

NEXXT

Modulare Konzeption innovativer metallischer Strukturkomponenten für die nächste Rumpf-Generation

Zuwendungsempfänger:	Airbus Operation GmbH
Förderkennzeichen:	20W1111A
Projektdauer:	01.01.2012 – 31.03.2015

Erstellt von: Jens Hackius

Projektleitung: Uwe Kütemeier

Freigabe:

Hamburg, Monat/Jahr

Rechtsverbindliche Unterschrift

Inhalt

1	KURZDARSTELLUNG	3
1.1	AUFGABENSTELLUNG	3
1.2	VORAUSSETZUNGEN UND RANDBEDINGUNGEN	5
1.3	PLANUNG UND ABLAUF / ZEITPLAN	6
1.4	WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND DER TECHNIK	7
1.5	ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	10
1.5.1	Projektpartner	10
1.5.2	Unterauftragnehmer	12
2.	ERGEBNISSE	13
2.1	ERZIELTE ERGEBNISSE	13
2.1.1	Rumpfschalenkonzepte	13
2.1.2	Konzepte Großkomponentenmontage	23
2.1.3	Radikal neue Ideen	25
2.2	NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE	27
2.3	RELEVANTE ERGEBNISSE DRITTER	28
3.	LITERATURVERZEICHNIS	29
4.	ABKÜRZUNGEN	30

1 KURZDARSTELLUNG

1.1 Aufgabenstellung

Gesamtziel des Vorhabens NEXXT ist die Technologie-Entwicklung effizienter metallischer Rumpfstrukturen mit signifikanter Gewichtsreduzierung und gleichzeitiger Erfüllung aktueller bzw. zukünftiger Anforderungen im Hinblick auf Kosten, Industrialisierung, Lebensdauer, Schadenstoleranz und Kabinenkomfort. NEXXT ist ein Rumpftechnologievorhaben, das im Wesentlichen zwei Zielfelder bedient.

Zum einen umfasste dieses Projekt die Erhöhung der Technologie- bzw. Einsatzreife der in dem geförderten Metallrumpfprojekt LuFoIV-1 MERGE [1] entwickelten Konzepte mit der Zielstellung einer neuen Metallrumpf-Generation „Best-Eco-Mix“ für zivile Großflugzeuge. Schwerpunkt ist neben der Themenstellung „Engineering Readiness“ vor allem die Entwicklung und Bewertung von Fertigungs- und Montagestrategien innerhalb der Thematik „Manufacturing Readiness“ in Kooperation mit dem PAG-Projekt INPRO. Um rechtzeitig innovative und konkurrenzfähige Rumpfkonzeppte anbieten zu können, wird darüber hinaus auch die Konzeption einer Validierungsplattform „Full Scale in Industrial Environment“ erarbeitet. Grund hierfür ist die angestrebte deutliche Verbesserung des Transferbereiches zwischen R&T-Technologieentwicklung und zukünftiger Produktentwicklung.

Zum anderen umfasste NEXXT auch die Zielstellung, diese innovativen Rumpftechnologien auch in potenzielle Flugzeugderivate einfließen zu lassen. Hierbei sind deutlich andere Entwicklungszeiträume zu berücksichtigen, weshalb die Ableitung von Technologie-Teilaspekten aus der Metallrumpf-Generation „Best-Eco-Mix“ einen weiteren Schwerpunkt bildet.

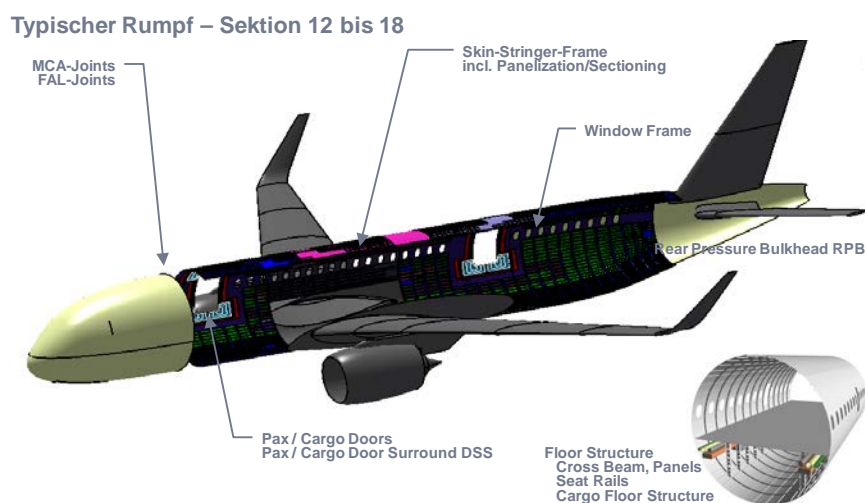


Abb. 1-1: Strukturbereich Typischer Rumpf – Perimeter und Entwicklungsfelder Projekt NEXXT

Im Wesentlichen beinhaltet das Projekt die Entwicklung, Beschreibung, Bewertung und Validierung von Rumpftechnologie-Konzepten zur Erreichung der Zielvorgaben für neue Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge. Zugleich sind Industrialisierungsaspekte für eine hohe Ausbringungsrate zu berücksichtigen, einzubringen und zu bewerten. Die Arbeiten fokussieren sich auf Konzepte im Strukturbereich Typischer Rumpf (Abb. 1-1) und den Perimeter Haut-Stringer-Spant für die gesamte Airbus-Prozesskette „Rumpfstruktur“ inklusive des Bereichs von Türumgebungsstrukturen. Einen Überblick der definierten R&T-Inhalte für den Metallrumpf zeigt Abb. 1-2.

Die Aufgabenstellungen des Projektes lassen sich in folgende Technologieströme einteilen:

- a) Rumpfschalenkonzepte
 - Perimeter Haut, Stringer, Spant (SSF)
 - Perimeter Türumgebungstruktur (DSS)
 - Validierungsplattform TRL6
- b) Konzepte Großkomponentenmontage
 - Perimeter Strukturmontage (MCA)
 - Perimeter Endmontage (FAL)
 - Validierungsplattform TRL6
- c) Radikal neue Ideen
 - Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Bauweisen und Strukturmechanik
 - Fertigungsprozesskette und Montage.

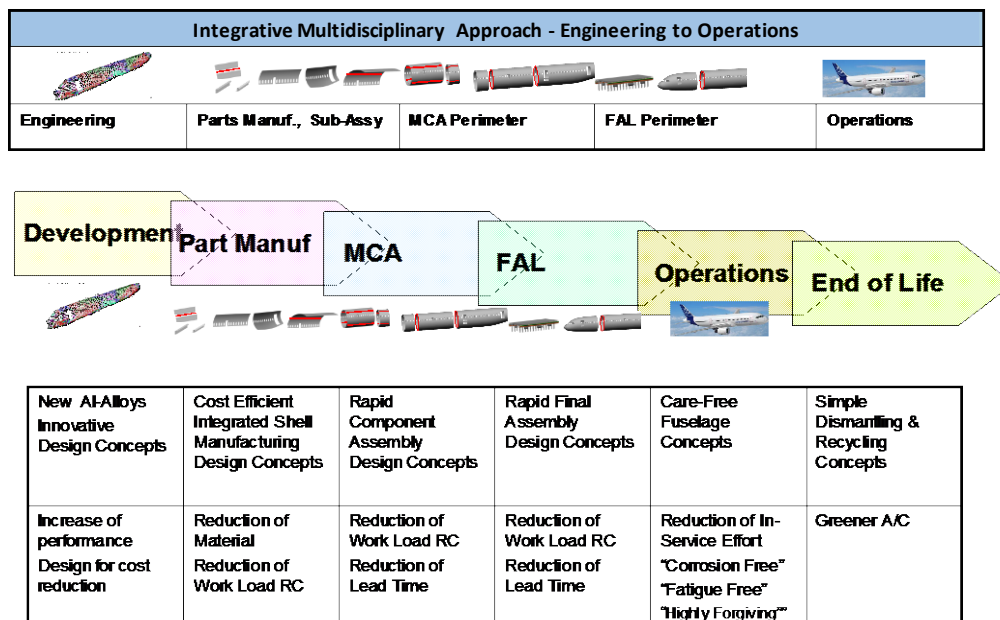


Abb. 1-2: Überblick Airbus Prozesskette „Rumpfstruktur“ und definierte R&T-Inhalte im Technologieprodukt TP Metallrumpf

1.2 Voraussetzungen und Randbedingungen

Eine Voraussetzung für die formulierten Gesamtziele (Kap. 1.1) ist die Festlegung einer Vorgehensweise zur Entscheidungsfindung über das Erreichen eines Technologiereifegrades, d.h. die Vorgabe einer Bewertungsmethodik. Die Bewertung von Technologiereifegraden erfolgte auf Basis des Airbus R&T-Kriterienkataloges. Für das Technologieprodukt Metallrumpf kam der Katalog *Structure Components* zur Anwendung [2]. Der Kriterien-Katalog definiert für den Bereich R&T sechs Reifegrade TRL1 - TRL6. Diese Reifegrade sind die Grundlage für eine spätere Produktentwicklung (TRL7 - TRL9) u. gliedern sich jeweils in folgende fünf Unterbereiche (Abb. 1-3):

- Performance Readiness
- Engineering Readiness
- Manufacturing Readiness
- Operational Readiness
- Value & Risk.

Der Nachweis der Erreichung eines Technologiereifegrades (TRL1 bis TRL6) erfolgt durch den „Airbus TRL-Review Process“ [3], d.h. mittels einer finalen Bewertung jedes Reifegrades durch ein Expertengremium bestehend aus Repräsentanten der Fachbereiche Struktur, Fertigung, Rumpfachitektur und Wartung sowie Repräsentanten aus dem R&T-Management und dem Chief Engineering der Flugzeug-Programme. Eine wesentliche Randbedingung war die Airbus-Kooperation mit der Zulieferindustrie für metallische Rumpfschalen. Die Projektpartner und deren Themenstellungen sind im Kap. 1.5.1 dargestellt.

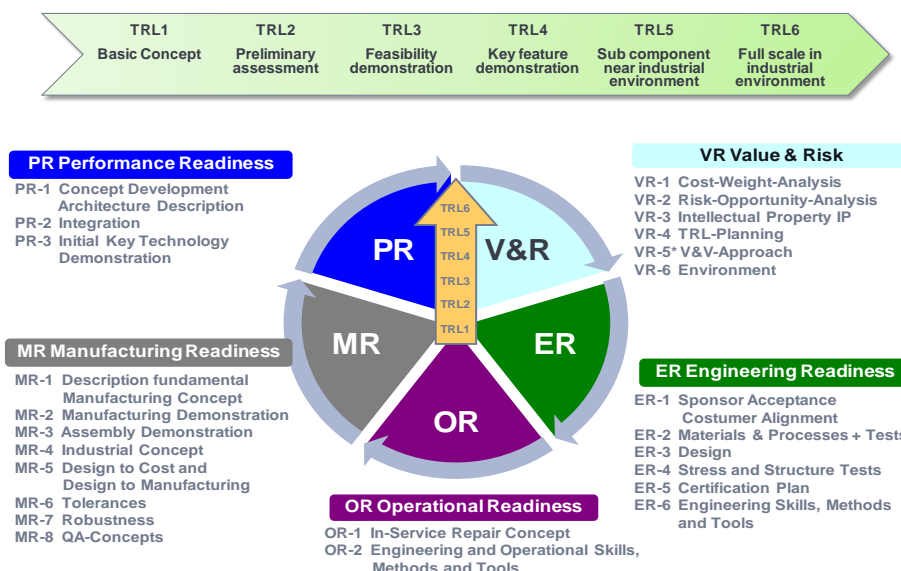


Abb. 1-3: Überblick Airbus-R&T Kriterien-Katalog *Structure Components (SC)* als Definition von Arbeitszielen im Technologieprodukt TP105 FML-Rumpf und im Projekt NEXXT

1.3 PLANUNG UND ABLAUF / ZEITPLAN

Basierend auf den in Kap. 1.1 genannten Technologieströmen umfasste das Projekt NEXXT die folgenden fünf Arbeitspakete:

- AP1 Konzepte für Rumpfschalen – Perimeter Skin-Stringer-Frame SSF
- AP2 Konzepte für die Großkomponentenmontage
- AP3 Konzepte für Türumgebungsstrukturen
- AP4 Radikal neue Ideen aus dem Bereichen M&P, Bauweisen und Strukturmechanik
- AP5 Entwicklung und Beschreibung von Gesamtrumpfkonzepthen inklusive der Konzeption einer Validierungsplattform für TRL6 „Full Scale in Industrial Environment“.

Der Projektzeitraum 01/2012 bis 03/2015 beinhaltete 12 Hautmeilensteine, um die geplante Technologiereife in den Arbeitspaketen AP1 bis AP4 zu erreichen. Für die Konzeption einer TRL6-Validierungsplattform wurden zwei AP5 Meilensteine im Projektplan festgelegt. Der Schwerpunkt der Arbeiten konzentrierte sich auf den Zeitraum 2013-14. In Abbildung 1-4 ist der zeitliche Projektablauf im Überblick dargestellt.

NEXXT AP	2012	2013	2014	2015	
AP1 Rumpfschalenzkonzepte	(1) ▼	(2) ▼ (3) ▼	(4) ▼		(1) Review Route to TRL4 SSF AI-Li (2) TRL4 Review Value&Risk SSF (3) Review Relaxation Forming SSF AI-Sc (4) Review Route to TRL5 Derivatives
AP2 Konzepte MCA/FAL Großkomponentenmontage		(1) ▼ (2) ▼	(3) ▼		(1) Review FAL-Concept (2) Status Report MCA-Concept MUVAX (3) Review Route to TRL4 Derivatives
AP3 Konzept Türumgebungsstruktur		(1) ▼ (2) ▼	(3) ▼		(1) TRL1 Review DSS Concept (2) TRL2 Review DSS Concept (3) Review Route to TRL3 Derivatives
AP4 Radikal neues Rumpfkonzepth		(1) ▼ (2) ▼			(1) Status Report RNC Route to TRL1 (2) TRL1 Review Radical new Concepts RNC
AP5 Validierungsplattform TRL6		(1) ▼		(2) ▼	(1) Status Report SSF Perimeter (2) Final Report TRL6 Platform Typical Fuselage SSF + MCA/FAL

Abb. 1-4: Überblick Meilensteine und Ergebnisse Projekt NEXXT 01/2012-03/2015

1.4 WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND DER TECHNIK

Nach derzeitigem Wissensstand beschäftigten sich neben Airbus derzeit weltweit folgende Flugzeughersteller mit der Entwicklung von metallischen Flugzeugrümpfen für neue Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge:

- Bombardier, Kanada (C110 / C130)
- Mitsubishi, Japan (MRJ70 / MRJ90)
- United Aircraft Corp. UAC, Russland (MS-21 100/200)
- China Aviation Industry Corp. (ARJ 21-700/-900)
- Sukhoi Civil Aircraft Company, Russland (Superjet 100).

Die von diesen Firmen hergestellten oder in Entwicklung befindlichen Flugzeuge erreichen Transportkapazitäten von 70-160 Passagieren. Hervorzuheben ist hierbei der Start des Flugzeugprogramms „C-Serie“ von Bombardier im Jahr 2008 sowie die Bombardier-Präsentation zur Pariser Airshow im Juni 2009 mit dem Kapitel „Extending Regional Aircraft Market Leadership to the Single-Aisle Mainline Segment“. Neben dem „Composite Wing Development Programme“ kündigte Bombardier zum Thema Rumpf hier ein „Advanced Aluminium Fuselage“ an. Inzwischen wurde die industrielle Produktion der auf fortschrittlichen Al-Legierungen basierenden Rumpfstruktur begonnen [4].

Es erscheint somit als relativ gesichert, dass zukünftige internationale Wettbewerber daran arbeiten, den erreichten Technologiesprung von Airbus und den derzeitigen Vorsprung der deutschen Luftfahrtindustrie aufzuholen. Bis zum Jahr 2006 hat kein anderes Unternehmen so konsequent an der Weiterentwicklung metallischer Rumpfstrukturen gearbeitet wie Airbus. Im Rahmen des Airbuskonzeptes „Intelligent Airframe“ wurden bspw. neue Integralstrukturen mittels Laserstrahlschweißen (LBW) und neue differentielle Strukturen durch faserverstärkte Metall-Laminare (FML) entwickelt und umgesetzt.

Eine Übersicht der bisherigen Forschungsprojekte zum Thema Metallrumpf enthält Abb. 1-5. Für den Bereich Typischer Rumpf sind die Forschungsarbeiten des Antragstellers vor allem im Rahmen der Luftfahrtforschungsprogramme I-III und innerhalb der EU-Projekte TANGO und DIALFAST entstanden. Ausführliche Beschreibungen zu bisherigen Forschungsarbeiten sowie die dabei entstandenen Airbus-Patente sind in den LuFo-Projekten RnT, AIR, IMER und WIDEMER, in den EU-Projekten TANGO und DIALFAST sowie innerhalb der Entwicklungsprogramme A318, A340-600, A3501A und A380 dokumentiert. Neben den erwähnten Technologien LBW und FML wurden in den oben genannten LuFo- und EU-Projekten weitere Technologien wie bspw. Reibrührschweißen (FSW), geklebte Metall-Laminare (ML) und Kriechformen von Haut-Stringer-Verbindungen sowie fortschrittliche Aluminiumlegierungen entwickelt.

Das Thema Bewertung und Auswirkung neuer Technologien auf die Herstellkosten einer zukünftigen Rumpfstruktur *NSA* war Gegenstand des Projektes MERGE in LuFoIV-1. Im Vergleich dazu bezogen sich die Bewertungen aller zuvor genannten Projekte auf einen potenziellen Einsatzbereich Long Range (LR) oder Megaliner A380. MERGE entwickelte innerhalb des *TP Metallrumpf* Leitkonzepte für den Bereich *Typischer Rumpf* zukünftiger Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge (*NSA*), d. h. für wettbewerbsfähige metallische Rumpfstrukturen in den Sektionen 13-18. Diese Konzeptentwicklung umfasst neben der Beschreibung der Vorteile und Risiken vor allem die Validierung von innovativen Bauweisen, Werkstoffen, Fertigungsverfahren und Montageprozessen zur Bewertung der Technologiereife TRL2 bis TRL4. Auf Basis der Projektarbeit in 2007-2011 entstand aus einer Vielzahl von Ideen, Varianten und einzelnen Technologiethematen die Ableitung der folgenden „MERGE-Rumpfkonzepte“: Konzept Al-Lithium, Konzept Al-Scandium, Konzept FML-Glare und Konzept MCA/FAL [1].

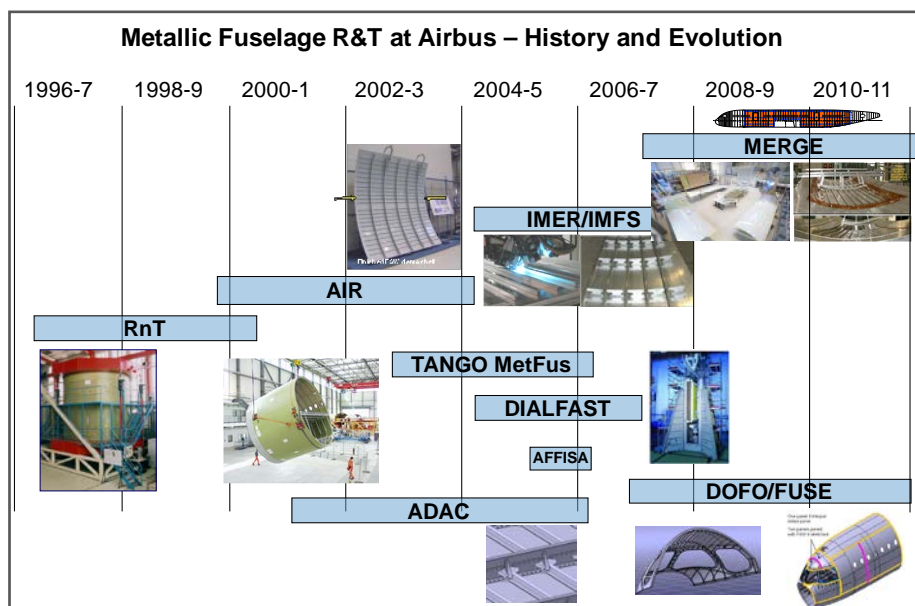


Abb. 1-5: Übersicht bisheriger Airbus-Forschungsprojekte zum Thema Metallrumpf im Zeitraum 1996-2011

Die neu entwickelten Technologien müssen die Anforderungen der sehr komplex beanspruchten Struktur eines Flugzeugrumpfes erfüllen können. Abbildung (Abb. 1-6) zeigt eine Übersicht der wesentlichen Auslegungskriterien und deren Beanspruchungen bzgl. Statik, Ermüdung, Beulen (Impact) und Schadenstoleranz. Darüber hinaus hat die Komponente Rumpf eine Vielzahl weiterer Funktionen zu erfüllen, wie die Darstellung in Abbildung 1-7 veranschaulicht.

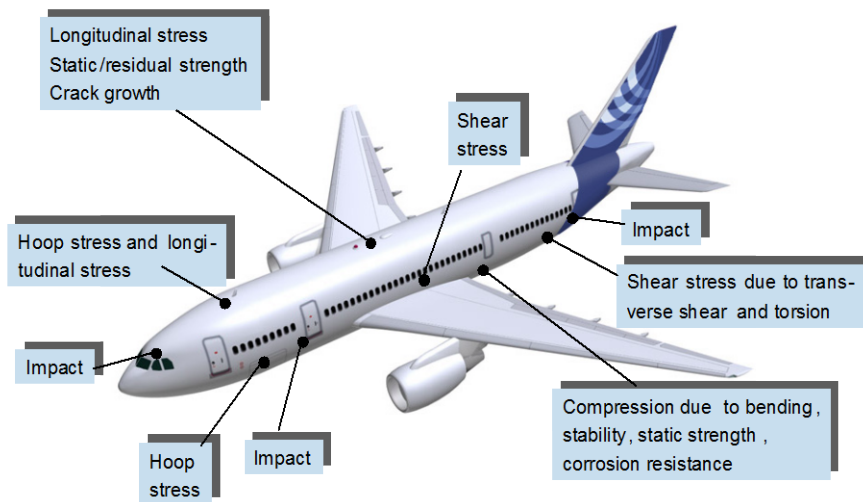


Abb. 1-6: Übersicht wesentlicher Beanspruchungen und Auslegungskriterien für einen Flugzeugrumpf

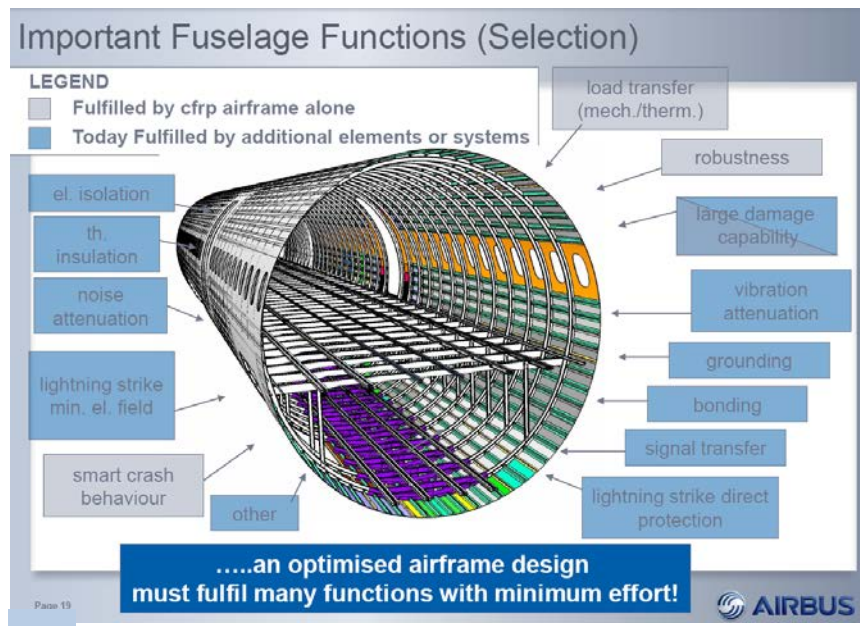


Abb. 1-7: Überblick der wesentlichen Funktionen der Strukturkomponente Rumpf

1.5 ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN

1.5.1 Projektpartner

Neben den genannten technologischen Herausforderungen ist für das Rumpftechnologievorhaben NEXXT vor allem die Innovationskraft der Zulieferindustrie und der Großforschung von entscheidender Bedeutung, um neben der bekannten CFK-Rumpfstrategie auch eine neue Metallrumpf-Generation „Best-Eco-Mix“ voranzutreiben. Dafür initiierte Airbus eine vertragliche Zusammenarbeit mit Partnern im Verbund ECO [5], um mit diesem verbindlichen Netzwerk die Möglichkeiten am Standort Deutschland im internationalen Wettbewerb zu nutzen. Die ECO Verbundstruktur basiert auf einem Forschungsnetzwerk bestehend aus Zulieferfirmen für metallische Rumpfschalen und Großforschungseinrichtungen sowie Airbus als Verbundführer und Verbundkoordinator (Abb. 1-8).

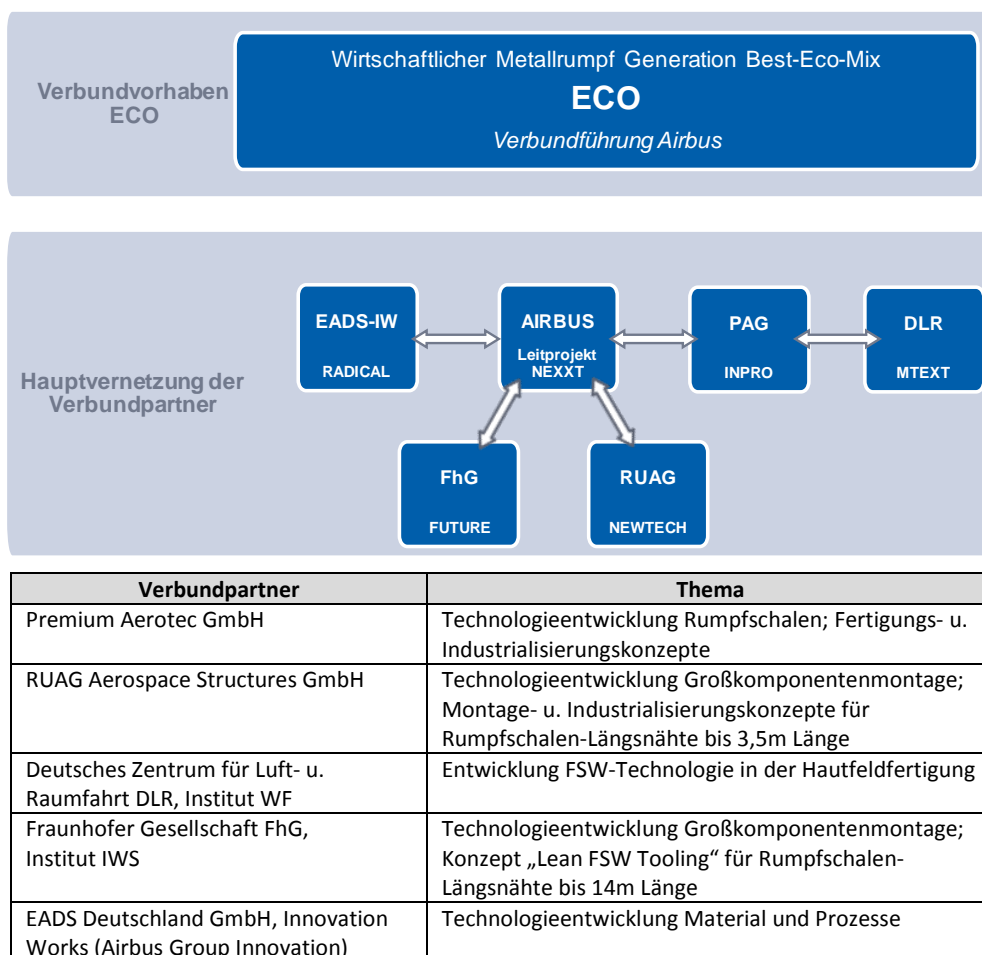


Abb. 1-8: Hauptvernetzungen zwischen den Partnern im Verbund ECO

Als Verbundführer und Industriepartner leitet Airbus Operations GmbH den Verbund ECO in LuFoIV-4 und gibt aus dem Projekt NEXXT die Leitthemen vor. Ein Projektschwerpunkt ist hierbei die Thematik „Architecture & Integration“, d. h. Einzeltechnologien (bspw. Arbeitspakete der Partner) müssen ganzheitlich in die Airbus-Konzepte für die Verwertungsperspektiven des Zeitraums 2015-2025 integrierbar sein – mit dem Hauptziel einer abgestimmten Gesamtkonzeption bzgl. Rumpf-Architektur (Abb. 1-9). Die wesentlichen Airbus Meilensteine sind in Kap.1.3 dargestellt. Basierend auf halbjährlichen Arbeitsfortschrittbesprechungen (AFB1 – AFB5) erfolgte die Integration der vereinbarten Partnerbeiträge (Abb. 1-10).

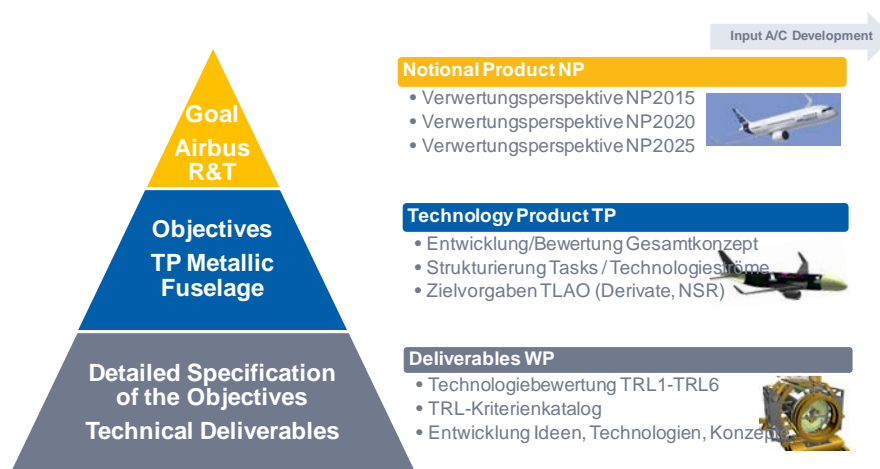


Abb. 1-9: Überblick und Strukturierung der Zielstellungen innerhalb Airbus-R&T TP Metallrumpf für potentielle Verwertungsperspektiven im Zeitraum 2015-2025

	2012	2013	2014	2015	
		06/12			
		ECO Kick-off, Airbus Bremen			
		02/13			
		AFB-1 PAG Nordenham			
		09/13			
			02/14		
			AFB-3 RUAG Oberpfaffenhofen		
			09/14		
			AFB-4 FhG IWS Dresden		
			02/15		
			AFB-5 AGI, Ottobrunn		
				05/15	
			ECO Abschluss, Airbus Hamburg		

Abb. 1-10: Arbeitsfortschrittbesprechungen Verbund ECO

1.5.2 Unterauftragnehmer

Die Zusammenarbeit mit anderen Stellen erfolgte gemäß dem Antrag 2011 sowie dem Änderungsantrag 2014 [6, 7]. Von zentraler Bedeutung für das Erreichen der Gesamtziele des Verbundvorhabens ist die Mitwirkung von Universitäten sowie spezialisierten kleinen und mittleren Technologieunternehmen im Unterauftrag. Tabelle 1-1 zeigt die beteiligten Unterauftragnehmer und deren Bezug zu den NEXXT Arbeitspaketen AP1-AP5.

Airbus Unterauftragnehmer	Thema	AP
TU Braunschweig IFL	Entwicklung und Strukturberechnung von Bauweisenkonzepten	AP4
TU Dresden IFKM	Entwicklung Vorhersagemodelle zum Strukturverhalten von Komponenten	AP1
TU Hamburg-Harburg	Entwicklung Bohr- und Niettechnologie	AP2
Sogclair GmbH Hamburg	Strukturmechanische Analysen und Weiterentwicklung von Strukturtests	AP1, AP2
Spitzner Engineers GmbH	Entwicklung eines parametrisierten CAD-Modells Typischer Rumpf	AP1, AP2
IMA Materialforschung GmbH	Test Rumpfschalen u. Panels sowie Weiterentwicklung von Testanlagen	AP1, AP5
YACHT TECCON Engineering GmbH	Konstruktionsarbeiten, Erstellung Bauunterlagen	AP1, AP2
Fraunhofer IWS	Entwicklung Fertigungskonzept MUVAX sowie Herstellung von Versuchsträgern/Testschalen	AP2
MATFEM Partnerschaft Dr. Gese & Oberhofer	Entwicklung von Vorhersagemethoden u. Berechnungen für Umformtechnologien	AP1
Aleris Aluminum Koblenz GmbH	Entwicklung neuer Werkstoffe vom Typ AlMgSc - Demo-Material/Halbzeuge TRL6	AP1
Constellium Aviatube, France	Entwicklung neuer Werkstoffe vom Typ AlLi - Demo-Material/Halbzeuge TRL6	AP1
Welser Profile AG	Technologieentwicklung Walzprofilieren für neue Al-Legierungen	AP1
Eickworth GmbH	Fertigung von R&T-Testartikeln	AP1, AP2
Premium Aerotec GmbH	Technologiebewertung Schalenfertigung u. Montage; Herstellung Testartikel	AP1, AP3, AP5
Innojoin GmbH & Co. KG	Bewertung Manufacturing-Readiness für den TRL-Prozess u. das Material M. Dossier	AP1, AP3
Bockfilm GmbH Bremen	Simulation mit C4D neuer Prozessketten u. Montagekonzepte, Entwicklung Projektfilmen/Visualisierung	AP2, AP5
Sogeti High Tech GmbH Hamburg	Analytische u. numerische Simulation neuer Rumpfstrukturkonzepte	AP3
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (GKSS)	Technologieentwicklung Friction Stir Welding	AP2

Tab. 1-1: Airbus-Unterauftragnehmer in NEXXT

2. ERGEBNISSE

2.1 ERZIELTE ERGEBNISSE

2.1.1 Rumpfschalenkonzepte

Die Erhöhung der Technologiereife der im Projekt MERGE (LuFoIV-1) entwickelten Rumpfschalenkonzepte Al-Scandium und Al-Lithium (Haut-Stringer-Spant) sowie deren Erweiterung bzgl. Türumgebungsstruktur ist das Hauptergebnis der Arbeitspakete AP1 und AP3. Im Folgenden werden die durchgeführten Untersuchungen zur Technologieentwicklung und zur Berechnung von Strukturgewicht und Herstellkosten dargestellt:

- (1) AP1 Rumpfschalenkonzept AlMgSc TRL5
- (2) AP1 Rumpfschalenkonzept AlCuLi TRL4
- (3) AP3 Türumgebungsstruktur TRL2
- (4) AP5 Validation Plattform.

(1) AP1 Rumpfschalenkonzept AlMgSc TRL5 (Abb. 2-1)

- a) Validierung Gewichtseinsparung 500kg (Abb. 2-2)
 - Materialkennwerte AlMgSc 5028 inkl. elastisch-plastischer Materialparameter Zug-/Druck-Beanspruchungen [8]
 - Statik *Design Allowables* 5028: Strukturmechanische Tests
 - *Design Principles* minimale Dicke 1,2mm für Haut 5028 und Spant 2196
 - *Design Principles* minimale Dicke 1,0mm Stringer 5028 und 2196
- b) Umformtechnologie 3D Kriechformen/Relaxation AlMgSc-Haut (Abb. 2-3)
 - Umformkennwerte AlMgSc 5028 für Temperaturbereich bis 320°C
 - Simulation und Vorhersage 3D Umformverhalten großer Hautfelder
 - Fertigungsdemonstration im Bereich Sektion17: Integration Arbeitsanteil PAG Projekt INPRO
- c) Integralspant AlCuLi (Abb. 2-4)
 - *Pre-Design* Integralspant im 3D Bereich Sektion 17
 - Strangpress-Halbzeug 2196 (Zusammenarbeit mit Zulieferer Constellium)
 - Demonstration Streckziehfähigkeit Temper T4 und T8
 - Demonstration Fräsen und Verzugsminimierung: Integration Arbeitsanteile PAG Projekte INPRO und INNOFLEX (Kap. 2.3)
- d) TRL5 Fertigungsdemonstrator (Abb. 2-5) mit Integration aller *Key Features* (Integration Arbeitsanteil PAG Projekt INPRO)
 - AlMgSc Haut: 3D Umformung, FSW
 - AlMgSc Stringer: LBW u. Kleben, Rollformen
 - AlCuLi Integralspant: 3D Umformung, Fräsen, Montage Nietten.

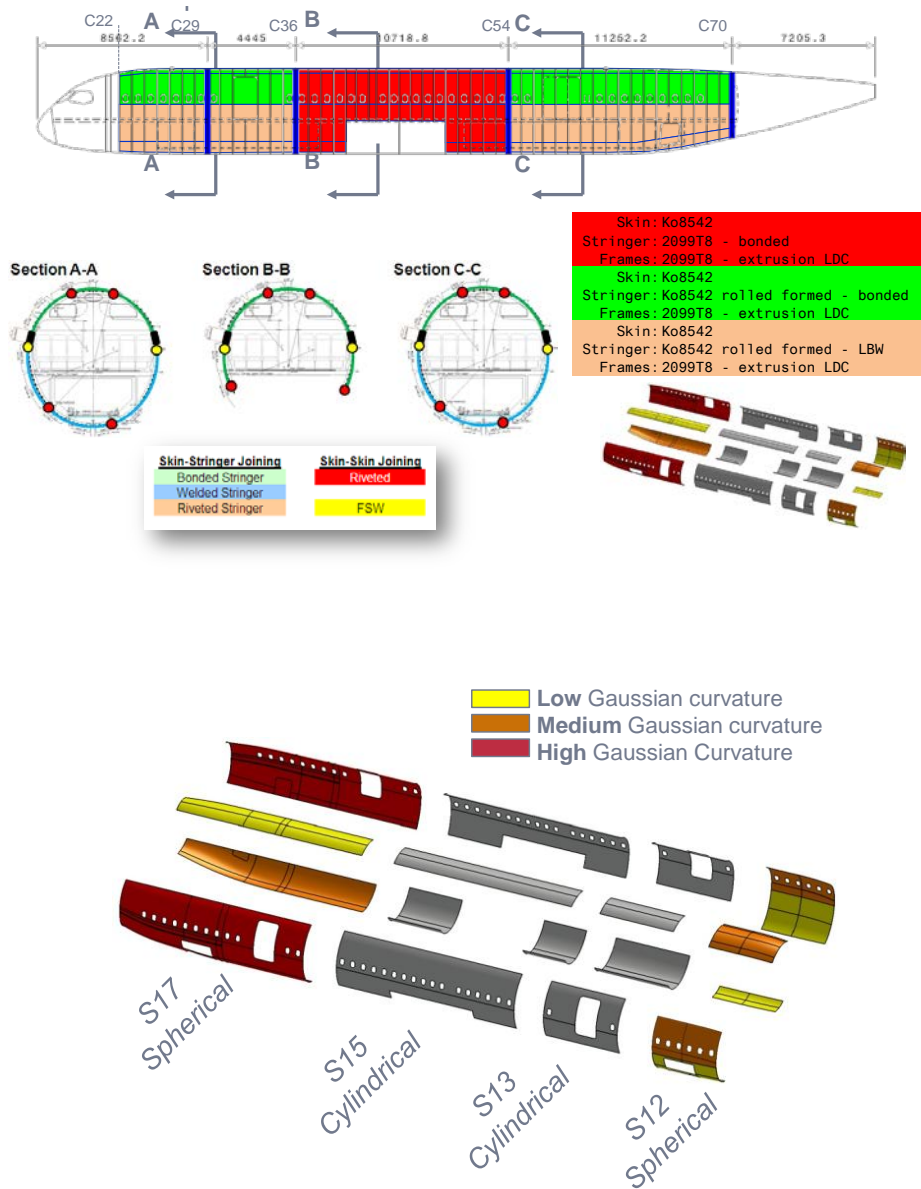
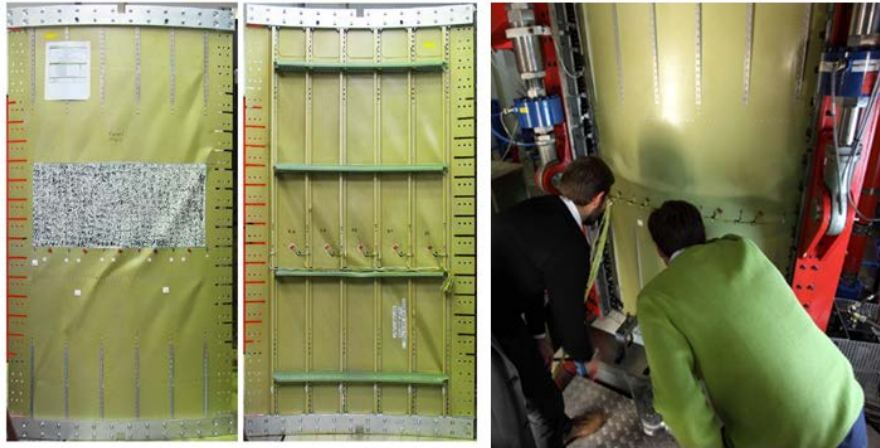


Abb. 2-1: Beschreibung AP1 Rumpfschalenkonzept AlMgSc Haut, Stringer, Spant



Validierung Gewichtseinsparung ca. 500kg

- *Static Design Allowables*: Strukturmechan. Tests mit Beanspruchung Druck, Schub, Schub-Druck
- 3 Testschalen NC2: 1,2 mm Rumpfhaut AIMgSc 5028 + geklebter Stringer AlCuLi
- 3 Testschalen NC3: 1,2 mm Rumpfhaut AIMgSc 5028 + LBW-Stringer AIMgSc
- 3 Testschalen NC1: Vergleich mit 0,85 Hautdicke FML (AP4 RNI_1-8)

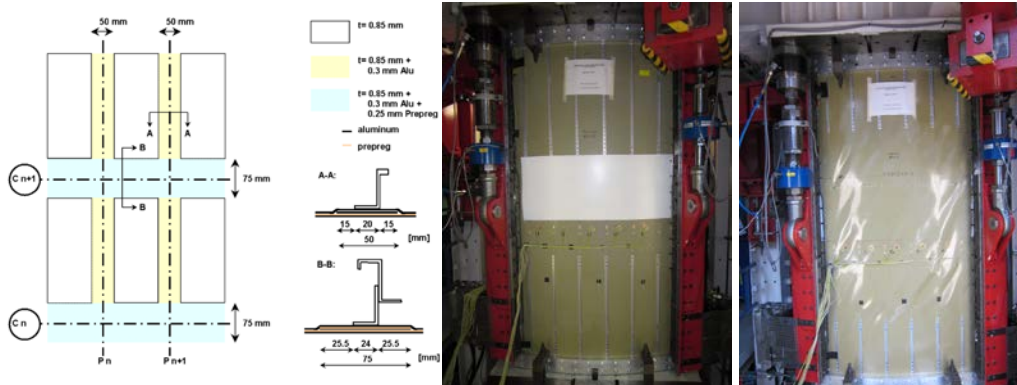


Abb. 2-2: Strukturmechanischer Test: zylindrische Schub-Druck-Schalen NC (2,5m x 1,2m)



Umformtechnologie 3D Kriechformen/Relaxation AIMgSc

- Umformkennwerte AIMgSc 5028 für Temperaturbereich RT bis 320°C
- Simulation und Vorhersage 3D Umformverhalten *Full Size Panel-10 A318 in near industrial environment* → Fertigungsversuche Panel-10 sind Arbeitsanteil PAG INPRO

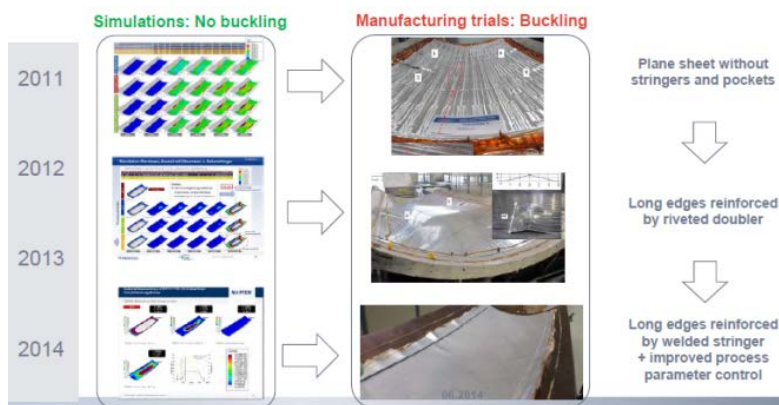
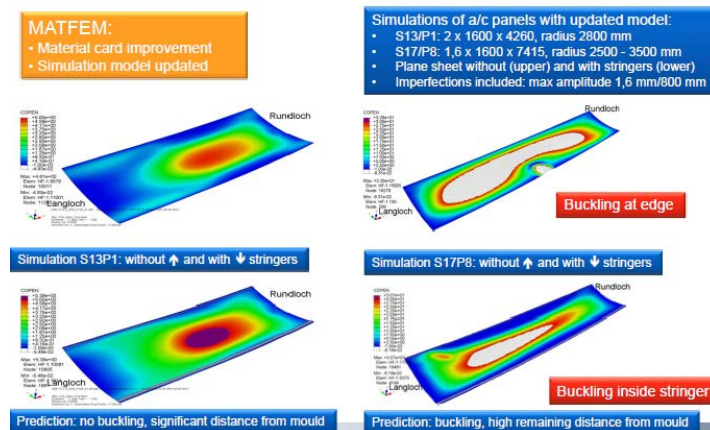
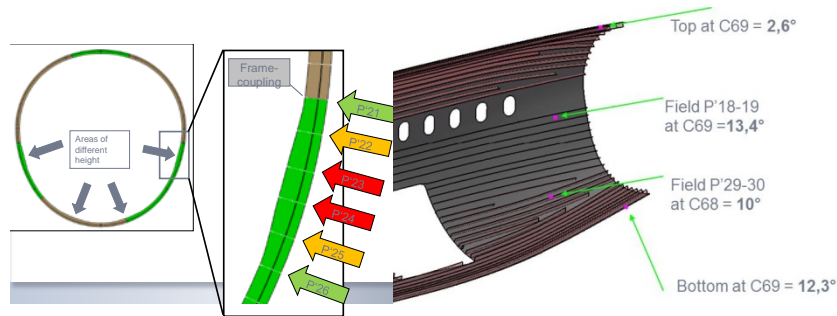


Abb. 2-3: Technologieentwicklung 3D Kriechformen/Relaxation AIMgSc-Haut

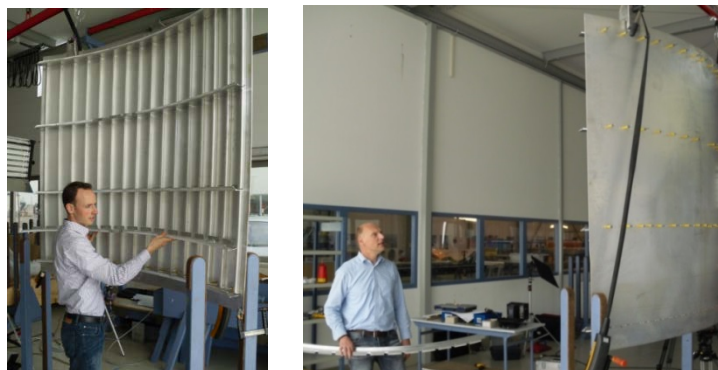


Integralspant AICuLi 2196

- Pre-Design A30X Anforderungen: Geometrie, Biegemomente, Schadenstoleranz ‚2-bay-crack‘
- Design-Varianten für Optimierung Buy-to-Fly
- Validierung Extrusion Halbzeug: Airbus Material Cooperation Constellium
- Bewertung Zugänglichkeit Montage A30X Rumpfgeometrie



Abb. 2-4: Technologieentwicklung Integralspant AICuLi



TRL5 Demonstrator in Kooperation mit PAG → Arbeitsanteil INPRO

- „all key features demonstrated in near industrial environment“
- Material AIMgSc 5028, 3D-Umformung, FSW, LBW, Montage Integralspant AICuLi 2198

Abb. 2-5: TRL5 Fertigungsdemonstrator: Integration aller Key Features Rumpfschalenkonzept AIMgSc

(2) AP1 Rumpfschalenkonzept AlCuLi TRL4 (Abb. 2-6, 2-7)

- a) Validierung Gewichtseinsparung 500kg
 - *Fatigue & Damage Tolerance* Kennwerte Material 2198
 - Einflussfaktoren durch Hautdickenvariation 1,2mm bis 3,2mm
 - Einflussfaktoren durch tiefe Temperaturen -35°C
- b) Umformtechnologie 3D Streckziehen Haut 2198
 - Entwicklung Streckziehfähigkeit durch Variation 3D Geometrie, Umformgeschwindigkeit und Temper T3, T4, T8
 - TRL4 Fertigungsdemonstrator zur Bewertung der Streckziehfähigkeit inkl. Design-to-Manufacturing bzgl. Temper
- c) Kostenvergleich AlCuLi vs. AlMgSc.

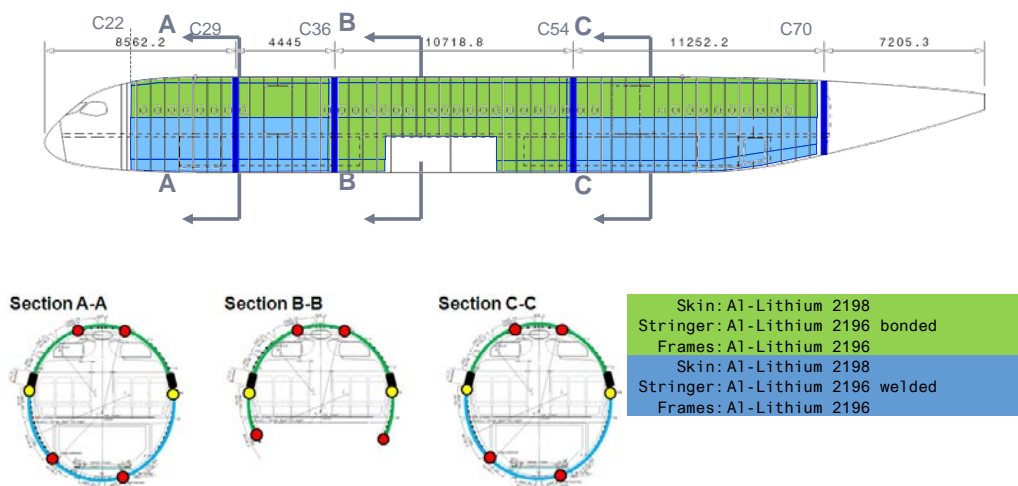
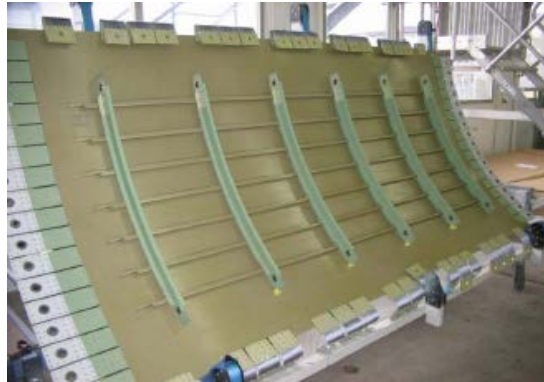


Abb. 2-6: Beschreibung AP1 Rumpfschalenkonzept AlCuLi Haut, Stringer, Spant



- Bewertung und Validierung
 - Fatigue & Damage Tolerance Allowables*
 - Material 2198 + tiefe Temperaturen -35°C
 - Material 2198 Hautdicke 1,2mm – 3,2mm
 - Kleben, LBW, FSW



A319 lower rear 2198 T82 fuselage panel 10

crack at grips of A319 lower rear 2198 T82 fuselage panel 10

	Reference - SoA		Al-Li trials - PAG		
Delivery state			2198 - O	2198 - O	2198 – T3S
Stretch forming		1st stretch		1st stretch	1st stretch
SHT/ quench	W temper	W temper	W temper	W temper	
Natural aging	Max 2h RT	Max 2h RT	8h RT	8h RT	
Stretch forming	1st stretch	2nd stretch	1st stretch	2nd stretch	
Aging	Natural aging	Natural aging	14h oven	14h oven	14h oven
Assessment					
A319 S17 Panel 1 (simple geo.)			Acceptable (not achieved 2% stretch rate?)	-	Lüderlines in not painted skin
A319 S17 Panel 10 (complex geo.)			Weak Lüderlines, Low spring back	Acceptable	Strong Lüderlines
Achievement: successful AlCuLi stretch forming without Lüderlines and low spring back Open development: exploitation of cost saving opportunities and steering of Constellium's material development to reduce Lüderlines in T3S					

- Streckziehen 2198
 - Entwicklung Wärmebehandlungszustand F, O, T3S, T8
 - ohne Lüders Linien (Validierung Panel 1 und Panel 10 ist Arbeitsanteil PAG INPRO)

Abb. 2-7: Technologieentwicklung AlCuLi 2198 – Schadentoleranz und Umformbarkeit

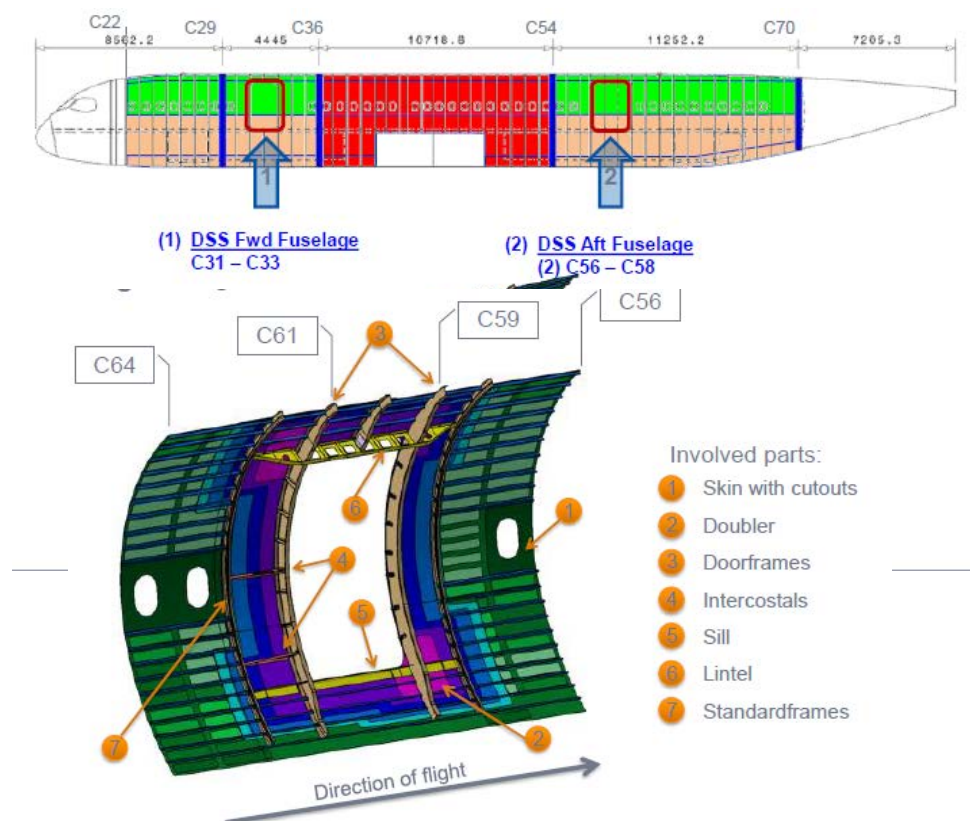
(3) AP3 Türumgebungsstruktur TRL2 (Abb. 2-8, 2-9)

a) Architektur

- Vervollständigung Rumpfschalenperimeter von AP1: gestörte Strukturen durch Türausschnitte
- Gewichtsreduzierung durch geringere Türanzahl, aber größere Türen und Optimierung Türposition

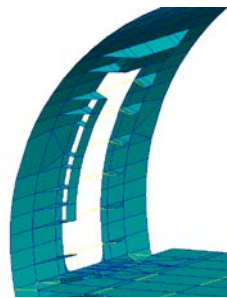
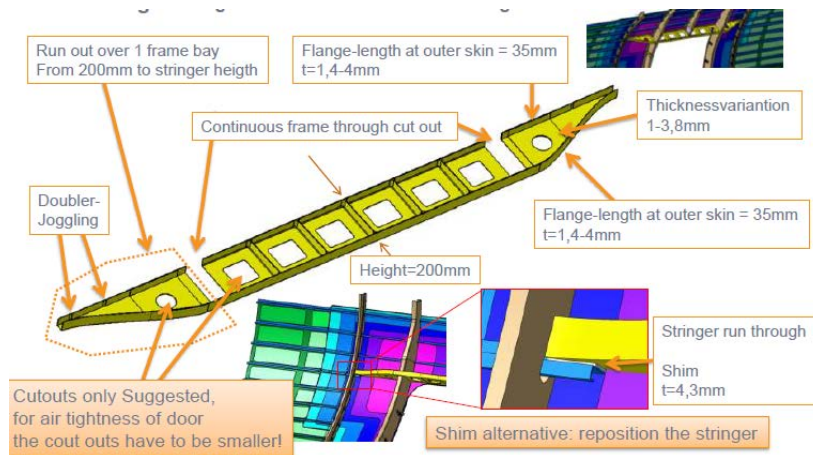
b) Technologieentwicklung und Konstruktionsprinzipien

- Türecken AlMgSc und geklebte Türeckendoppler
- Türbalken AlCuLi (Lintel, Sill) vs. Torsionsbox 2024
- Konstruktion Türrahmenspannte mit kreuzender FSW-Naht in der Haut.

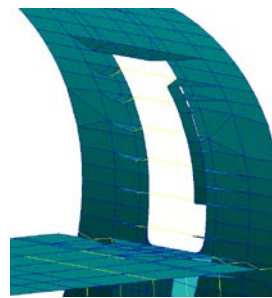


- Vervollständigung Rumpfschalenperimeter: Türpositionen, Türgröße, Türanzahl
- Design und Technologieentwicklung: Door cut-out, Doubler, Lintel, Sill, Frames, Intercostals
- Gewichtsreduzierung durch geringere Türanzahl → aber größere Türen

Abb. 2-8: Beschreibung AP3 Konzept Türumgebungsstruktur

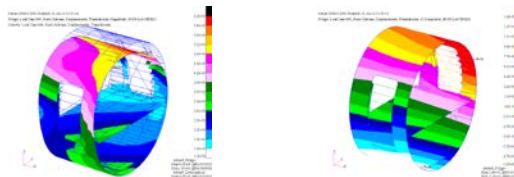


Torsion box RHS



Single lintel LHS

- Below shown are the displacements plots for the static load case 694 (U2GLR321 Ultimate)



- Below shown are the displacements plots for the fatigue load case 923 (2ΔP_{static})

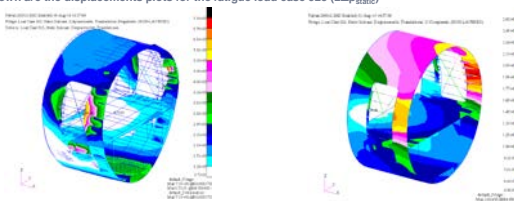


Abb. 2-9: Überblick Sub-Konzept Türbalken: GFEM Lintel inkl. neue Legierung Typ AlCuLi im Vergleich zum Stand der Technik *Torsionsbox*

(4) AP5 Validation Plattform

Im Folgenden wird das Ergebnis der *Validierungsplattform TRL6 2018* bzgl. Modularisierung vorgestellt, d. h. die jeweiligen TRL6-Demonstratoren von AP1 und AP3 sind so konzipiert worden, dass sich Vorrichtungen und Fertigungsanlagentechnik auch für die Demonstration der MCA/FAL-Konzepte in AP2 nutzen lassen. Im Folgenden werden die wesentlichen Parameter zur Demonstration TRL6 aufgeführt bzw. im Überblick in Abb. 2-10 dargestellt:

- a) Rumpfschalenkonzept *Al-Scandium*
 - Demonstrator-Abmessungen mit Länge 10 m und Breite von 2,4 m
 - 3D-Geometrie mit Krümmungsradien A320 Sektionsbereich 17
 - Untere Seitenschale mit Längsnaht FSW und Längsnaht Nieten
- b) Türumgebungsstrukturen
 - Demonstrator-Abmessung mit Länge 3,5 m und Breite 2,4 m
 - 2D-Geometrie A321 Sektionsbereich 16A
 - Seitenschale mit genieteten Längsnähten
- c) Großkomponentenmontage
 - 3D-Geometrie mit Krümmungsradien A320
 - FSW Längsnaht Oberschale mit Länge 10 m, A320 Sektion 17
 - FSW Längsnaht Seitenschale mit Länge 10 m, A320 Sektion 17
 - Genietete Umfangsnaht Sektion 17 A320 mit Sektion 16A A321 mit FAL-Stringerkupplungen durch Stanznieten.

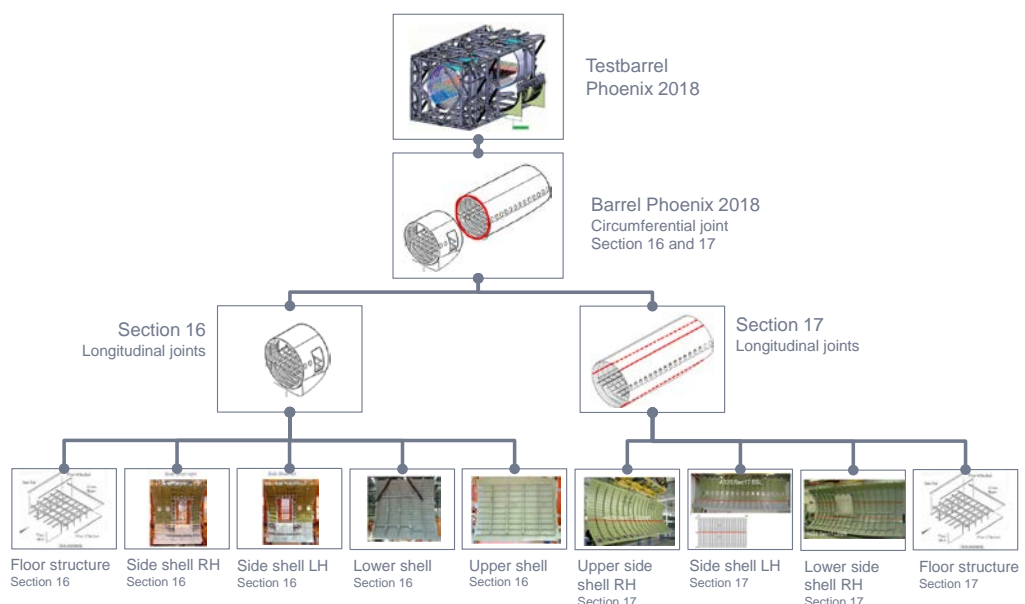


Abb. 2-10: Validierungsplattform TRL6 für die Technologieinhalte AP1, AP2 und AP3

2.1.2 Konzepte Großkomponentenmontage

Die Erhöhung der Technologiereife der im Projekt MERGE (LuFoIV-1) entwickelten Konzepte für die Großkomponentenmontage *MCA Längsnaht* und *FAL Umfangsnaht* ist das Hauptergebnis von Arbeitspaket AP2. Im Folgenden werden die durchgeführten Untersuchungen zur Technologieentwicklung und zur Berechnung von Herstellkosten, Durchlaufzeit sowie Strukturgewicht dargestellt:

- (1) AP2 Konzept Großkomponentenmontage MCA Längsnaht TRL4 (Abb. 2-11, 2-12)
 - a) Schweißen der Längsnaht im Stumpfstoß
 - b) Technologie FSW mit Bobbin-Tool
 - c) 3D Vorrichtungskonzept MUVAX (Multi Use Vacuum Assisted Exoskeleton) für Zugänglichkeit von außen, d.h. kein Tooling auf der Rumpffinnenseite erforderlich; autonomer FSW-Trolley von außen; Spanntechnik mittels Vakuum
 - d) Reduzierung Herstellkosten MCA und Reduzierung Strukturgewicht
- (2) AP2 Konzept Großkomponentenmontage FAL (Abb. 2-13)
 - a) Umfangsnaht Stringerkupplungen TRL3
 - Technologie Stanznieten der Stringerkupplungen, inkl. Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten und zum Oberflächenschutzkonzept
 - Stahl-Vollstanzniet ohne Vorbohren der Stringerkupplungen
 - Reduzierung Durchlaufzeit FAL
 - b) Umfangsnaht Zugbolzen TRL3
 - Ringspant-Konzept mit Titan Zugbolzen
 - Einfaches FAL Toleranzmanagement
 - Reduzierung Durchlaufzeit FAL, aber Erhöhung RC Einzelteile, MCA.
- (3) AP5 Validation Plattform TRL6 (siehe Kap. 2.1.1).

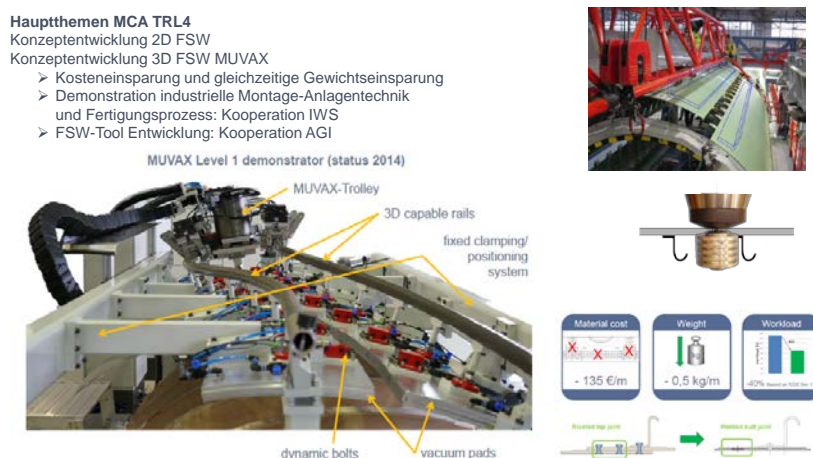


Abb. 2-11: Überblick MCA-Konzept MUVAX: Kinematik, FSW-Trolley, Spanntechnik

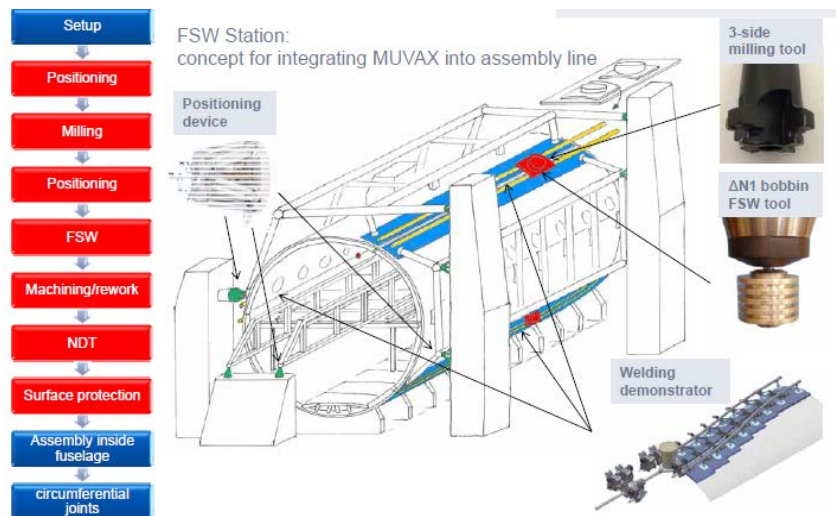


Abb. 2-12: Überblick Prozesskette MUVAX: MCA-Konzept „Schweißtechnologie-FSW“

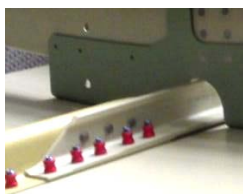
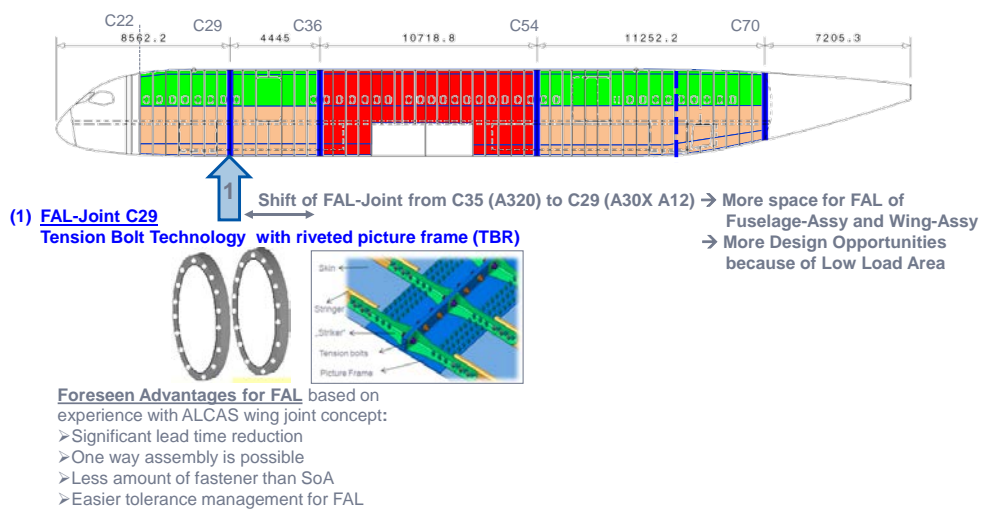
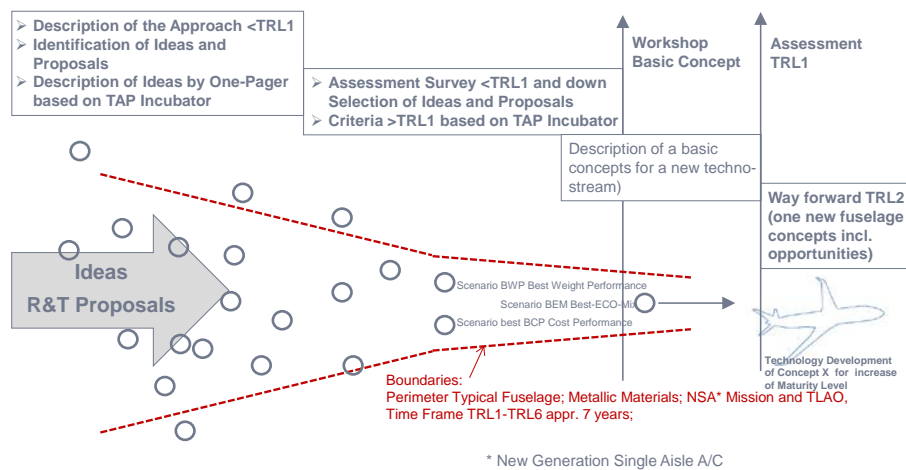


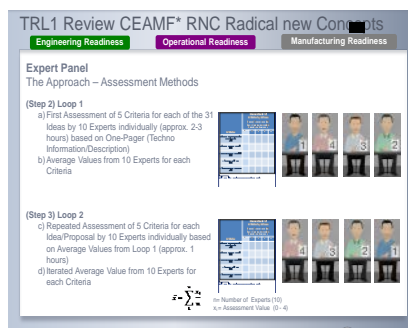
Abb. 2-13: Überblick FAL Konzepte Ringspann/Zugbolzen und Stanznieten Stringerkupplungen

2.1.3 Radikal neue Ideen

Die Beschreibung von neuen Ideen für ein Rumpfkonzert im Hinblick auf einen Entwicklungshorizont TRL6 in 2021/22 erfolgte in Form von 35 Steckbriefen (One-Pager), inklusive Angaben zu Vor- und Nachteilen. Im Projekt NEXXT wurden diese Konzeptideen in Bezug auf die Bereiche Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Bauweise, Strukturmechanik und Montage strukturiert. Mit Hilfe der Bewertungsmethodiken *Delphi-Methode*, *Scenario-Analyse* und *Nutzwertanalyse* erfolgte eine systematische Auswahl von Ideen sowie die Festlegung einer Vorgehensweise zur Bewertung von neuen Gesamtrumpfkonzerten. Die Auswahl erfolgte auf Basis einer Expertenbewertung nach den Kriterien Strukturgewicht, RC, NRC, Durchlaufzeit und Wartungsaufwand (Abb. 2-14).



- > **Cost-Benefit-Analysis** – Definition of Criteria (Weight, RC, NRC, Lead Time, Maintenance Cost)
- > **Delphi Method** – Evaluation by Experts (Survey Loop1 and Loop2, Workshop Loop3)
- > **Scenario Development** – Weighting of Criteria (Cost Performance, Weight Performance)



Criteria	Assessment of Criteria by Airbus				
	0	1	2	3	4
reduction structure weight/ aircraft weight (P1)					
reduction recurring cost RC (M1)					
Low non-recurring cost NRC (M2)					
reduction Lead Time (M3)					
reduction maintenance cost (O1)					
Comments (additional Ideas to this topic; potential risks etc.):					
...					
...					

Abb. 2-14: Vorgehensweise und Bewertungsmethodik zur Auswahl von Ideen und Sub-Konzerten

Das Ergebnis dieser Konzeptentwicklung, d.h. die abschließende Bewertung von Basiskonzepten mit 11 bzw. 13 ausgewählten Einzeltechnologien und deren Kombination basiert auf der Durchführungen eines TRL1-Reviews. Hierbei konnte erfolgreich dargestellt werden, dass im Technologieprodukt *Metallrumpf*, über die aktuellen Untersuchungen in AP1 bis AP3 hinausgehend, weitere Ideen vorhanden sind. In AP4 wurden zwei Szenarien für ein radikal neues Komponentenkonzept entwickelt: Szenario-1 *Best-Weight-Performance* (Abb. 2-15) und Szenario-2 *Best-RC-Performance* (Abb. 2-16).

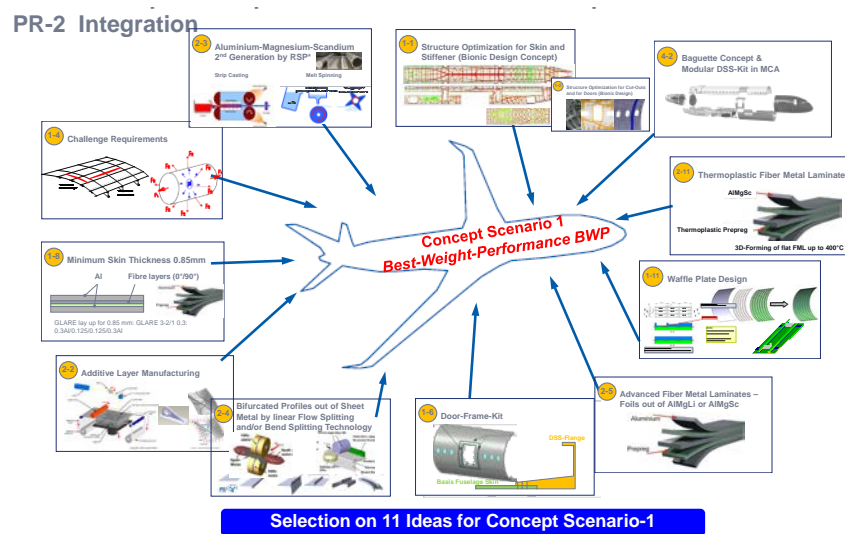


Abb. 2-15: Technologieauswahl und TRL1-Konzeptbeschreibung RNC: Szenario-1 *Best-Weight-Performance*

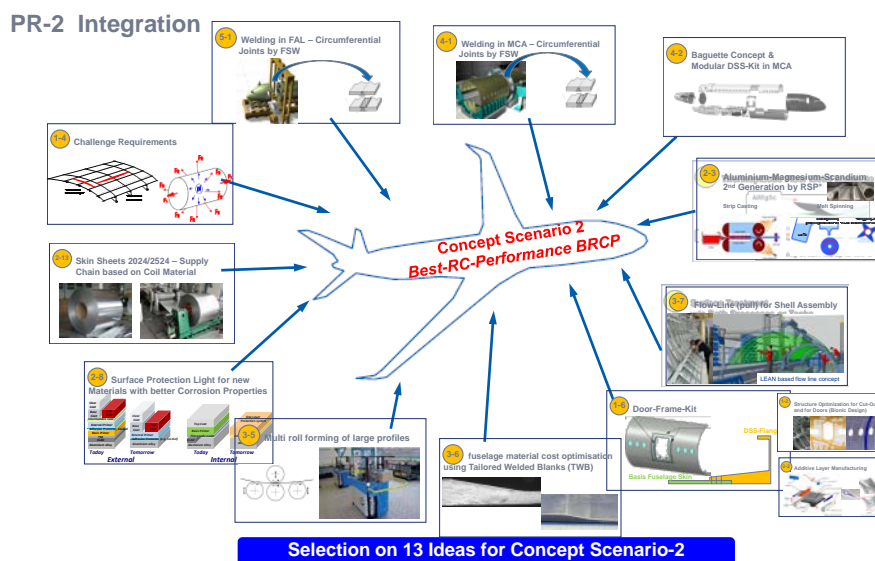


Abb. 2-16: Technologieauswahl und TRL1-Konzeptbeschreibung RNC: Szenario-2 *Best-RC-Performance*

2.2 NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE

Die im Projekt NEXXT entwickelten Technologien werden im Hinblick auf ihre Verwertung sowohl der Produktentwicklung zukünftiger Derivate bzw. leistungsgesteigerten Varianten existenter Flugzeuge als auch einem Gesamtkonzept im Rahmen einer völlig neuen Auslegungsphilosophie für zukünftig geplante Airbus-Flugzeugmuster zugeführt.

Die derzeitige Planung einer Verwertung in zukünftigen Flugzeugprogrammen sieht eine Technologiebereitstellung für einen kurz- bis mittelfristigen Zeitrahmen vor (2015-25). Die Bereitstellung einer Technologie setzt das Erreichen des Reifegrades TRL6 voraus, um eine Entscheidung über die Einführung mit einem kalkulierbaren Restrisiko zu erlauben. Die Ergebnisse von NEXXT (LuFoIV-4) werden für eine Verwertung an Folgeprojekten übergeben (LuFoV-1, LuFoV-2) und dadurch wesentlich zur Erreichung des notwendigen Technologiereifegrades TRL6 beitragen.

2.3 RELEVANTE ERGEBNISSE DRITTER

Wesentliche Ergebnisse Dritter entstanden innerhalb des LuFoIV-4 Verbundes ECO (Wirtschaftlicher Metallrumpf – Generation Best-Eco-Mix) und sind in den jeweiligen Abschlussberichten der Partner Premium Aerotec, RUAG, DLR, Fraunhofer und EADS-IW (Airbus Group Innovation) dokumentiert. Im Rahmen der Abschlussveranstaltung ECO erfolgten Präsentationen der finalen Partnerergebnisse sowie ein abschließender Informationsaustausch mit dem Projektträger PT-LF (Abb. 2-17). Darüber hinaus gab es zum AP1 Thema *Integralspant* eine Zusammenarbeit mit dem PAG Projekt INNOFLEX [9].

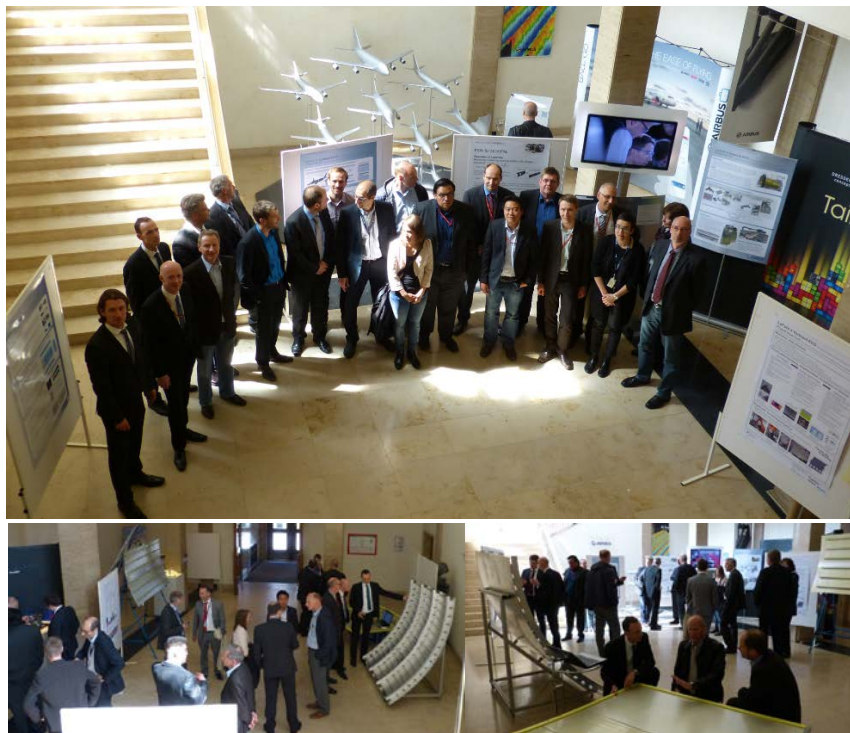


Abb. 2-17: Abschlussveranstaltung Verbund ECO, Airbus Hamburg, Mai 2015

Außerdem konnte im Rahmen des Arbeitspaketes AP4 eine Kooperation mit dem Verbund OSCAR (Oesterreichische Supply Chain für Aluminium-Rumpfkomponten) vereinbart werden. Hierbei handelt es sich um das österreichische Luftfahrtprogramm TAKE OFF [10]. Der Bezug zum Projekt NEXXT besteht in der Weiterentwicklung von Halbzeugen für Stringer- und Spantprofile aus Aluminiumwerkstoffen des Typs AlMgSc: Festigkeitssteigerung mittels erhöhtem Sc-Legierungsgehalt durch den Schnellerstarrungsprozess *Strip Casting*.

3. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] J. Hackius: *Metallrumpf neuer Generation – MERGE*; Schlussbericht LuFoIV-1, Airbus Dokument ESIRS_X53RP1302592, Januar 2013
- [2] *Criteria TRL Structure Components*, Airbus Dokument STP_SC_TRL_CRIT_090310_TRL Criteria for STP SC_D08025775_v5, 2009
- [3] *Airbus Readiness Level Process*, Airbus-Dokument ET_DOC_100112_Airbus TRL AP Issue 4.2; 2009
- [4] F. Eberl, Global Aerospace, Issoire, France: “AIRWARE™ – Light weight technology for future metallic airframes”; Aeromat-2011, Long Beach, May 2011
- [5] Hackius, J.: *ECO – Wirtschaftlicher Metallrumpf Generation Best-Eco-Mix*; Verbundbeschreibung für den 4. Aufruf in LuFoIV (2012-2015); Airbus Dokument ESIRS X53WD1103296, Juli 2011
- [6] Hackius, J.: *NEXXT – Modulare Konzeption innovativer metallischer Strukturkomponenten für die nächste Rumpf-Generation (Modular Conception for the next Generation of innovative Metallic Fuselage Components)*; Vorhabenbeschreibung für den 4. Aufruf in LuFoIV (2012-2015); Airbus Dokument ESIRS X53D11023739, Juli 2011
- [7] Niemeyer, U.: *Entsperrungs- / Änderungsantrag ECO-NEXXT*; Airbus Dokument FTGG, Juni 2014
- [8] Franeck, J.: *Bestimmung elastisch-plastischer Materialparameter von Flugzeug-Aluminiumblechen unter niederzyklischen Zug-/Druck-Beanspruchungen*; Dissertation TU Dresden, Mai 2014
- [9] Schröder, S.: *INNOFLEX – Innovative und flexible Fertigung von Flugzeugbauteilen aus Hochleistungswerkstoffen*; Vorhabenbeschreibung (Entwurf) zum Förderantrag 2013-15; Premium Aerotec GmbH, Oktober 2012
- [10] Gradinger, R.: *OSCAR – Oesterreichische Supply Chain für Aluminium-Rumpfkomponten*; Vorhabenbeschreibung zum Förderantrag 2013-15 im Rahmen der 9. Ausschreibung "Das österreichische Luftfahrtprogramm TAKE OFF", September 2012

4. ABKÜRZUNGEN

A/C	Aircraft
AGI	Airbus Group Innovation
Al	Aluminium
ALM	Advanced Layer Manufacturing
AP	Arbeitspaket
AZK	Richtlinien Bundesministerium BMBF – Antrag auf Gewährung einer Bundeszuwendung an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CFK	Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
DOC	Direct Operating Costs
DSG	Lebensdauer-Ziel – Bezug sind Flugzyklen, Flugstunden und/oder Lebenszeit
DSS	Door Surround Structure
EADS-IW	EADS Innovation Works
ECO	Verbund LuFoIV-4 <i>Wirtschaftlicher Metallrumpf Generation Best-Eco-Mix</i>
FAL	Final Assembly Line
FE	Finite-Element-Method
FML	Fiber Metal Laminate
FSW	Friction Stir Welding
GFEM	Global Finite-Element-Method
GLARE	Glass-Reinforced Fibre Metal Laminate
HSB	Handbuch Struktur Berechnung
INNOFLEX	PAG Projekt <i>Innovative und flexible Fertigung von Flugzeugbauteilen aus Hochleistungswerkstoffen</i>
ISSY	Airbus-Tool (Integrated Structural Mechanics System) – Strukturmechanische Berechnungen für Flugzeugrumpfstrukturen und Reservefaktoren
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LBW	Laser Beam Welding
Li	Lithium
LR	Long Range
MCA	Major Component Assembly
MERGE	Airbus Projekt LuFoIV-1 <i>Metallrumpf neuer Generation</i>
MIL	Milestone Review
ML	Metal Laminate
MUVAX	MCA/FAL-Konzept “Multi Use Vacuum Assisted Exoskeleton”
M&P	Materials and Processes
NDT	Nondestructive Testing
NP	Notional Product – Verwertungsperspektive Airbus R&T
NSR/NSA	New Short Range Aircraft
OAD	Overall Aircraft Design
OWA	MCA/FAL-Konzepte “One Way Assembly”
PAG	Premium Aerotec GmbH

RNC / RNI	Radical new Concepts / Radical new Ideas
PT-LF	Projekträger Luftfahrtforschung und -technologie
RC	Recurring Cost (Herstellkosten)
PMA	Airbus Department – Material and Parts Procurement – Aluminium
RUAG	RUAG Aerospace Structures GmbH, Oberpfaffenhofen
RWC	Riveting Without Crack Stopper – Konzept MCA-Längsstoß
R&T	Research and Technology
SA	Single Aisle
Sc	Scandium
SSF	Skin-Stringer-Frame
TA	Teilaufgabe
TP	Technology Product
TRL	Technology Readiness Level
WP	Work Package

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel NEXXT (Verbund ECO) Modulare Konzeption innovativer metallischer Strukturkomponenten für die nächste Rumpf-Generation	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Hackius, Jens	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2013
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation -
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Airbus Operations GmbH Kreetslag 10 21129 Hamburg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution N53RP1530013
	10. Förderkennzeichen 20W1111A
	11. Seitenzahl 31
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 27
16. Zusätzliche Angaben -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -	
18. Kurzfassung Gesamtziel des Vorhabens NEXXT ist die Technologie-Entwicklung effizienter metallischer Rumpfstrukturen mit signifikanter Gewichtsreduzierung und gleichzeitiger Erfüllung aktueller bzw. zukünftiger Anforderungen im Hinblick auf Herstellkosten, Industrialisierung, Lebensdauer, Schadenstoleranz und Kabinenkomfort.	
19. Schlagwörter Airframe, lightweight design, structure, fuselage, metal, aluminum	
20. Verlag -	21. Preis -

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) closure report
3. title NEXXT	
4. author(s) (family name, first name(s)) Hackius, Jens	5. end of project 31.03.2015
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Airbus Operations GmbH Kreetslag 10 21129 Hamburg	9. originator's report no. N53RP1530013
	10. reference no. 20W1111A
	11. no. of pages 31
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references
	14. no. of tables 1
	15. no. of figures 27
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract The overall target of the compound project NEXXT is the technology development of efficient metallic fuselage structures. Hereby a significant weight reduction is an important aspect. At the same time also requirements regarding to manufacturing cost, industrialisation, lifetime, impact tolerance and cabin comfort have been targeted.	
19. keywords Airframe, lightweight design, structure, fuselage, metal, aluminum	
20. publisher	21. price