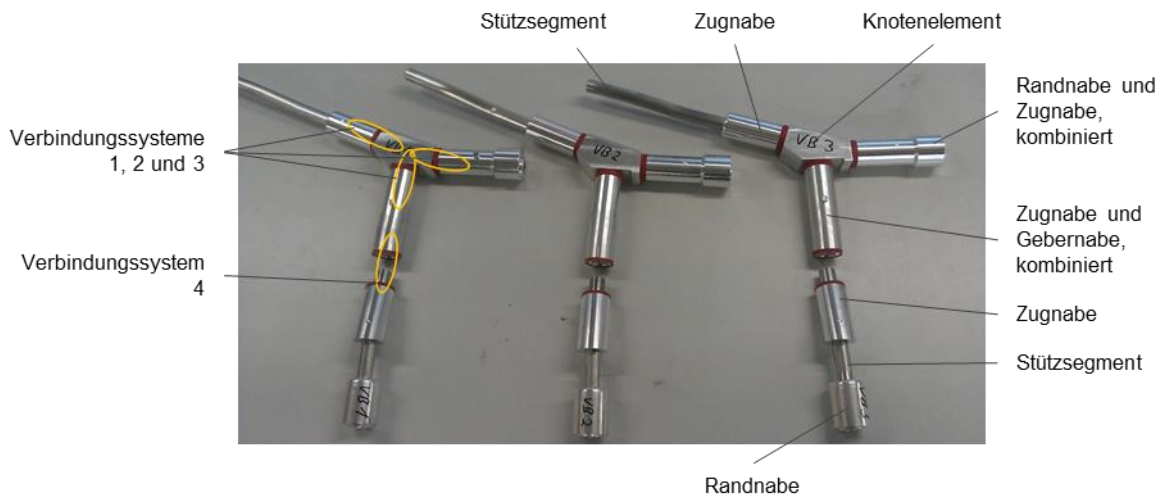


Abbildung 42: Armierungen der Validierungsbauteil-Hybridkerne (DLR)

6.3 Mechanische Tests der Armierungen

Die Funktionstüchtigkeit der Armierungen wurde auf unterschiedlichen Niveaus getestet:

- 1) Die Funktionstüchtigkeit eines Verbindungselements konnte in vereinfachten mechanischen Tests und in einem Dauerversuch nachgewiesen werden. Es wurde gezeigt, dass Handlings- sowie Montagelasten aufgenommen werden, ohne sichtbare Schäden zu verursachen. So wurde ein Querpressverband zwischen Invarwelle und einer Aluminiumnabe hergestellt und die Festigkeit der Verbindung unter einachsiger Lasteinwirkung von 49 N nachgewiesen. Anschließend wurde eine zweite Nabe auf die Welle thermisch aufgeschraubt und erneut einer einwirkenden Last von 49 N unterworfen, siehe Abbildung 43:



Abbildung 43: vereinfachten mechanischen Tests der Armierung (DLR)

- 2) Anschließend wurde das selbsttätige Auflösen der Verbindung unter Wärmeinwirkung von $\Delta T = 160 \text{ K}$ eines in Aquacore eingebetteten Verbindungssystems experimentell nachgewiesen, siehe Abbildung 44:

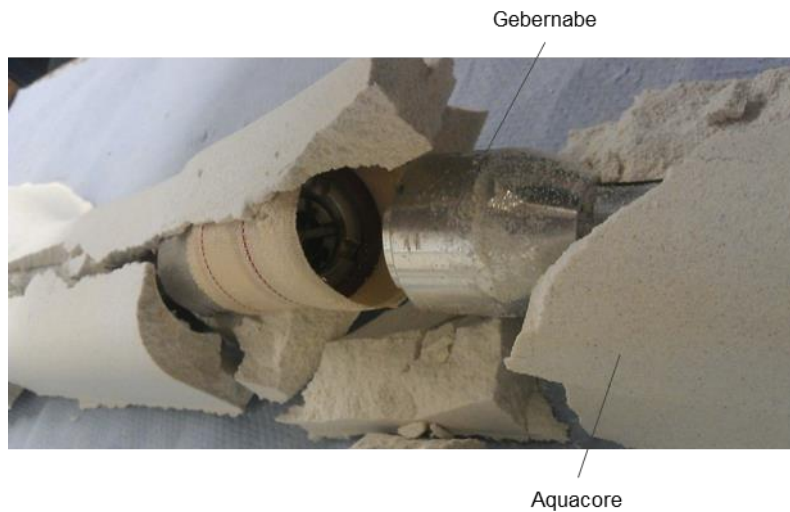


Abbildung 44: Rekonfiguriertes Verbindungssystem eingebettet in Aquacore (DLR)

In mehreren Versuchen konnten die Kupplungen jeweils einem Belastungsszenario unterzogen werden. Die Zug- und Torsionsbelastungen wurden kurzzeitig aufgebracht und die Welle-Nabe-Verbindung anschließend bis auf die maximale Lösetemperatur erwärmt. Als maximal übertragbare Last wurde der Wert definiert, welcher ein selbstständiges Rekonfigurieren der Kupplung beim anschließenden Erwärmen nicht verhinderte. Versuchsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 9 zusammengefasst:

Tabelle 9: Merkmale der Wellen-Nabe-Verbindungen (DLR)

Kennwert	Auslegung	Versuch		
		Biegung	Torsion	Zug
kleinstes Übermaß \ddot{U}_u	0,040 mm	0,033 mm	0,030 mm	0,034 mm
größtes Übermaß \ddot{U}_o	0,040 mm	0,036 mm	0,033 mm	0,035 mm
maximale axiale Kraft	500 N	-	-	> 500 N
maximales Torsionsmoment	21,5 Nm	-	25 Nm	-
maximales Biegemoment	50 Nm	> 50 N	-	-
Lösetemperatur	175 °C	Welle-Nabe-Verbindung konnte nach den jeweiligen Versuchen im Bereich von 140 °C und 175 °C aufgelöst werden		

Abweichungen zwischen theoretischen und den im Versuch ermittelten Festigkeiten der Kupplung, besonders unter Torsionsbelastung, ergeben sich aus einer Vielzahl manueller Bearbeitungsschritte in der Herstellung der Wellen und Naben. Das Berechnungsverfahren sieht Sicherheitsfaktoren vor, welche z. B. den Einfluss der Oberflächengüte auf die Festigkeit des Querpressverbands berücksichtigen. Der hochgradig manuelle Fertigungsprozess der Kupplungsprototypen erlaubte jedoch kein gezieltes Einstellen definierter Oberflächengüten, wie sie für die Auslegung zugrunde gelegt werden.

7 Für Hubschrauberstrukturen repräsentative Funktionsmuster

Die Funktionstüchtigkeit des entwickelten Welle-Nabe-Konzepts für die Versteifung eines Formkernes wird anhand der Prozesskette zur Herstellung zweier für Hubschrauberstrukturen repräsentativen Funktionsmuster nachgewiesen. Die Fertigung der repräsentativen Funktionsmuster wird anhand folgender Prozessschritte simuliert:

- Montage der Stützstruktur
- Herstellen verstärkter Formkerne
- Kernversiegelung
- Preforming
- Faserimprägnierung
- Polymerisation des Kunststoffharzes
- Ausspülen des Formsandes
- Entfernen der Armierung

7.1 Generisches Bauteil

Zwei Armierungen für das generische Bauteil wurden in einem von AGI zur Verfügung gestellten und vom DLR modifizierten Werkzeug in Aquacore eingebettet. Dieses Formwerkzeug wurde ursprünglich für die Verarbeitung von Silikonkautschukgießmassen entwickelt und ist daher für die Herstellung wasserlöslicher Formkerne nur bedingt geeignet: Im Formstoff vorhandene Lösemittel können nicht vollständig entweichen, was eine ungenügende Trocknung des Formsandes zur Folge hat. Der noch feuchte Formssand neigt zu Anhaftungen an der Werkzeugoberfläche. Diese Anhaftungen verursachen Ausbrüche während des Entformens der Sandkerne, sodass keine Formkerne mit defektfreien Oberflächen hergestellt werden können, siehe Abbildung 45:



Abbildung 45: Ausbrüche aus Formkernoberfläche infolge ungenügender Trocknung (DLR)

Aus diesem Grund wurde das geschlossene, zweiteilige Formwerkzeug zu einem einseitig offenem überarbeitet. So kann die freie Oberfläche des Formsandes vergrößert und ein vollständiges Trocknen der Formmasse gewährleistet werden, siehe Abbildung 46:



Abbildung 46: überarbeitetes Werkzeug Formkerne generisches Bauteil (DLR)

Die so gefertigten Hybridkerne weisen keine Ausbrüche mehr auf, siehe Abbildung 47:



Abbildung 47: Hybridkerne für das generische Bauteil (DLR)

Die Oberflächen der Hybridkerne wurden anschließend mit Aquaseal versiegelt, siehe Abbildung 48:

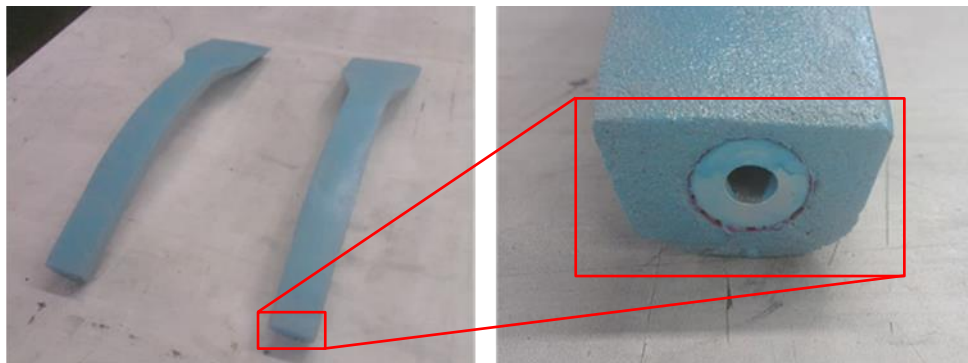


Abbildung 48: versiegelte Hybridkerne für das generische Bauteil; eingebettete Randnabe (rechts) (DLR)

Zweck der Versiegelung ist das Verschließen der Formstoff-Oberflächen, sodass diese für liquide Kunststoffharze impermeabel ausgeführt werden können. Es ist jedoch ungewiss, ob diese Eigenschaft über den gesamten Verlauf eines unter Hochdruck stattfindenden Injektionsprozesses gewährleistet werden kann.

Die versiegelten Hybridkerne konnten von AGI automatisiert beflochten werden. Die so hergestellten Preforms wurden anschließend auf 120 °C erwärmt und im Handlaminierverfahren mit einem auf

T = 80 °C temperiertem Ein-Komponenten-Harzsystem infiltriert und gegenüber der Atmosphäre luftdicht versiegelt und evakuiert, um das Bauteil dem empfohlenen Aushärtezyklus zu unterwerfen.

Die zum Übertragen hoher Flecht- und Handlingslasten genutzte Stützstruktur entriegelte erwartungsgemäß während dieses Aushärtezyklus und konnte so in ihre Einzelteile zerlegt und nach dem Auswaschen des Formsandes aus dem geschlossenen Hohlprofil rückstandsfrei entfernt werden, siehe Abbildung 49:



Abbildung 49: Generisches Bauteil nach Polymerisation und autonom entriegelte Stützstruktur (AGI)

7.2 Validierungsstruktur

Die Armierungen für das Validierungsbauteil wurden bei der Fa. ASK Chemicals in einem Kernschießprozess in die wasserlösliche Masse eingebettet. Es wurde festgestellt, dass die Kompaktierung der Formmasse stark von der Position der Schieß- und Entlüftungsdüsen abhängig ist. Beim bestehenden Kernschießkasten waren die Schießdüsen direkt über der Armierung angebracht. Die eingebrachte Formmasse wurde somit direkt nach dem Austritt aus der Düse an der Armierung abgelenkt und abgebremst. Die erzielte Kompaktierung der Formmasse in den hergestellten Hybridkernen war daher nicht optimal, sodass das Kernschießwerkzeug im Laufe der Kernschießversuche um zusätzliche Spüldüsen erweitert werden musste. Zusätzlich war die Position der Randnaben der Armierungen händisch an die vorgesehenen Aufnahmen im Kernschießwerkzeug anzupassen. Es wurden insgesamt drei Hybridkern-Paare bestehend aus Quer- und Längsholm hergestellt. Abbildung 50 zeigt ein solches Hybridkern-Paar sowie die Positionen der Randnaben:



Abbildung 50: Hybridkerne für das Validierungsbauteil (DLR)

Die so hergestellten Hybridkerne wurden anschließend von der Fraunhofer-Einrichtung für Polymermaterialien und Composite (PYCO) mit einer zwar biegsam-weiche, aber in sich feste, kaum dehnbare Konsistenz aufweisenden lederartigen, nicht näher spezifizierten Beschichtung versiegelt. Das Verbinden der versiegelten Kerne über die Randnaben von Quer- und Längsholm erfolgt im Anschluss am DLR-Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik in Braunschweig.

Die aufgebrauchte Versiegelung wies bei allen Kernen eine deutliche Verunreinigung mit Partikeln der Formmasse sowie unregelmäßig ausgebildete Oberflächen auf. Zusätzlich lag die Versiegelung vereinzelt „hohl“, da in den Bereichen der Randnaben stellenweise Partikel aus der Oberfläche des Formsandes ausgebrochen waren, siehe Abbildung 51:



Abbildung 51: von PYCO versiegelte Formkerne - verunreinigte und unregelmäßig ausgebildete Oberflächen (DLR)

Darüber hinaus wiesen einige Kerne Bereiche mit nicht vollständig ausgehärteter Versiegelung auf, sodass diese zu Anhaftungen an sämtlichen Oberflächen neigt und die Versiegelung zerstört, siehe Abbildung 52:

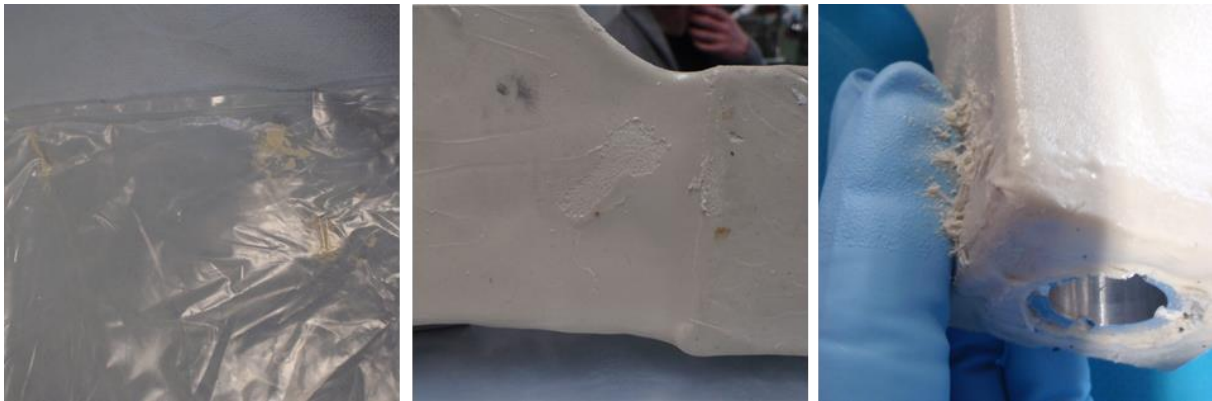


Abbildung 52: von PYCO versiegelte Formkerne - nicht vollständig ausgehärtete Versiegelung (DLR)

Bei dem Versuch, die versiegelten Teil-Kerne zu fügen, hat sich die vorliegende Versiegelung als nicht kompatibel mit dem in Kapitel 6.2.2 vorgestellte Konzept zum Fügen zweier versiegelter Formkerne erwiesen: Aufgrund des lokalen Wärmeeintrages von $T \approx 180 \text{ }^\circ\text{C}$, entsprechend Abbildung 40, in die Stirnseiten der Formkerne tritt nach $t \approx 5$ Minuten ein Übertemperieren der Versiegelung auf. Diese beginnt sich stark zu verfärben und anschließend thermisch zu zersetzen. Zusätzlich geht die Versiegelung in einen niedrigviskosen Zustand über, fließt infolge dessen von dem temperierten Formkern ab und es werden vereinzelt Bereiche freigelegt, in denen Formsand von auftreffender Heißluft abgetragen wird, siehe Abbildung 53:

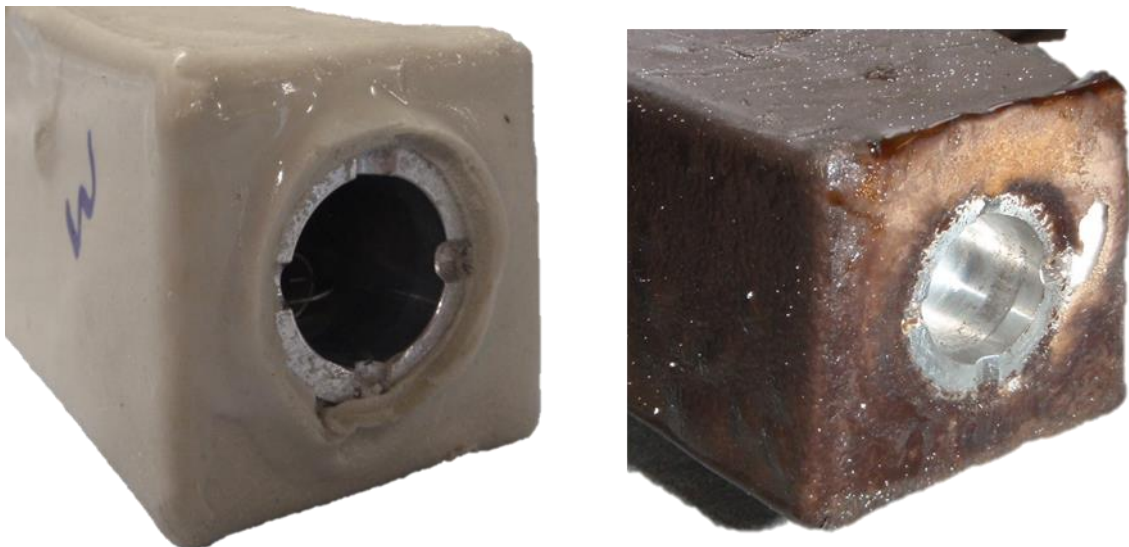


Abbildung 53: von PYCO versiegelte Formkerne - Zersetzung infolge Wärmeeintrag, $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ (DLR)

Um ein direktes Einwirken schnell strömender Heißluft auf die versiegelte Formkernoberfläche zu vermeiden, werden die zu fügenden Kernpaare mithilfe eines Heißluftofens auf $T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt. Anschließend sind die Randnaben nur noch kurzzeitig mit Hilfe eines Heißluftföhns zu erwärmen, um das zum Weiten der Naben notwendigen Temperaturniveau von $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ einstellen zu können.

Aufgrund einer fehlerhaften Bedienung der Temperaturregelung wurde der obere Grenzwert der für das Aufheizen vorgegebenen Rampe zu hoch eingestellt. Die Formkerne wurden so für $t \approx 30$ Minuten einer auf $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ beheizten Atmosphäre ausgesetzt, was dieselben Veränderungen von Farbe und Konsistenz der Versiegelung herbeigeführt hat, wie die vorangegangene Temperierung mittels Heißluft.

Von dem Zersetzen der Versiegelung unbeeinflusst, konnte die Welle-Nabe-Verbindung bestimmungsgemäß ausgebildet werden: Die Naben konnten thermisch geweitet werden, sodass die Welle mit Hilfe der vorgespannten Feder in die Nabe hereingezogen und durch den Sicherungsstift an der vorgesehenen Stelle bis zum Abkühlen des Verbindungssystems auf Raumtemperatur fixiert wurde, siehe Abbildung 54:

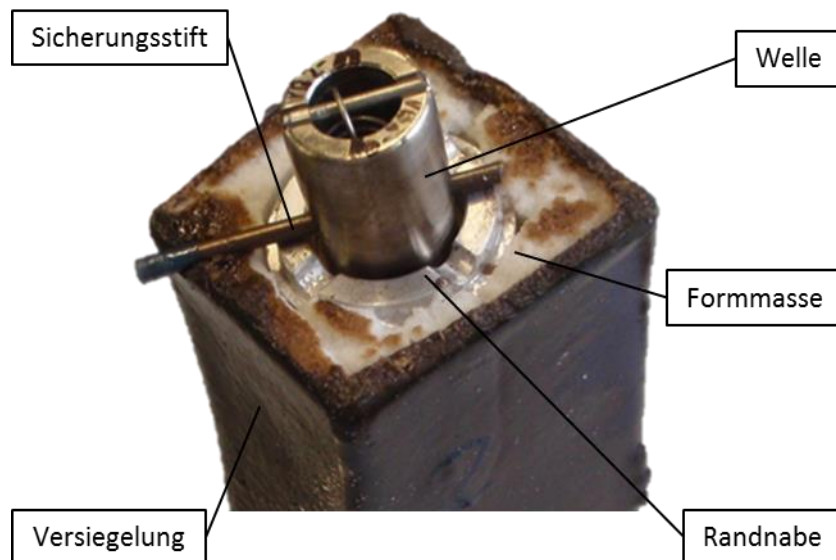


Abbildung 54: Verbindungssystem im aktivierten Zustand (DLR)

Der Bereich der Randnabe wurde von Reaktionsprodukten der thermischen Zersetzung der Formstoffversiegelung gereinigt.

Sobald der Sicherungsstift entfernt wird und ein erneutes Temperieren des Verbindungssystems auf mindestens $T = 140 \text{ °C}$ erfolgt, wird die Welle von der noch immer gespannten Feder vollständig in die Randnabe hinein gezogen und die Verbindung wird erneut freigegeben.

Die sich zersetzende Formstoffversiegelung verhindert ein Fügen der einzelnen Holme, jedoch wurden diese dem Projektpartner AGI für ein separates Beflechten übergeben.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Im Teilvorhaben KoPRa-DLR werden armierte, wasserlösliche Formkerne für die Fertigung von komplex geformten CFK-Hohlprofilen mit geschlossenem Querschnitt konzipiert und entwickelt. Um die Anwendung der Prepregtechnologie zu ermöglichen, müssen die betrachteten Formkerne stabil und belastbar sein. Für die Realisierung komplexer Hohlstrukturen mit Verzweigungen und Hinterschnitten wurden Strategien mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen entwickelt und erprobt.

Die Integration von lasttragenden Festkörpern mit einer formgebenden Ummantelung und einem Spülkanalsystem zu einem Hybridkernkonzept wurde erfolgreich nachgewiesen. Das Funktionsprinzip des entwickelten Welle-Nabe-Konzepts beruht auf dem Einstellen einer Presspassung in einer Welle-nabe-Verbindung infolge des unterschiedlichen Wärmeausdehnungsverhaltens verschiedener metallischer Werkstoffe: Eine ausdehnungsniedriglegierte Welle dient als Element zur Kraft- und Momentenübertragung zwischen zwei auf sie thermisch aufgeschrumpften Aluminiumnaben.

Die Analyse des Fertigungsaufwandes in Abhängigkeit vom Anforderungsprofil ermöglicht eine zielgerichtete Umsetzung unter Einbeziehung des zu erwartenden Produktionsaufwandes.

Weiterer Handlungsbedarf besteht vor allem im Hinblick auf die Entwicklung einer prozesskompatiblen Versiegelung der formgebenden Flechtkerne. Die höchst prozessensitive Versiegelung der Formmasse ist derzeit noch ein Unsicherheitsfaktor. Weiterhin sind neue Werkstoffansätze zu entwickeln und zu untersuchen, welche den hohen und sehr unterschiedlichen Anforderungen an die temporäre Formmasse genügen können. Zusätzlich ist eine komplette Serien-Produktionsline mit Kernmassenaufbereitung und einer Sequenz aus automatisierten oder teilautomatisierten Prozessschritten derzeit noch nicht definierbar.

Eine ökologische Bewertung der entwickelten Kerntechnologie zeigt, dass die eingesetzten Materialien unbedenklich sind und zudem die REACH Anforderungen erfüllen. Das Auflösen der Formmasse mit Wasser ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn eine geeignete Aufbereitung einen geschlossenen Kreislauf erlaubt. Die Eignung der Versiegelung kann noch nicht abschließend bewertet werden, da thermische Zersetzungsprodukte möglicherweise gesundheitlich bedenklich sind.

Eine wirtschaftliche Bewertung der entwickelten Kerntechnologie ergibt, dass der Aufwand für die Herstellung der einzelnen Stützstrukturelemente sowie deren Montage mit kleineren, zu darzustellenden Querschnitten, engeren Radien, steigenden Lasten und der Anzahl an funktionellen Kopplungen deutlich zunimmt. Besonders hervorzuheben ist hier die einschränkende Wirkung von Verzweigungen.

Der im Teilvorhaben KoPRa-DLR demonstrierte Lösungsansatz basiert auf hohem NRC und ist aus diesem Grund erst bei einer hoch automatisierten Umsetzung und kurzen Taktzeiten erfolgreich einsetzbar. Zusätzlich ist die derzeit noch nicht abschätzbare Ausfallsicherheit des Konzeptes für eine Serienproduktion mit größeren Stückzahlen ein maßgebliches Kriterium.

Verwertungsperspektive und erwartete Ergebnisse:

- Auflösbares Kernkonzept zur Herstellung komplexer Hohlkammerstrukturen
- Prozesssichere Herstellung der Kerne inklusive der erforderlichen funktionalen Oberflächen an Prototypen validiert

- Umsetzung der erforderlichen, geometrischen Komplexität an Prototypen validiert und bewertet

Zusätzlich ist die Möglichkeit der Funktionsintegration in das im Teilvorhaben KoPRa-DLR entwickelte Konzept wie folgt denkbar:

Das Prinzip des „Inner Mould Line“ Formwerkzeuges lässt sich zur exakten Positionierung von möglichen Inserts oder Dopplern nutzen, sofern sich diese im Bereich der ca. 5 mm dicken, auflösenden Formmasse befinden, siehe

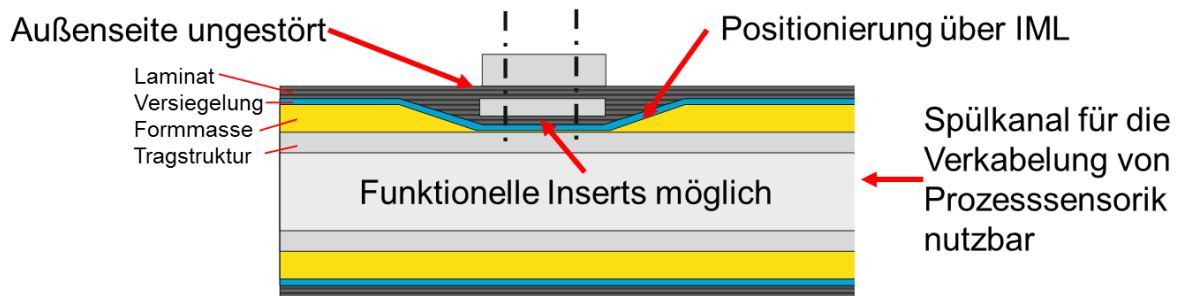


Abbildung 55: Konzept zur Funktionsintegration (DLR)

Änderungen im Verlauf der äußeren Körperkanten lassen sich leicht durch die Anpassung des Kernschusswerkzeuges darstellen.

9 Veröffentlichungen, Vorträge

Die Zwischenergebnisse wurden in Form eines Artikels zusammengefasst und der Zeitschrift „*Konstruktion*“ (Springer-Verlag) in November 2014 zur Begutachtung und anschließender Veröffentlichung vorgelegt. Die Publikation behandelt ausschließlich die Auslegung und die Funktion des Verbindungssystems. Es beinhaltet keinerlei Abbildungen oder Daten der Projektpartner Airbus Helicopters Deutschland, Airbus Group Innovation oder ASK Chemicals oder sonstige vertrauliche Informationen.

Zusätzlich wurde das Funktionsprinzip des Armierungs- und Verbindungssystems patentiert: M. Danilov, AZ:10 2014 114 734.0, Deutsches Patent- und Markenamt

10 Zusammenstellung der verwendeten Fachliteratur

- [1] W. Hufenbach, R. Böhm, W. Blazejewski, L. Kroll, A. Czulak: „Manufacture, Design, and Testing of Piping Elements from Braided Composites“ – Chemical Engineering & Technology, Volume 28, Issue 7, pages 808–813, July, 2005
- [2] M. Milwich, H. Planck, T. Speck & O. Speck: „Der technische Pflanzenhalm: ein bionisches Schmaltextil.“ - Melliand Textilberichte – Band- und Flechtindustrie, 44/2: Seiten 34 – 38, July 2007
- [3] B. Wulfhorst, T. Gries, D. Veit: „Textile Technology“, Carl Hanser Verlag, 2006
- [4] K.-H. Grote, J. Feldhusen (Hrsg.): „Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau“; 21. Auflage; Springer-Verlag; 2005
- [5] H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch, J. Voßiek: „Roloff/Matek Maschinenelemente – Normung, Berechnung, Gestaltung“, 21. Auflage, Springer-Vieweg, 2013

11 Liste der erstellten Dokumentation

Keine.

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kegelstumpf-Stützstruktur (DLR)	4
Abbildung 2: generisches Bauteil (AHD).....	5
Abbildung 3: Prinzipskizze einer segmentierten Stützstruktur (DLR)	6
Abbildung 4: Freiheitsgrade einer Verbindungsstelle: translatorisch, rotatorisch, Knick (v. l. n. r.) (DLR)	7
Abbildung 5: Kegelstümpfe, mögliche Ausführungen (DLR)	7
Abbildung 6: Biegebelastung eines Formkerns mit Kegelstumpf-Stützstruktur (DLR)	8
Abbildung 7: durch plastisch verformtes Kegelstumpf-Segment im Bereich der Einspannung ausgebrochener Formstoff (DLR)	8
Abbildung 8: Hirth-Konzept (DLR)	10
Abbildung 9: Klebe-Konzept (DLR)	11
Abbildung 10: Wärmeausdehnungskonzept (DLR)	11
Abbildung 11: Seilkonzept (DLR)	12
Abbildung 12: segmentierte Stützstruktur, vorläufiges Seilkonzept (DLR)	12
Abbildung 13: Validierungsstruktur (AHD).....	12
Abbildung 14: Ausführung der lateralen Verbindung (DLR).....	14
Abbildung 15: geklebte Verbindung der Stützstruktursegmente, axiale und laterale Ausführung (DLR)	18
Abbildung 16: untersuchte Klebstoffe und metallische Coupon-Proben (DLR).....	18
Abbildung 17: magnetische Verbindung, laterale Ausführung (DLR)	19
Abbildung 18: Elektro-Haltemagnete Typ GTo, Baureihe 25.50, 32.50, 50.50 (v. l. n. r.) (DLR)	19
Abbildung 19: Kraft-Weg-Diagramm eines Elektromagneten (qualitative Darstellung) (DLR)	20
Abbildung 20: Momentengleichgewicht um Punkt A bei geforderter Biegebelastung der lateralen Verbindung (DLR)	20
Abbildung 21: gestiftete Verbindung der Stützstruktursegmente, laterale Verbindung (DLR).....	21
Abbildung 22: auf Seilkonzept basierende Verbindung der Stützstruktursegmente (DLR)	22
Abbildung 23: um Abstandshalter erweitertes Seilkonzept (DLR)	22
Abbildung 24: Stützstruktur generisches Bauteil (DLR)	22
Abbildung 25: auf Seilkonzept basierende laterale Verbindung der Stützstruktursegmente (DLR)	23
Abbildung 26: auf Seilkonzept basierende Stützstruktur, Stirnseite mit Terminals (DLR).....	23
Abbildung 27: Auftreten von Fehlstellen während des Kernschießprozesses (DLR)	24
Abbildung 28: Versuchsaufbau für Kennwertermittlung des Seilkonzepts (DLR).....	24
Abbildung 29: Querkraftverlauf Biegebelastung Seilkonzept (DLR)	24
Abbildung 30: Welle-Nabe-Konzept (Kraftschluss) (DLR).....	26
Abbildung 31: Stützstruktur des generischen Bauteils, basierend auf dem Welle-Nabe-Prinzip (DLR) 27	
Abbildung 32: Stützstruktur des Validierungsbauteils, basierend auf dem Welle-Nabe-Prinzip (DLR) 27	
Abbildung 33: Armierungskonzept: <i>Aktivierter</i> Zustand - einzelne Segmente steif miteinander verbunden (links); <i>deaktivierter</i> Zustand - einzelne Segmente nicht miteinander verbunden (rechts) (DLR)	29
Abbildung 34: Verbindungssystem (DLR)	30

Abbildung 35: Verbindungssystem: <i>Aktiviert</i> - Segmente miteinander verbunden - Presspassung (links); <i>deaktiviert</i> - Segmente nicht miteinander verbunden - Spielpassung (rechts) (DLR)	31
Abbildung 36: Einfluss der Lösetemperatur auf den idealen Festigkeitsbereich der Welle-Nabe-Verbindung (DLR)	32
Abbildung 37: Armierung des Hybridkerns für das generische Bauteil (DLR).....	34
Abbildung 38: Knotenelement, isometrisch dargestellt und in Entformungsrichtung projiziert (DLR)	34
Abbildung 39: Nomenklatur Montage zweier Kerne (DLR).....	35
Abbildung 40: Konvektive Temperierung der Nabe vor der Montage (DLR)	36
Abbildung 41: Validierungsbauteil-Stützstruktur und Knotenelement (DLR).....	36
Abbildung 42: Armierungen der Validierungsbauteil-Hybridkerne (DLR).....	37
Abbildung 43: vereinfachten mechanischen Tests der Armierung (DLR)	37
Abbildung 44: Rekonfiguriertes Verbindungssystem eingebettet in Aquacore (DLR)	38
Abbildung 45: Ausbrüche aus Formkernoberfläche infolge ungenügender Trocknung (DLR)	39
Abbildung 46: überarbeitetes Werkzeug Formkerne generisches Bauteil (DLR).....	40
Abbildung 47: Hybridkerne für das generische Bauteil (DLR)	40
Abbildung 48: versiegelte Hybridkerne für das generische Bauteil; eingebettete Randnabe (rechts) (DLR)	40
Abbildung 49: Generisches Bauteil nach Polymerisation und autonom entriegelte Stützstruktur (AGI)	41
Abbildung 50: Hybridkern für das Validierungsbauteil (DLR).....	42
Abbildung 51: von PYCO versiegelte Formkerne - verunreinigte und unregelmäßig ausgebildete Oberflächen (DLR)	42
Abbildung 52: von PYCO versiegelte Formkerne - nicht vollständig ausgehärtete Versiegelung (DLR)	43
Abbildung 53: von PYCO versiegelte Formkerne - Zersetzung infolge Wärmeeintrag, T = 180 °C (DLR)	43
Abbildung 54: Verbindungssystem im aktivierten Zustand (DLR).....	44
Abbildung 55: Konzept zur Funktionsintegration (DLR)	46

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen an die Armierung (Auszug).....	3
Tabelle 2: unterschiedlich gewichtete Wunschforderungen (DLR).....	9
Tabelle 3: gleich gewichtete Festforderungen (DLR)	9
Tabelle 4: mechanische Anforderung (DLR).....	15
Tabelle 5: weitere Anforderungen (DLR).....	16
Tabelle 6: Konzeptbewertung hinsichtlich mechanischer Eigenschaften (Flechtlasten) (DLR)	17
Tabelle 7: Anforderungen an die Armierung (Auszug).....	28
Tabelle 8: Konstanten und Materialkennwerte (DLR).....	33
Tabelle 9: Merkmale der Wellen-Nabe-Verbindungen (DLR)	38

14 Anhang

1: Technisches Datenblatt „Aquacore“	i
2: Technisches Datenblatt „Aquaseal“	ii
3: Technische Daten und Ausführungen „Kuhse Haftmagnete der Type GTo“	iii
4: Technisches Datenblatt „3M Scotch-Weld™ Spray 76“	vi
5: Technisches Datenblatt „3M Scotch-Weld™ Spray 80“	x
6: Technisches Datenblatt „Pattex Powerspray permanent“	xiv
7: Technisches Datenblatt „Pattex CONTACT Kraftkleber Gel Compact“	xvi
8: Technisches Datenblatt „UHU extra Alleskleber“	xviii
9: Technisches Datenblatt „UHU KRAFT Alleskleber“	xx

1: Technisches Datenblatt „Aquacore“



Aero Consultants AG

Aquacore

Aquacore ist ein hochtemperatur beständiges wasserlösliches Kernmaterial. Aquacore wird als feuchtes Pulver geliefert und ist bereit zur Anwendung. Um dem Aquacore die definitive Geometrie zu geben, kann es in einer Form verpresst oder maschinell bearbeitet werden. Auch eine Bearbeitung von Hand ist sehr gut möglich. Das Material ist bis 193°C Temperatur beständig. Aquacore wird im Ofen bei Temperaturen von 125°C getrocknet.

Aquacore ist mit den meisten Epoxid- und Cyanat-Harzen kompatibel. Aquacore lässt sich in kaltem Leitungswasser problemlos auflösen und aus dem Bauteil auswaschen. Durch das einfache Auswaschen wird das Risiko einer Beschädigung von feinen Details verringert.

Vorteile

- Ungiftig und geruchsarm
- Einfache Herstellung von komplexen Bauteilen
- Verpressbar
- Einfache Aushärtung in einem Umluftofen
- Umweltfreundlich, keine spezielle Entsorgung erforderlich
- Hohe Festigkeit bei geringer Dichte
- Arbeitszeiteinsparung
- Mit kaltem Leitungswasser auswaschbar
- Kostengünstig
- Kompatibel mit allen gängigen Harzen und Prepregs

Wir empfehlen den Einsatz von Aquaseal zur Versiegelung des Kernes und zur Verhinderung einer Harzeindringung in den Kern.

Aquacore ist in Behältern von 5 Gallonen (18.9 Liter) oder 55 Gallonen (208 Liter) lieferbar.

Des Weiteren kann Aquacore auch in vorgeformten, bearbeitbaren, getrockneten Blöcken in praktisch jeder Größe geliefert werden. Auch fertig versiegelte Kerne sind lieferbar.

Fragen Sie Aero Consultants AG für weitere Unterstützung bei Ihrer spezifischen Anwendung oder für die komplette Fertigung Ihres gewünschten Kernes.

Alle Angaben, ob mündlich oder schriftlich, in Bezug auf die Anwendung unserer Produkte sind ohne Gewähr. Tipps und Anweisungen werden nach dem neusten Stand des Wissens weitergegeben. Der Anwender ist nicht von der Notwendigkeit entbunden, eigene Versuche für die vorgesehene Anwendung unter praxisnahen Bedingungen durchzuführen. Der Kunde ist für die Anwendung verantwortlich, da wir die genaue Verwendung auch in Bezug auf die Produktionsprozesse nicht kontrollieren können. Der Kunde muss sicherstellen, dass die Anwendung unserer Produkte die Rechte Dritter nicht verletzt.

Aero Consultants AG
P.O. Box 35
CH-8606 Nänikon/Uster
Switzerland
Email: info@aero-consultants.ch
Internet: www.aero-consultants.ch

Tel +41 (0) 44 905 28 00

Fax +41 (0) 44 941 31 37

Info@aero-consultants.ch

www.aero-consultants.ch

Aero Consultants (UK) Ltd.

13/14 Clifton Road

GB-Huntingdon, Cambs PE29 7EJ

United Kingdom

Email:

Internet:

Tel +44 (0) 1480 432 111

Fax +44 (0) 1480 412 910

info@aero-consultants.co.uk

www.aero-consultants.ch

2: Technisches Datenblatt „Aquaseal“



Aero Consultants AG

Aquaseal

Aquaseal ist speziell dafür hergestellt worden, um die wasserlöslichen Kernmaterialien Aquapour und Aquacore zu versiegeln. Aquaseal verleiht dem Kern eine glatte und geschlossene Oberfläche. Damit wird verhindert, dass während des Laminierens oder während des RTM-Verfahrens Harz in das Kernmaterial eindringt.

Aquaseal ist mit den Aushärtungstemperaturen von herkömmlichen Harzsystemen und Prepregsystemen kompatibel. Aquaseal ist bis zu Temperaturen von 193°C einsetzbar. Aquaseal ist wie das Kernmaterial wasserlöslich und lässt sich innert wenigen Minuten mit Leitungswasser auswaschen.

Aquaseal kann mittels einer Farbdruckluftpistole oder mit einem Pinsel aufgetragen werden. Um das Eindringen von Harz in den Kern zu verhindern, sollten mehrere Lagen (4 - 6) des Versieglers aufgetragen werden.

Aquaseal wurde mit einer umweltfreundlichen blauen Farbe versehen. Damit ist besser erkennbar, welche Teile des Kernes bereits versiegelt sind.

Aquaseal ist umweltfreundlich. Es sind keine speziellen Einrichtungen zur Entsorgung erforderlich.

Aquaseal ist als 1 Quart, 1 Gallone und als 5 Gallonen Behälter erhältlich.

Fragen Sie Aero Consultants AG für weitere Unterstützung bei Ihrer spezifischen Anwendung oder für die komplette Fertigung Ihres gewünschten Kernes.

Alle Angaben, ob mündlich oder schriftlich, in Bezug auf die Anwendung unserer Produkte sind ohne Gewähr. Tipps und Anweisungen werden nach dem neusten Stand des Wissens weitergegeben. Der Anwender ist nicht von der Notwendigkeit entbunden, eigene Versuche für die vorgesehene Anwendung unter praxisnahen Bedingungen durchzuführen. Der Kunde ist für die Anwendung verantwortlich, da wir die genaue Verwendung auch in Bezug auf die Produktionsprozesse nicht kontrollieren können. Der Kunde muss sicherstellen, dass die Anwendung unserer Produkte die Rechte Dritter nicht verletzt.

Aero Consultants AG
P.O. Box 35
CH-8606 Nänikon/Uster
Switzerland
Email: info@aero-consultants.ch
Internet: www.aero-consultants.ch
Tel +41 (0) 44 905 28 00
Fax +41 (0) 44 941 31 37

Aero Consultants (UK) Ltd.
13/14 Clifton Road
GB-Huntingdon, Cambs PE29 7EJ
United Kingdom
Email: info@aero-consultants.co.uk
Internet: www.aero-consultants.ch
Tel +44 (0) 1480 432 111
Fax +44 (0) 1480 412 910

3: Technische Daten und Ausführungen „Kuhse Haftmagnete der Type GTo“



Haft- und Haltemagnete		Typenreihe GTo Type Group GTo
Holding magnets, catches		



GTo

Bauart

Magnete der Reihe GTo enthalten keine Verschleißteile. Die Magnetspulen sind vollständig vergossen. Die Magnete können mit Durchmessern von 18 mm bis 250 mm und mit Bauhöhen von 11 bis 80 mm gefertigt werden.

Design

The electromagnetic units of GTo type do not incorporate any moving parts. The magnetic coils are completely sealed. The devices may be manufactured with diameters between 18 and 250 mm, and with heights from 11 mm to 80 mm.

Technische Daten Technical Data

Typenreihe GTo Type Group GTo

Besonderheiten

Die Haftkräfte in den technischen Daten der Typenreihe GTo beziehen sich auf saubere und plangeschiffene Gegenstücke mit der jeweils angegebenen Mindestdicke. Bei Abweichungen von diesen Normvorgaben verringern sich die Haftkräfte entsprechend.

Die Remanenzkraft, die sich besonders bei leichten Teilen störend auswirken könnte, kann durch Aufkleben einer unmagnetischen Folie auf die Haftfläche vermindert werden. Die Follendicke muss dem Luftspalt hinzugerechnet werden.

Special Circumstances

The forces, stated in the technical data of GTo types, are related to clean and face-grinded surfaces of counter parts, having the minimum thickness as listed there. Deviations from these normal values cause a decrease of magnetic forces.

The remaining remanence force, which could be disadvantageous when handling small, light parts, can be lowered by sticking up a non-magnetic foil to the flat magnetic surface. The thickness of foil has to be added to air gap value.

Type:	GTo ...		18	25	32	35	40	50	63	65	70	80	95	100	110	145	150
Leistung / Power [W]			1,4	3,2	3,6	3,5	5,2	6	9	9	7,1	10	15	20,5	21	25	37
Haftkraft bei Luftspalt /	0,0	mm	41	126	207	230	428	675	900	1450	1695	2600	3150	3060	5300	8500	8370
	0,1	mm	2,5	50	76	70	246	320	587	900	1045	1750	2500	2550	4600	7900	7920
Holding Force at Air Gap [N]:	0,2	mm	--	20	32	20	121	110	385	450	520	950	1550	2100	3600	7000	7300
	0,5	mm	--	5	7	9	23	60	100	170	110	350	680	1260	1650	3500	5650
Dicke des Gegenstücks / Thickness of counterpart [mm]:			2	3,0	3,6	4	4,5	6	7	8	8,75	10	12	10,5	14	18	17
Gewicht / Weight [kg]			0,017	0,06	0,11	0,13	0,2	0,37	0,55	0,76	1,25	1,3	2,05	2,1	3,0	6,0	6,4
ED / Relative On-time [%]			100 ¹⁾														
Schutzart / Degree of Protection			Geräte: IP 65 / Device: IP 65														
Einbaulage / Mounting Position			Beliebig / Any														
Nennspannung / Rated Voltage			Vorzugsweise: 24 V DC ²⁾ / Preferably: 24 V DC ²⁾														
Isolierstoffklasse / Insulation Class			E (andere auf Anfrage) / E (others on request)														

¹⁾ Spulen mit anderer Einschaltdauer als 100 % ED ergeben Kräfteabweichungen.

²⁾ Wicklungen für andere Gleichspannungen (oder für 230 V AC, mit im Anschlussstecker eingebauten Gleichrichtersätzen) sind gegen Mehrpreis ausführbar. Bei anderen Spannungen können abweichende Magnetkräfte auftreten.

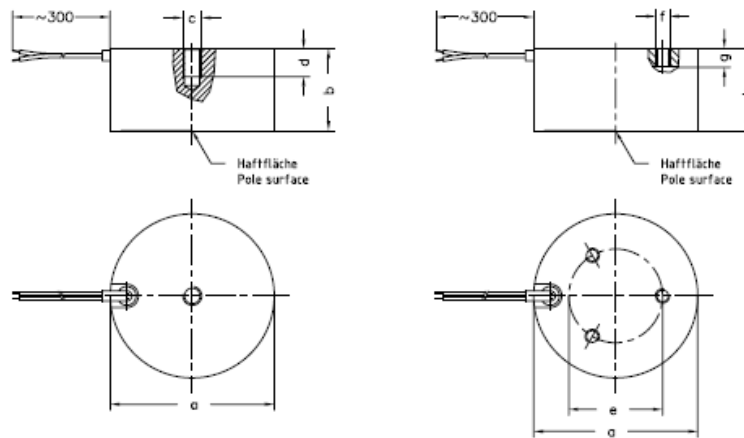
¹⁾ Other coils not executed for 100 % relative on-time will cause deviations of forces.

²⁾ Coils for other DC voltages (or for 230 V AC, with built-in rectifiers in connector casings) are possible against extra price. In case of other voltages, deviations in solenoid forces may occur.

Abmessungen (mm)
Dimensions (mm)

Typenreihe GTo
Type Group GTo

Folgende Bohrbilder können berücksichtigt werden:
Drilling patterns can be provided as follows:



Abmessungen / Dimensions [mm]								Anschlussvarianten / Connection proposals		
Type	a	b	c	d	e	f	g	Lose Litze	Mehrpole Klemme	Gerätesteck- vorrichtung
GTo 18	18	12	M 3	5	--	--	--	X	--	--
GTo 25	25	20	M 4	6	--	--	--	X	--	--
GTo 32	32	22	M 4	6	--	--	--	X	--	--
GTo 35	35	20	M 4	10	20	M3	4	X	X	--
GTo 40	40	25,5	M 5	8				X	X	--
GTo 50	50	27	M 5	8	34	M4	6	X	X	--
GTo 63	63	30	M 8	12				X	X	X
GTo 65	65	35	M 8	10	40	M5	7	X	X	X
GTo 70	70	35	M 8	12				X	X	X
GTo 80	80	38	M 8	12	50	M6	10	X	X	X
GTo 95	95	42			65	M6	12	X	X	X
GTo 100	100	43	M 10	15				X	X	X
GTo 110	110	45			75	M8	14	X	X	X
GTo 145	147	50			110	M8	18	X	X	X
GTo 150	150	56	M 16	24	110	M8	16,5	X	X	X

Zubehörtelle, wie z.B. Gegenschelben, sind gegen Mehrpreis lieferbar. Zu Sonderausführungen erbiten wir Ihre Anfrage.

Accessories, as for example counter plates, are available against extra prices. For any kind of special requirements, please contact us.

3M Scotch-Weld™ Spray 76

Aerosol-Klebstoff auf Basis Synthetischer Elastomere

Produktinformation

März 2006

Beschreibung

Scotch-Weld Spray 76 ist ein Aerosol-Klebstoff auf Basis Synthetischer Elastomere zum dauerhaften Kleben. Der sprühbare Lösemittelklebstoff verfügt über lange Abluftzeit und Klebspanne. Das Produkt ist somit besonders geeignet für großflächige Klebungen und erzielt zudem in kurzer Zeit hohe Festigkeiten.

Die verstellbare Sprühbreite von 20 bis 70 mm erlaubt einen streifenförmigen und gezielten Klebstoffauftrag ohne Sprühnebel für präzises und sauberes Arbeiten.

Scotch-Weld Spray 76 ist geeignet zum Kleben von Metallen, Holz, Pappe, Textilien, Filz, Gummi sowie Schaum- und diversen Kunststoffen (darunter PE und PP).

Physikalische Daten

Basis	Synthetische Elastomere
Lösemittel	Cyclohexan Pentan Aliphatische Erdöldestillate Dimethylether
Festkörper *	11 %
Konsistenz	flüssig
Farbe	Beige

* Durchschnittswerte

Verarbeitungsmerkmale

Methode	Sprühen
Ergiebigkeit *	ca. 3,7 m ²
Abluftzeit	bis zu 10 Minuten
Klebspanne *	bis zu 60 Minuten

* Werkstoffabhängig

Produktmerkmale

Temperatureinsatzbereich	- 30°C bis + 80°C
Wasserbeständigkeit	gut
Witterungsbeständigkeit	gut
Öl- und Treibstoffbeständigkeit	schlecht

Scotch-Weld™ Spray 76

Aerosol-Klebstoff auf Basis Synthetischer Elastomere

Seite 2

Festigkeitswerte

180° Schälfestigkeit

Leinen zu:	Ergebnis
ABS	39 bis 47 N/cm
Aluminium	47 bis 51 N/cm
Butylkautschuk	10 bis 14 N/cm
EPDM	14 bis 17 N/cm
Hart-PVC	51 bis 59 N/cm
Naturkautschuk	10 bis 13 N/cm
Nitrilkautschuk	7 bis 9 N/cm
PMMA	35 bis 43 N/cm
Polyamid	26 N/cm
Polycarbonat	43 bis 51 N/cm
Polyethylen	20 bis 24 N/cm
Polypropylen	47 bis 55 N/cm
SBR	7 bis 9 N/cm
Stahl	47 N/cm

Prüfkörperkonfiguration

Klebstoffauftrag	Beidseitig
Ablüftzeit:	5 Min.
Trocknung:	1 Tag bei 23°C 3 Tage bei 50°C
Prüfgeschwindigkeit:	50 mm / Min.

Oberflächenvorbehandlung

Die Oberflächen müssen trocken und frei von Staub, Öl, Trennmitteln und anderen Verunreinigungen sein. Die Reinigung der Oberflächen erfolgt mit werkstoffverträglichen Lösemitteln.

Klebstoffauftrag

Sprühkopf des Scotch-Weld Spray 76 so drehen, dass der Pfeil auf den Punkt am oberen Dosenrand zeigt und anschließend auf die gewünschte Sprühbreite von 2 bis 9 cm einstellen:

L = schmal
M = mittel
H = breit

Aerosoldose vor Gebrauch gut schütteln und den Lösemittelklebstoff gleichmäßig aus etwa 12 bis 18 cm Entfernung auf eine Fläche oder beide zu klebenden Werkstoffe sprühen. Stark absorbierende Werkstoffe erfordern oft mehr als einen Auftrag.

Die günstigste Verarbeitungstemperatur für den Klebstoff und die Werkstoffe liegt zwischen 15°C und 25°C. Die Klebung erreicht dann nach 1 bis 2 Tagen ihre Endfestigkeit.

Scotch-Weld™ Spray 76

Aerosol-Klebstoff auf Basis Synthetischer Elastomere

Seite 3

Ablüfzeit / Klebspanne

Nach der vorgeschriebenen Ablüfzeit, die abhängig von Temperatur, Luftfeuchte und Luftzirkulation sowie der Porosität der Oberflächen ist, werden die Teile innerhalb der Klebspanne zusammengefügt und miteinander verpresst.

Reinigung

Um das Sprühventil sauber zu halten, die Dose nach Arbeitsende umdrehen und sprühen, bis nur noch Gas entweicht.

Klebstoffrückstände mit 3M Scotch-Weld Industriereiniger oder mit organischen Lösemitteln (Aceton, MEK) entfernen; auch die Sprühdose kann hiemit gereinigt werden.

Bei Verwendung der vorgenannten Lösemittel sind die notwendigen Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Lagerung und Handhabung

Die beste Lagerfähigkeit hat der Klebstoff bei Temperaturen zwischen 15°C und 25°C. Höhere Temperaturen verkürzen die normale Lagerfähigkeit. Niedrigere Temperaturen verursachen vorübergehend eine höhere Viskosität.

Umfasst das Lager Gebinde aus mehreren Lieferungen, so sollten diese in der Reihenfolge ihres Eingangs verarbeitet werden.

Anforderung an Lagerräume und Behälter

Scotch-Weld Spray 76 bei Temperaturen unter 50°C lagern und die Anforderungen gemäß TRG 300 (Technische Regel Druckgase) beachten.

Sicherheitshinweise

Gefahrenklasse nach VbF	-
Flammpunkt	- 41°C
Lagerfähigkeit *	15 Monate bei 20 ± 5°C

* ab Versanddatum Werk / Lager

Gefahrenhinweise / Sicherheitsratschläge

Weitere Informationen zum sicheren Umgang mit diesem Produkt finden Sie im Sicherheitsdatenblatt.

Erhältlich über unsere Sicherheitsdatenblatt-Hotline:

Telefon 0 21 31 / 14 20 41

Oder im Internet unter:

www.3m.com/search/de/de001/msdssearchform.do



Scotch-Weld™ Spray 76

Aerosol-Klebstoff auf Basis Synthetischer Elastomere

Seite 4

Notizen

Wichtiger Hinweis

Alle Werte wurden unter Laborbedingungen ermittelt und sind nicht in Spezifikationen zu übernehmen. Achten Sie bitte selbst vor Verwendung unseres Produkts darauf, ob es sich für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignet. Alle Fragen der Gewährleistung und Haftung für dieses Produkt regeln sich nach den jeweiligen kaufvertraglichen Regelungen, sofern nicht gesetzliche Vorschriften etwas anderes vorsehen.

3M und Scotch-Weld sind Marken der 3M Company.



3M Deutschland GmbH
Industrie-Klebebänder, Klebstoffe und Kennzeichnungssysteme
Carl-Schurz-Str. 1
41453 Neuss

Telefon: 0 21 31 / 14 33 30
Telefax: 0 21 31 / 14 32 00

Internet: www.3M-klebetchnik.de
E-Mail: kleben.de@mmm.com



Scotch-Weld™ Spray 80

Aerosol-Klebstoff auf Polychloroprenbasis

Produktinformation

März 2006

Beschreibung

Scotch-Weld Spray 80 ist ein Aerosol-Klebstoff auf Polychloroprenbasis zum dauerhaften Kleben. Der sprühbare Lösemittelklebstoff mit kurzer Abluftzeit und langer Klebspanne erzielt hohe Festigkeiten.

Ein feiner und gleichmäßig verteilter Klebstoffauftrag erlaubt präzises und sauberes Arbeiten.

Scotch-Weld Spray 80 ist geeignet zum Kleben von Holz, Metall, Gummi, Kork, Textilien und Leder sowie Schaum- und Kunststoffen wie Hart- und Weich-PVC.

Physikalische Daten

Basis	Polychloropren
Lösemittel	Cyclohexan Pentan Aceton Toluol Dimethylether
Festkörper *	13 %
Konsistenz	flüssig
Farbe	Gelb

* Durchschnittswerte

Verarbeitungsmerkmale

Methode	Sprühen
Ergiebigkeit *	ca. 4 m ²
Abluftzeit **	ab 1 Minute und bis zu 3 Minuten
Klebspanne *	bis zu 15 Minuten

* Werkstoffabhängig

** Abluftzeit ist abhängig von Feuchtigkeit und Umgebungstemperatur

Produktmerkmale

Temperatureinsatzbereich	- 30°C bis + 95°C
Wasserbeständigkeit	sehr gut
Witterungsbeständigkeit	gut
Öl- und Weichmacherbeständigkeit	gut

Scotch-Weld™ Spray 80

Aerosol-Klebstoff auf Polychloroprenbasis

Seite 2

Festigkeitswerte

180° Schälfestigkeit

Festigkeitsentwicklung Leinen / Stahl, lackiert	Ergebnis
1 Stunde	5,3 N/cm
2 Stunden	7,7 N/cm
4 Stunden	9,1 N/cm
1 Tag	34,9 N/cm
3 Tage	42,4 N/cm
7 Tage	43,0 N/cm

Alterungs- und Wärmebeständigkeit Leinen / Stahl, lackiert	Ergebnis
7 Tage bei 24°C	43,0 N/cm
7 Tage bei 49°C	37,7 N/cm
7 Tage bei 71°C	22,8 N/cm
7 Tage bei 82°C	18,4 N/cm
7 Tage bei 93°C	13,0 N/cm

Alterungs- und Weichmacherbeständigkeit PVC Folie * / Stahl, lackiert	Ergebnis
7 Tage bei 24°C	10,4 N/cm
7 Tage bei 71°C	6,0 N/cm

* Gewebeverstärkt

Prüfkörperkonfiguration

Klebstoffauftrag: Beidseitig
Abluftzeit: 15 Min.
Trocknung: nach entsprechender Lagerung bei 23°C
Prüfgeschwindigkeit: 50 mm / Min.

Oberflächenvorbehandlung

Die Oberflächen müssen trocken und frei von Staub, Öl, Trennmitteln und anderen Verunreinigungen sein. Die Reinigung der Oberflächen erfolgt mit werkstoffverträglichen Lösemitteln.

Klebstoffauftrag

Sprühkopf des Scotch-Weld Spray 80 so drehen, dass der Pfeil auf den Punkt am oberen Dosenrand zeigt und anschließend auf die gewünschte Sprühbreite einstellen.

Aerosoldose vor Gebrauch gut schütteln und den Lösemittelklebstoff gleichmäßig aus etwa 20 cm Entfernung auf eine Fläche oder beide zu klebenden Werkstoffe sprühen. Stark absorbierende Werkstoffe erfordern oft mehr als einen Auftrag.

Die günstigste Verarbeitungstemperatur für den Klebstoff und die Werkstoffe liegt zwischen 15°C und 25°C. Die Klebung erreicht dann nach 1 bis 2 Tagen ihre Endfestigkeit.

Scotch-Weld™ Spray 80

Aerosol-Klebstoff auf Polychloroprenbasis

Seite 3

Ablüftzeit / Klebspanne

Nach der vorgeschriebenen Ablüftzeit, die abhängig von Temperatur, Luftfeuchte und Luftzirkulation sowie der Porosität der Oberflächen ist, werden die Teile innerhalb der Klebspanne zusammengefügt und miteinander verpresst.

Reinigung

Um das Sprühventil sauber zu halten, die Dose nach Arbeitsende umdrehen und sprühen, bis nur noch Gas entweicht.

Klebstoffrückstände mit 3M Scotch-Weld Industriereiniger oder mit organischen Lösemitteln (Aceton, MEK) entfernen; auch die Sprühdose kann hiemit gereinigt werden.

Bei Verwendung der vorgenannten Lösemittel sind die notwendigen Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Lagerung und Handhabung

Die beste Lagerfähigkeit hat der Klebstoff bei Temperaturen zwischen 15°C und 25°C. Höhere Temperaturen verkürzen die normale Lagerfähigkeit. Niedrigere Temperaturen verursachen vorübergehend eine höhere Viskosität.

Umfasst das Lager Gebinde aus mehreren Lieferungen, so sollten diese in der Reihenfolge ihres Eingangs verarbeitet werden.

Anforderung an Lagerräume und Behälter

Scotch-Weld Spray 80 bei Temperaturen unter 50°C lagern und die Anforderungen gemäß TRG 300 (Technische Regel Druckgase) beachten.

Sicherheitshinweise

Gefahrenklasse nach VbF	-
Flammpunkt	- 42°C
Lagerfähigkeit *	15 Monate bei 20 ± 5°C

* ab Versanddatum Werk / Lager

Gefahrenhinweise / Sicherheitsratschläge

Weitere Informationen zum sicheren Umgang mit diesem Produkt finden Sie im Sicherheitsdatenblatt.

Erhältlich über unsere Sicherheitsdatenblatt-Hotline:

Telefon 0 21 31 / 14 20 41

Oder im Internet unter:

www.3m.com/search/de/de001/msdssearchform.do



Scotch-Weld™ Spray 80

Aerosol-Klebstoff auf Polychloroprenbasis

Seite 4

Notizen

Wichtiger Hinweis

Alle Werte wurden unter Laborbedingungen ermittelt und sind nicht in Spezifikationen zu übernehmen. Achten Sie bitte selbst vor Verwendung unseres Produkts darauf, ob es sich für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignet. Alle Fragen der Gewährleistung und Haftung für dieses Produkt regeln sich nach den jeweiligen kaufvertraglichen Regelungen, sofern nicht gesetzliche Vorschriften etwas anderes vorsehen.

3M und Scotch-Weld sind Marken der 3M Company.

3M

3M Deutschland GmbH
Industrie-Klebebänder, Klebstoffe und Kennzeichnungssysteme
Carl-Schurz-Str. 1
41453 Neuss

Telefon: 0 21 31 / 14 33 30
Telefax: 0 21 31 / 14 32 00

Internet: www.3M-klebetchnik.de
E-Mail: kleben.de@mmm.com

Qualität von 

Technisches Merkblatt

Pattex Powerspray permanent

I. Werkstoff

Art des Werkstoffes:
Lösungsmittelhaltiger Sprühklebstoff auf SBR-Basis mit einer hohen Sofortklebkraft.

Verwendungszweck:

- Für Klebungen
- von Materialien wie Gewebe, Polyether-/Polyesterschäume, Moosgummischaumprofile, Dämmstoffmaterialien, Leder und Kunstleder, Filz, Pappe miteinander oder auf Gummi, Metall (roh, phosphatiert, grundiert oder lackiert, eloxiert), Holz- oder Polyesterwerkstoffe, Pappe. Selbst die meisten PE-Folien lassen sich haftend verkleben.
 - im Bereich des Konfektionierens
 - bei Bespannungsarbeiten

Verpackungsgröße:
Aerosoldose à 400 ml

Kurzzeichen/ Versandeinheit:
PXSP 6 = 6 Dosen je VE

II. Besondere Eigenschaften

- einstellbarer Sprühstrahl
- schnelle Anfangsfestigkeit
- gute Alterungsstabilität
- geeignet für poröse und nicht-poröse Materialien
- frei von (FCKW und Chlor-kohlenwasserstoffen (CKW))
- kann als Kontakt- oder als Haftklebstoff angewendet werden

Technische Daten

Rohstoffbasis:

Styrolbutadien-Kautschuk (SBR)

Dichte (spez. Gewicht):

ca. 0,72 g/cm³

Farbe:

Farblos-transparent bis leicht beige (abhängig vom Auftrag)

Verarbeitungstemperatur:

+10°C bis +40°C

Offene Zeit:

ca. 10 Minuten

Verbrauch:

ca. 150 - 250 g/ m² bei beidseitigem Auftrag (abhängig vom Material und der Einstellung des Sprühkopfes)

Beständigkeit der Klebungen:

Beständig gegen Feuchtigkeit und Wasser.

Kurzfristig beständig gegen Benzin.

Nicht beständig gegen Ester, Ketone, Aromaten u. chlorierte Kohlenwasserstoffe.

Temperaturbeständigkeit:

-30 bis zu +70° C

kurzfristig (ca.1 Std.) bis +100°C

Lagerstabilität:

Mind. 12 Monate

III. Verarbeitungs- technische Hinweise

Untergrundvorbereitung:

Die Oberflächen der Füge-teile müssen trocken, frei von Öl, Fett, Staub und sonstigen klebe-feindlichen Bestandteilen sein.

Klebstoffauftrag und Verkle- bung:

Die Spraydose vor Gebrauch gut schütteln. Pattex Power Spray wird direkt aus der Dose auf die Verklebungsoberflächen in einem Sprühabstand von 20 bis 25 cm aufgebracht. Der 6fach verstellbare Sprühkopf



ermöglicht ein horizontales und

vertikales Sprühen des Klebstoffes in 3 strahlartigen Stärken (L, M, H).

Die mit Klebstoff beschichteten Teile lässt man je nach Arbeitsweise, Auftragsstärke, Temperaturverhältnissen, Raumbelüftung und Luftfeuchtigkeit ca. 10 - 15 Minuten ablüften (Sicherer ist die Beurteilung der Ablüfzeit mit dem Fingertest und nicht die Zeitangabe. Der Klebstoff muss sich dabei trocken, aber noch klebrig anfühlen). Wichtig ist die exakte Einhaltung der Ablüfzeit, da sowohl zu kurze als auch zu lange Ablüfzeiten die Klebergebnisse negativ beeinflussen können. Nach Erreichen des richtigen Verklebungszeitpunktes werden die

Teile passgerecht zusammengefügt, da eine nachträglich Korrektur kaum mehr möglich ist. Anschließend die Teile kurz, jedoch kräftig andrücken.

Klebstoffauftrag bei Styroporverklebung nur auf den Untergrund und mindestens 10 Minuten ablüften lassen.

Achtung:

Um ein Verkleben des Sprühventils zu verhindern, Dose nach Gebrauch umdrehen und Düse kurz aussprühen, evt. Klebstoffreste abwischen

IV. Besondere Hinweise

Fleckentfernung:

Klebstoffreste/Flecken im nicht abgeordneten Zustand - auch auf Arbeitsgeräten - können mit Benzin entfernt werden.

Lagerung:

12 Monate;
empfohlene Lagertemperatur:
+10° bis +20°C;
nicht Frost gefährdet

Entsorgung:

Dose vollständig entleeren, auch das Treibgas. Nicht mit dem Hausmüll entsorgen. Nur restentleert der Wiederverwertung zuführen. Große Mengen gesondert entsorgen. EAK-Code/ Abfallschlüssel auf Anfrage.

Transporthinweis:

Bei Transport im Kfz: Dose in einem Tuch im Kofferraum aufbewahren, keinesfalls im Fond.

Sicherheitsratschläge/ Gefahrenhinweise:

siehe Sicherheitsdatenblatt

Telefon-Beratung:

(01805) 555 270
(14 ct./min aus dem deutschen Festnetz, abweichender Mobilfunktarif)

Internet:

www.pattex.de

Bei Abfassung dieses technischen Merkblattes haben wir den gegenwärtigen Stand der technischen Entwicklung nach Maßgabe unserer Erfahrungen berücksichtigt.



Zur Beachtung: Vorstehende Angaben können nur allgemeine Hinweise sein. Wegen der außerhalb unseres Einflusses liegenden Verarbeitungs- und Anwendungsbedingungen und der Vielzahl unterschiedlicher Materialien empfehlen wir, in jedem Fall zunächst ausreichende Eigenversuche durchzuführen. Eine Haftung für konkrete Anwendungsergebnisse kann daher aus den Angaben und Hinweisen in diesem Merkblatt nicht abgeleitet werden.

Henkel KGaA - Konsumenten-Klebstoffe Deutschland - 40191 Düsseldorf

Seite 2 von 2
Stand 10/2007



CONTACT Kraftkleber Gel Compact

PATTEx
GelCompact_TM_01_1010

1

EIGENSCHAFTEN

- ▶ Besonders hohe Klebkraft
- ▶ Wärmebeständig
- ▶ Tropft nicht
- ▶ Ideal für senkrechte Flächen
- ▶ Hohe Anfangshaftung
- ▶ Extrem ergiebig
- ▶ Flexibel

EINSATZBEREICHE

- für Kombinationsklebungen von Holzwerkstoffen mit HPL-Platten, wie z.B. Resopal®, Formica u.a., Gummi, Leder, Kork, Filz, Hart-PVC, Weichschaumstoffen, Metall u.v.a., nicht geeignet für Styropor®, Weich-PVC und Kunstleder
- zum Verlegen von Schallschluck-, Dämm- und Akustikplatten (außer Styropor®), geeigneten Kunststoff-Kacheln und Wandbelägen verschiedenster Art (außer Weich-PVC und Kunstleder) auf tragfähigen, trockenen Untergründen.
- zum Kleben von Furnierstreifen an Kanten und Rundungen
- zur Kantenabdichtung als Schutz gegen Nässe bei Massiv- und Sperrhölzern sowie bei Küchenarbeitsplatten und zur Klebung von Dichtungstreifen

UNTERGRUNDVORBEHANDLUNG

Das zu klebende Material soll trocken (Holzfeuchte 8 bis 12%), fett- und staubfrei sein. HPL-Platten, Metalle usw. mit handelsüblichen Lösungsmitteln (Washbenzin) reinigen. Bei Metallen erhöht zusätzliches Anrauen der Klebflächen die Festigkeit des Klebeverbundes. Die Materialien (insbesondere HPL-Platten, Akustik-Platten usw.) vor der Verarbeitung nach den Angaben der Herstellerfirma klimatisieren. Werkstoffe nur auf unvorbehandelte Untergründe (Naturträger) kleben. Lackierte Flächen vorher abschleifen.



VERARBEITUNG

Vorbemerkung:

Vor Beginn der Verarbeitung ist es erforderlich, sich anhand des Sicherheitsdatenblattes über Vorsichtsmaßnahmen und Sicherheitsratschläge zu informieren. Auch bei nicht kennzeichnungspflichtigen Produkten sind die bei chemischen Erzeugnissen üblichen Vorsichtsmaßnahmen zu beachten.

Klebstoffauftrag:

Pattex Kraftkleber Compact Gel auf beide zu klebende Teile – besonders an den Randzonen – mit feiner Zahnpachtel, gut und gleichmäßig auftragen, Pattex Kraftkleber Compact Gel nicht verdünnen.

Ablüftung:

Vor dem Zusammenfügen der Teile müssen die Lösungsmittel ablüften. Die Ablüfzeit beträgt bei normaler Raumtemperatur (18–25 °C) etwa 15 Minuten. Auf gleichmäßige Ablüftung achten. Nach der Ablüfzeit ist

eine Verklebung innerhalb von 1 Stunde (Offene Zeit) möglich.

Verpressung:

Die zu verklebenden Teile müssen sorgfältig passgenau zusammengelegt werden, da nach Berührung beider Klebefilme ein Korrigieren nicht mehr möglich ist. Dann werden die Teile kurz – aber äußerst kräftig – mit mindestens 0,5 N/mm² zusammengepresst werden. Für die Höhe der Festigkeit ist nicht die Presszeit ausschlaggebend, sondern die Höhe des Pressdrucks. Der Andruck sollte bei größeren Flächen, Schichtstoffpressplatten, Metall u. a. in der Presse erfolgen. Je nach Werkstück kann auch kräftiges Anwalzen (elastischer Flächen- druck durch die Pattex Andruckwalze) ausreichen. Um Lufteinschlüsse zu vermeiden, sollte von der Mitte aus angedrückt werden. Im Randbereich und an Kanten sorgfältig andrücken.

Weiterverarbeitung:

Sofort nach der Verpressung erhält man eine Anfangs- festigkeit, die zur sofortigen Be- und Weiterverarbeitung (Sägen, Fräsen, etc.) geeignet ist. Die Endfestigkeiten bauen sich jedoch zeitverzögert auf.

FACHINFORMATION

Kurzzeichen / Gebindegröße

PT50 N / 12 x 50 g Tuben
PG2C / 12 x 125 g Tuben
PT6C / 6 x 625 g Dosen

WICHTIGE HINWEISE

Reinigung der Arbeitsgeräte:

Sofort nach Gebrauch mit handelsüblichen Nitrover- dünner oder Waschbenzin.

Lagerung:

Gut verschlossen bei normaler Raumtemperatur lagern. Kalter oder eingefrorener Klebstoff wird durch lang- sames Klimatisieren auf Raumtemperatur (ca. 20 °C) wieder voll gebrauchsfähig. Keine Qualitätsminderung. Gebinde auch in den Arbeitspausen gut verschlossen halten, um ein Eintrocknen des Klebstoffs zu verhin- dern. Pattex Compact Gel allgemein nicht unter +5 °C lagern. Pattex Compact Gel nicht über +50 °C lagern. Sicherheitsratschläge und Entsorgungshinweise ent- nehmen Sie bitte dem Sicherheitsdatenblatt.

TECHNISCHE DATEN

Rohstoffbasis:	Lösemittelhaltiger, auf Chlor- Kautschuk basierender Kontakklebstoff
Dichte:	Ca. 0,89 g / cm ³
Temperatur- beständigkeit:	-40 °C bis +70 °C
Offene Zeit/ Verarbeitungszeit:	Bis zu 60 Minuten
Verarbeitungs- temperatur:	Raumtemperatur von 18 bis 25 °C verarbeiten. Trockene Wärme beschleunigt, Kälte verzögert die Ablüftung der Lösemittel
Verbrauch:	250–350 g/m ² für beidsei- tigen Klebstoffauftrag
Endfestigkeit (DIN EN 205):	Die maximale Scherfestigkeit ist abhängig vom Material und dem Anpressdruck
Durchhärtungszeit:	Die Endfestigkeit wird nach 3 Tagen erreicht
Mindesthaltbarkeit:	24 Monate bei kühler Lage- rung
Ablüftezeit:	10–15 Min. je nach Saugfähig- keit der Oberfläche
Widerstandsfähigkeit:	Die Klebungen sind im hohen Maße beständig gegen Was- ser, verdünnte Säuren und Laugen

Unsere Handwerkerberatung steht Ihnen unter Tel: 0211/797-6700 zur Verfügung.

PATTEX
GelCompact™_01_1010

Die vorstehenden Angaben, insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und Verwendung unserer Produkte, beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen. Wegen der unterschiedlichen Materialien und der außerhalb unseres Einflussbereichs liegenden Arbeitsbedingungen empfehlen wir in jedem Falle ausreichende Eigenversuche, um die Eignung unserer Produkte für die beabsichtigten Verfahren und Verarbeitungszwecke sicherzustellen. Eine Haftung kann weder aus diesen Hinweisen, noch aus einer mündlichen Beratung begründet werden, es sei denn, dass uns insoweit Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt.
Mit dem Erscheinen dieses Technischen Merkblatts verlieren alle vorherigen Ausgaben ihre Gültigkeit.

Henkel AG & Co. KGaA
Henkelstr. 67, D-40589 Düsseldorf, Postfach, D-40191 Düsseldorf
Tel. +49 (0) 211/ 797-0
Internet: www.pattex.de · E-Mail: pattex@henkel.com



UHU Technisches Merkblatt

UHU extra Alleskleber

UHU extra Alleskleber ist ein farbloser Kunstharzklebstoff für universelle Anwendung in Haushalt, Büro, beim Basteln, Modellbau usw. Die einzigartige, kristallklare gel-Konsistenz des Klebstoffes verhindert ungewünschtes Ausfließen aus der Tube und ermöglicht tropffreies und sauberes Kleben. Ideal für senkrechte Flächen.

Spezifikation:	Aussehen:	farbloses, kristallklares Gel
	Konsistenz:	gelartig (thixotrop)
	Basis:	Polyvinylester
	Dichte [g/cm³]:	0,95
	Flammpunkt [°C]:	ca. – 19
	Lösemittel:	Gemisch niedrigsiedender Ester und Alkohole
	Festkörpergehalt [%]:	ca. 32
	Gefahrenklasse (VbF):	entfällt
	Kennzeichnung gemäß Gefahrstoffverordnung:	leicht entzündlich
	Gefahrensymbol:	F

Eigenschaften:

UHU extra Alleskleber zeigt ausgezeichnete Haftfestigkeit auf Metallen, Holz, Papier, Textilien, Leder (nicht geeignet für Bekleidungsleder) und eignet sich auch gut zum Verkleben solcher Werkstoffe mit Glas, keramischen Materialien und vielen Kunststoffen.

UHU extra Alleskleber ist nicht anwendbar auf Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Teflon, Siliconen sowie Spezialpapieren, die mit PE oder PP beschichtet sind, z.B. Fotopapier oder Thermopapier.

Die Wärmebeständigkeit wird vom thermoplastischen Charakter des Kunstharzes bestimmt; Klebungen sollen möglichst nicht über 70°C belastet werden. Die absolute Temperaturbeständigkeit der Substanz geht jedoch bis mindestens 120°C.

UHU extra Alleskleber ist beständig gegen Wasser, verdünnte Säuren und Laugen sowie gegen Benzin und Öl; unbeständig jedoch gegen Alkohole (z.B. Spiritus), Ketone (z.B. Aceton), Acetat-Lösemittel (z.B. Nitrolack-Verdünner) und aromatische Lösemittel (z.B. Toluol und Xylol).

Klebefestigkeit:

An Proben aus Buchenholz wurden Zugscherfestigkeiten (Endwerte) von ca. 700 N/cm² ermittelt.

Physiologische Eigenschaften:

Der getrocknete Klebstoff ist indifferent, völlig neutral und physiologisch absolut unbedenklich.

Verarbeitung:

Die zu klebenden Flächen müssen sauber, trocken, öl-, fett- und staubfrei sein. Je nach Erfordernis bestreicht man ein oder beide zu verbindenden Teile und fügt sie sofort, spätestens aber nach etwa 1 Minute zusammen. Der Festigkeitsanstieg erfolgt durch Verdunsten der Lösungsmittel. Nach 24 Stunden sind etwa 2/3 der Endfestigkeit erreicht.

Reinigung:

Verschmierter Klebstoff soll baldmöglichst abgewischt werden; getrocknete Reste, Flecken in Kleidungsstücken usw. lassen sich mit UHU Löser entfernen. Ersatzweise kann auch Brennspritus, Ethylacetat, Nitroverdüner und Acrylacetat verwendet werden.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de



UHU Technisches Merkblatt

UHU extra Alleskleber

Vorsichtsmaßnahmen:

UHU extra Alleskleber enthält flüchtige, leicht entzündliche Lösungsmittel; deshalb sind Vorsichtsmaßnahmen bei Verarbeitung und Lagerung zu treffen.

Gebindegrößen: Tube: 20 g, 31g, 125 g

Hinweis:

Die obigen Angaben sind das Ergebnis sorgfältig durchgeführter Untersuchungen. Dieses Merkblatt soll Sie bei Klebearbeiten nach unserem besten Wissen beraten. Für die Ergebnisse und Schäden jeder Art können wir im jeweiligen Anwendungsfall keine Verantwortung übernehmen, da sich bei den vielfältigen Möglichkeiten (Werkstofftypen, Werkstoffkombinationen und Arbeitsweise) die mitspielenden Faktoren unserer Kontrolle entziehen. Eigene Prüfungen und Versuche sind durchzuführen. Eine Gewährleistung kann nur auf die immer gleichbleibend hohe Qualität unseres Erzeugnisses übernommen werden.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

UHU Technisches Merkblatt

UHU KRAFT Alleskleber

UHU KRAFT Alleskleber ist ein Kraft-Universalkleber für superschnelle, superstarke, transparente und saubere Klebungen.

UHU KRAFT Alleskleber klebt zuverlässig und mit außergewöhnlicher Klebekraft (sowohl im Nass- als auch im Kontaktkleben- Klebeverfahren).

UHU KRAFT Alleskleber ist besonders geeignet für sichtbare Klebefugen und transparente Materialien.

Spezifikation:	Aussehen:	farblos, klar
	Konsistenz:	mittelviskos
	Basis:	Polyurethan-Elastomer
	Viskosität [dPa·s]:	70-90
	Dichte [g/cm³]:	0,92
	Festkörpergehalt [%]:	ca. 25
	Lösungsmittel:	Gemisch aus Estern, Ketonen und Aromaten
	Flammpunkt [°C]:	ca.-18
	Kennzeichnung gemäß	
	Gefahrstoffverordnung:	leichtentzündlich, reizend
	Gefahrensymbol:	F, Xi
	Gefahrenklasse (VbF):	A I

Verbrauch je nach Auftrag und Beschaffenheit der Oberfläche: 120-250 g/m² einseitig.

Eigenschaften:

UHU KRAFT Alleskleber bleibt elastisch und gleicht so Materialspannungen aus. Der Klebefilm ist weitgehend UV-beständig und versprödet nicht. Die Temperaturbeständigkeit reicht von - 30°C bis zu + 70°C.

UHU KRAFT Alleskleber ist beständig gegen Wasser, Fette, Mineralöle, Alkohol sowie verdünnte Säuren und Laugen.

UHU KRAFT Alleskleber verklebt nahezu alle Materialien zuverlässig und mit hoher Klebekraft:

Harte Materialien: Holz, Holzwerkstoffe, Furniere, Kunststoffe (Hart-PVC, ABS, Polystyrol, Plexiglas®, Resopal®), Porzellan, Glas, Metall usw.

Flexible Materialien: Leder, Gummi, Weich-Kunststoffe (Weich-PVC, moderne Sohlenmaterialien), Stoff, Filz, Kork, Pappe, Papier usw.

Nicht geeignet für Styropor®, Polyethylen und Polypropylen.

Ideal einsetzbar beim Heim- und Handwerken, Reparieren, Konstruieren, Basteln, im Modellbau und überall sonst, wo es auf besonders hohe Klebekraft ankommt.

Verarbeitung:

Die Klebeflächen müssen sauber, trocken, öl-, fett- und staubfrei sein. Möglichst bei Raumtemperatur verarbeiten. UHU KRAFT Alleskleber kann bei Nass-Klebungen sofort, bei Kontakt-Klebungen nach ca. 10 Minuten, spätestens jedoch nach 30 Minuten verklebt werden.

UHU Technisches Merkblatt

UHU KRAFT Alleskleber

Auftragsweise:

a. Nass-Klebung

Hierzu wird nur auf eine der Klebeflächen Klebstoff aufgetragen. Das zweite Teil wird sofort in den noch frischen Klebstoff eingelegt, mit leichtem Druck fixiert und korrigiert. Bei diesem Klebverfahren sollte eine der Klebeflächen durchlässig sein.

b. Kontaktklebeverfahren

UHU KRAFT Alleskleber auf beide zu klebenden Teile gleichmäßig mit Zahnpachtel oder Pinsel auftragen. Teile nicht sofort zusammenfügen, sondern offen liegen lassen, bis die aufgetragene Klebstoffschicht berührtrocken ist (nach ca. 10 Minuten). Dann die Teile paßgenau aufeinanderlegen und kurz, aber kräftig zusammenpressen. Eine Korrektur ist nicht mehr möglich. Für die Klebefestigkeit ist die Höhe des Pressdrucks entscheidend und nicht die Dauer.

Reinigung:

Zum Entfernen von Klebstoffresten und zur Reinigung der Geräte eignen sich Butanon (MEK), Ethylacetat und Nitroverdüner. Von Weich-PVC-Folien lassen sich die Klebereste nicht entfernen.

Besondere Hinweise:

Kontaktklebeverfahren anwenden, wenn es auf hohe Anfangsklebekraft ankommt oder das Lösungsmittel nur langsam entweichen kann.

UHU KRAFT Alleskleber eignet sich besonders gut zum Kleben von Weich-PVC (Teich- und Schwimmbadfolie) - sowohl bei Neuverklebungen als auch bei Reparaturen.

Folien werden an den Klebestellen ca. 12 cm breit eingestrichen und überlappend nach 5 - 10 Minuten geklebt. Kurzer aber kräftiger Druck genügt.

Klebung können auch unter Wasser ausgeführt werden. Hierzu die beschädigte Stelle von Algen reinigen, Klebstoff mit dem Pinsel auf die Schadstelle und den vorbereiteten Flecken auftragen und ca. 5 -10 Minuten abtrocknen lassen. Dann den Flecken auflegen und von der Mitte aus nach außen andrücken. Der Kleberand sollte ringsum nicht kleiner als 6 cm sein. Nach 24 Stunden ist die Verklebung voll belastbar.

Vorsichtsmaßnahmen:

UHU KRAFT Alleskleber enthält flüchtige, leichtentzündliche Lösungsmittel. Deshalb sind bei Verarbeitung und Lagerung entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Beim Kleben größerer Flächen ist für gute Belüftung des Arbeitsplatzes zu sorgen.

Gebindegrößen: Tube: 6 g, 42 g, 125 g

Dose: 650 g

Kanne: 4,5 kg

Hinweis:

Die obigen Angaben sind das Ergebnis sorgfältig durchgeführter Untersuchungen. Dieses Merkblatt soll Sie bei Klebearbeiten nach unserem besten Wissen beraten. Für die Ergebnisse und Schäden jeder Art können wir im jeweiligen Anwendungsfall keine Verantwortung übernehmen, da sich bei den vielfältigen Möglichkeiten (Werkstofftypen, Werkstoffkombinationen und Arbeitsweise) die mitspielenden Faktoren unserer Kontrolle

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de



UHU Technisches Merkblatt

UHU KRAFT Alleskleber

entziehen. Eigene Prüfungen und Versuche sind durchzuführen. Eine Gewährleistung kann nur auf die immer gleichbleibend hohe Qualität unseres Erzeugnisses übernommen werden.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de