HOCHSCHULE HANNOVER
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES AND ARTS
–
Fakultät II
Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Bioverbundwerkstoffe im Einsatz für die Luftfahrt

aus der IfBB-Webinarreihe: „Biowerkstoffe im Fokus!“
unter der Leitung von
Prof. Dr. Andrea Siebert-Raths
und Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres
Moderation: Dr. Lisa Mundzeck

© IfBB/Russo

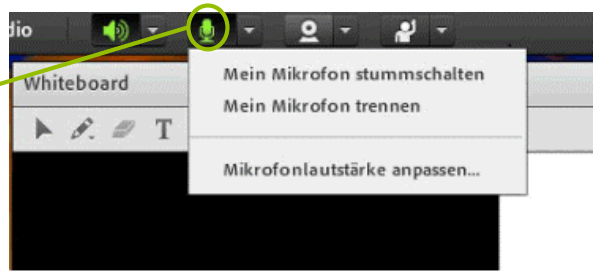
Anna Dörgens

20.06.2019

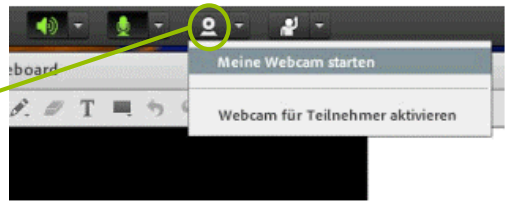
Ablauf

- **Dauer ca. 30 Minuten**
- **Webinar wird aufgezeichnet**
- **Anschluss-E-Mail mit ausführlichem Skript**
- **Fragen nach dem Vortrag: Module „Chat“ oder „Frage & Antworten“ nutzen**
- **Fragen werden am Ende des Vortrags beantwortet**
- **Diskussionsteilnahme mittels Headset oder Telefon (Anleitung rechts)**

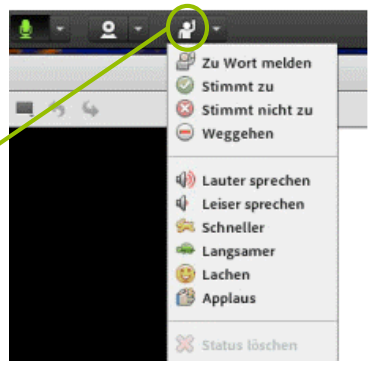
1. Zum Sprechen Mikrofon aktivieren.
(ggf. seitens Moderation abgeschaltet.)



2. Für Video Webcam aktivieren.
(ggf. seitens Moderation abgeschaltet.)



3. Wort- und Rückmeldungen für Referenten mittels Feedbackwerk-zeugen



Wenn Sie mich NICHT hören können, versuchen Sie bitte telefonisch unter der folgenden Rufnummer am Webinar teilzunehmen: +49 30 200 97936405

Verbundprojekt InteReSt

Funktionsintegrative und ressourcenschonende Leichtbaustruktur für die Luftfahrt

- Laufzeit: 2016-2019, Förderung: BMWi
- Projektpartner: Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie der TU München, Professur für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz
- Musterbauteile: Höhenleitwerk und Kabinentür
- Ziele:
  - Steigerung des Anteils nachhaltiger Rohstoffe in der Luftfahrt
  - Kombination von Biowerkstoffen mit klassischen Luftfahrtwerkstoffen zu Hybridverbunden
  - Nutzung vorteilhafter Eigenschaften von Naturfasern
  - Untersuchung von Brandverhalten und Recyclingmöglichkeiten

Quelle: edm aerotec GmbH

- Teilvorhaben des IfBB: Auswahl, Charakterisierung, Brandverhalten, Recycling und ökologische Bewertung von Materialien für die ressourcenschonenden Leichtbaustrukturen für die Luftfahrt

- MATERIALAUSWAHL UND CHARAKTERISIERUNG
- BRANDUNTERSUCHUNGEN UND RECYCLINGMÖGLICHKEITEN
- ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG

AUSWAHL UND CHARAKTERISIERUNG RESSOURCENSCHONENDER LUFTFAHRTWERKSTOFFE

Materialauswahl

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Marktrecherche verfügbarer Materialien → Bewertungs-matrix → Auswahl der Materialien für Simulation → Kennwert-bestimmung für Simulation

Kriterium	Relevanz	Textur			Bindungsart				
		Endlosmatte	Gelege	Gewebe	Keine Bindung (UD)	Keine Bindung (wirr)	Atlas	Köper	Leinwand
Bioanteil	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mechanik	4	1	5	4	5	1	4	3	2
Drapierbarkeit	3	4	2	3	2	4	4	4	2
Verschiebefestigkeit	4	4	2	3	2	4	2	4	4
Preis	2	4	2	2	3	4	2	3	3
Brandschutzausrüstung	5	2	3	3	3				5
Prepreg (duroplastisch)	2	3	2	3	2				4

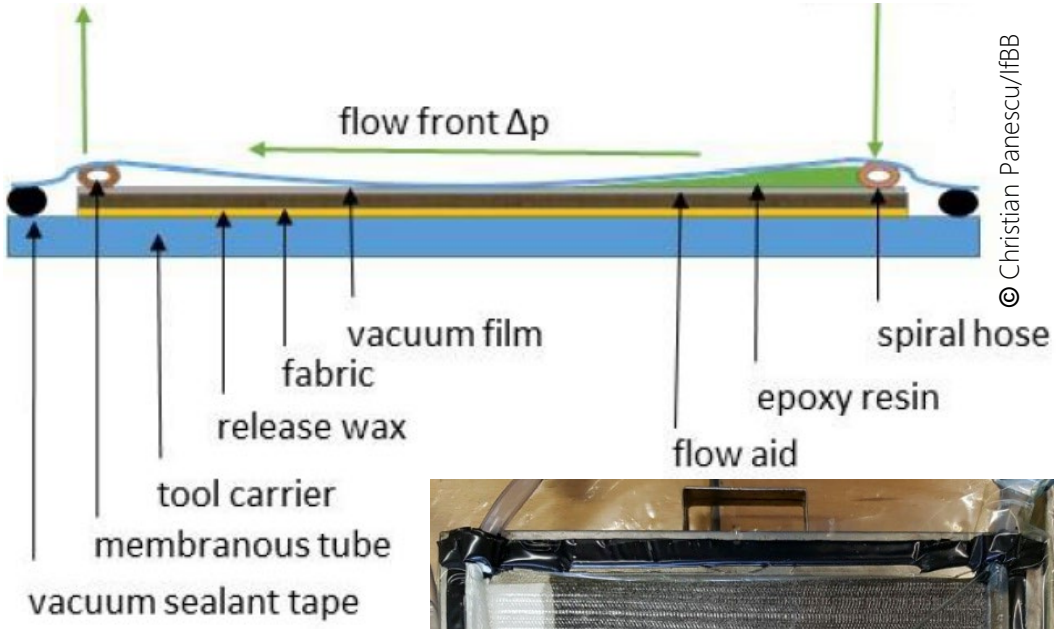
Quelle: Wikimedia Commons, LoKiLeCh

Herstellung und Charakterisierung

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Vakuuminfusions-Verfahren (VARI)

- **Die Kennwertbestimmung erfolgte nach den Kriterien: Material, Flächengewicht, Mechanische Eigenschaften, Schlichte**
  - Dichte
  - Faser- und Matrixvolumenanteil
  - E-Modul
  - Querkontraktion
  - Schubmodul
  - Schubfestigkeit
  - Druck
- **Durchführung der Simulation durch Projektpartner.**



© Christian Panescu/IfBB

© Christian Panescu/IfBB

© IfBB

BRANDVERHALTEN UND RECYCLINGMÖGLICHKEITEN

Brandverhalten

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

UL94-V0

- diverse Kombinationen mit 4 Flammschutzmitteln (FSM) (3 Harzsysteme, 2 Flachsfasergewebe, 1 Kohlefasergewebe)
- Komposit mit modifizierten Matrix und Faser erreichte die UL94-V0 Klassifizierung
- Modifiziertes Harz und Faser beeinflussten die mechanischen Eigenschaften
  - Faser: Abnahme der Festigkeit durch FSM
  - Matrix: Erhöhung der Duktilität & Elastizität, Senkung der Glasübergangstemperatur, der Festigkeit und der Steifigkeit durch FSM, konstante Charpy-Schlagzähigkeit (bei einer Kombination)

© Fraunhofer WKI

- Das Epoxidharz muss unbedingt flammgeschützt werden, da es brennbar ist
- Das Komposit mit modifizierter Matrix überstand die erste Beflammung (die Flachsfaser wurde mitgeschützt)

DOT/FAA/
AR-00/12

- 1 Harzsystem und 1 Flammschutzmittel (variierende Anteile)
  mit 30% Flammschutzmittel: Bestehen der Brandversuche
  mit 20% Flammschutzmittel: Nicht-Bestehen des vertikalen Bunsenbrennertests
- Mechanische Kennwerte durch 30% Flammschutzmittel nicht beeinflusst

Recycling-Konzepte

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

mechanisches Recycling

- Zerkleinerung und Fraktionierung auf 80 µm → Nutzung als Füllstoff
- Einarbeitung bis max. 40-gew%: Infusion nicht möglich (hohe Viskosität)
  → Verarbeitung mittels Verkleben empfohlen
- Bis 10-gew%: Infusion möglich, doch Unterdruck reichte nicht aus
  → Verarbeitung mittels RTM-Verfahren empfohlen
- Harz + Rezyklat: leichte Zunahme von E-Modul, Abnahme von Festigkeit und Bruchdehnung, Glasübergangstemperatur unverändert
- Harz + Rezyklat + Verstärkungsgewebe: Eigenschaften konstant

Pyrolyse

- Carbon: Pyrolysekoks befindet sich auf Fasern und in Zwischenräumen, daher schwer voneinander lösbar → Füllstoff
- NF: Lagen nach Pyrolyse nicht voneinander separierbar → Füllstoff
- Hybrid: Trennen der Lagen möglich → Rückstände verbrannter NF auf CF → Einarbeitung in denselben Aufbau: keine signifikanten Veränderungen (aber: Materialproben nur 90 x 50 mm und höhere Streuungen) → Verwendung in nicht-tragender Struktur empfohlen

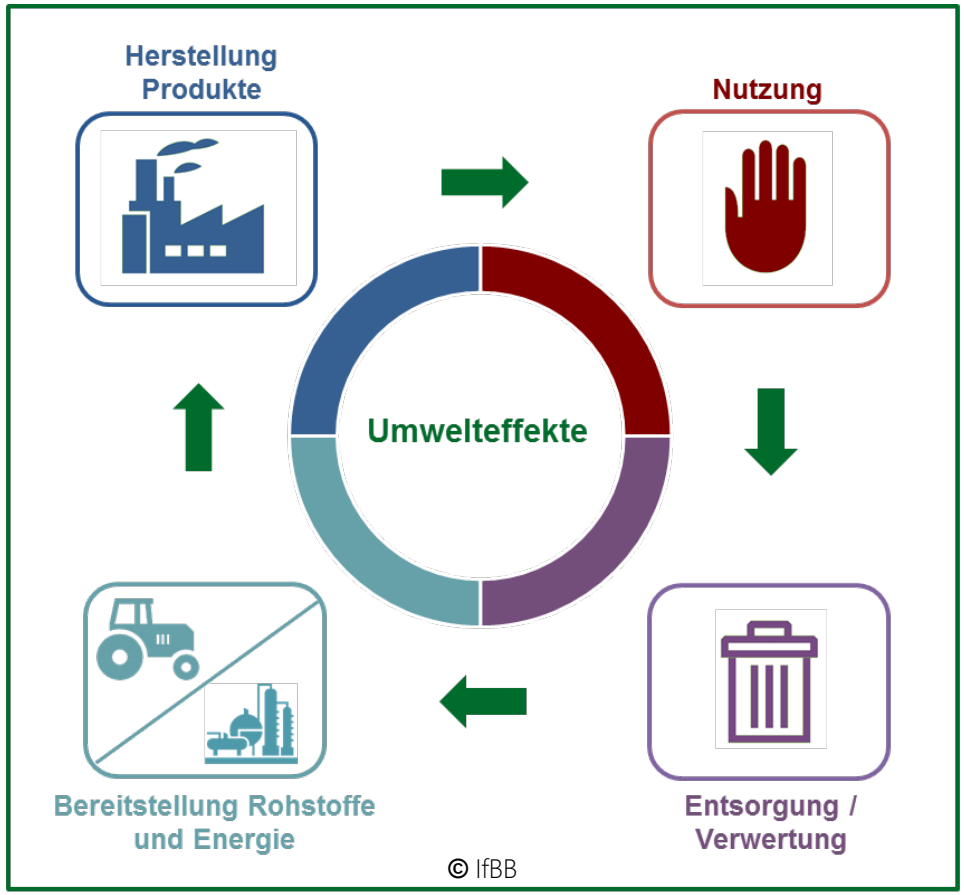
ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG VON MATERIAL UND BAUWEISE

Ökologische Bewertung von Material und Bauweise

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Hauptziel

Ökologische Bewertung des erarbeiteten Technologiekonzepts zur Herstellung von naturbasierten, hybriden FVK-Leichtbaustrukturen in der Luftfahrt



Hintergrund

Eine **Ökobilanz** (**Lebenszyklusanalyse** oder englisch **Life Cycle Assessment** bzw. **LCA**) ist ein Umweltmanagement–Instrument zur Bestimmung der **potentiellen Umwelteffekte**, die mit einem **Produkt** oder einem Prozess unter Einbezug des **gesamten Lebenszyklus** verbunden sind.

[ISO 14040/44]

LCA der Kabinentür

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Ziel & Anwendung der Studie

- Analyse u. Vergleich von hybrider vs. konventioneller Bauweise (biobasierter vs. fossiler Ressourcenursprung) der Kabinentür
- Ermittlung der potentiellen Umweltauswirkungen der Produktsysteme
- Ermittlung der ergebnisrelevanten Faktoren in der Lebenswegbetrachtung
- Informationen bezüglich der ökologischen Vorteile und eventueller Nachteile bzw. Schwachstellen des entwickelten Konzepts
- Rückschlüsse bezüglich eines ökologisch nachhaltigen Einsatzes von biobasierten Materialien in Verbundwerkstoffen für Luftfahrtanwendungen

Untersuchungsrahmen

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Produktsystem

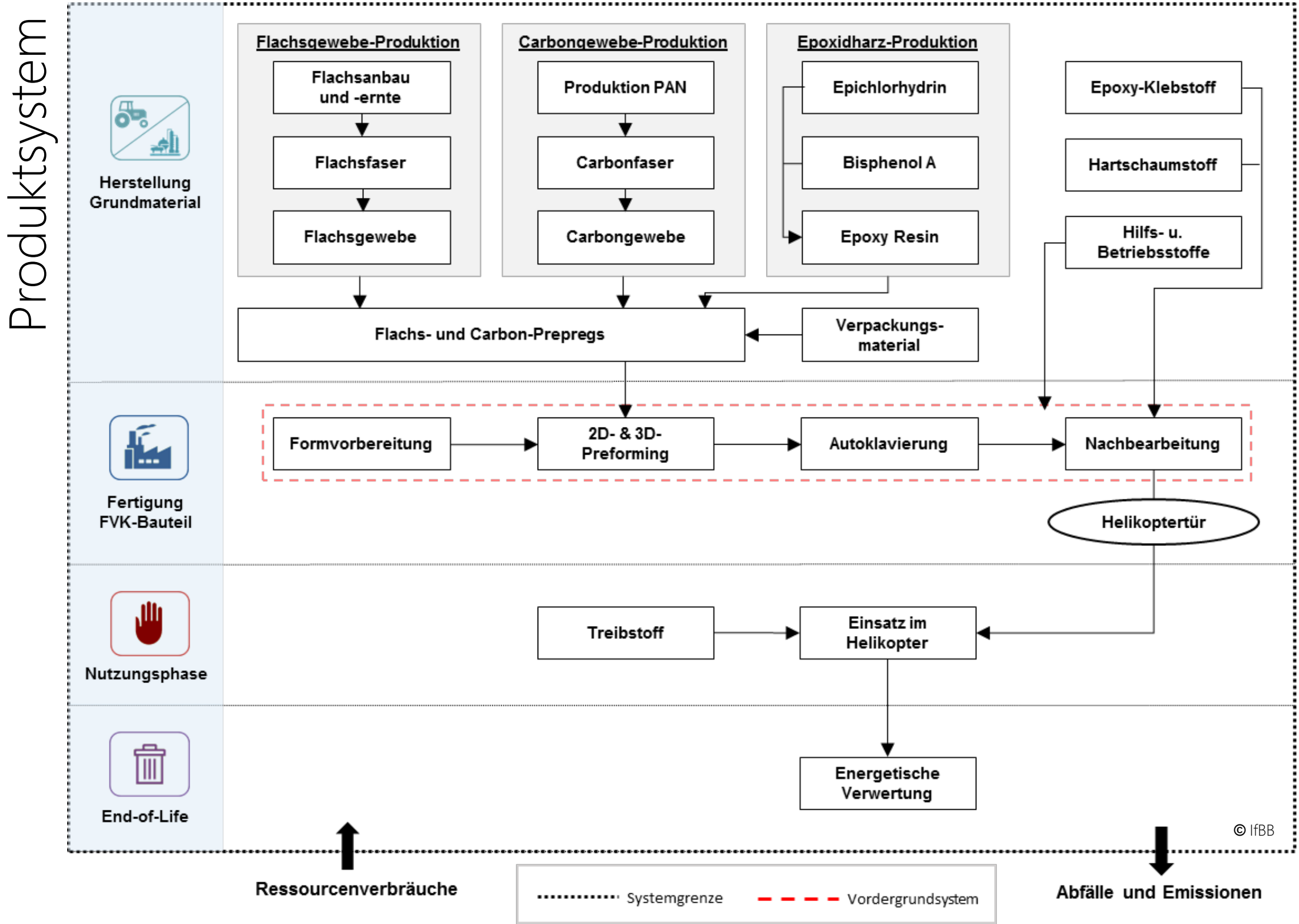
- FVK-Struktur einer Kabinentür eines CoAX 2D ULH, gefertigt mittels Prepregs im Autoklavenverfahren
- 3 Türvarianten mit unterschiedlicher Werkstoffzusammensetzung

gefertigte Referenz	gefertigter Hybrid	idealer Hybrid
reine Carbonfaser	Flachs/Carbon	Flachs/Carbon

	Referenz (rein CF)		Hybrid (FF+CF)		Hybrid (ideal)*	
Material	**Gewicht [g]**	**Massenanteil [%]**	**Gewicht [g]**	**Massenanteil [%]**	**Gewicht [g]**	**Massenanteil [%]**
Carbonfasern	380	58%	19	2%	19	3%
Flachsfasern	-	0%	297	34%	297	49%
Epoxidharz	205	31%	489	55%	217	35%
Schaumstoffkern	17	3%	17	2%	17	3%
Klebstoff	57	9%	57	7%	54	10%
Gesamt	**659**	**100%**	**879**	**100%**	**604**	**100%**
Davon biobasiert	**0**	**0%**	**297**	**34%**	**297**	**49%**

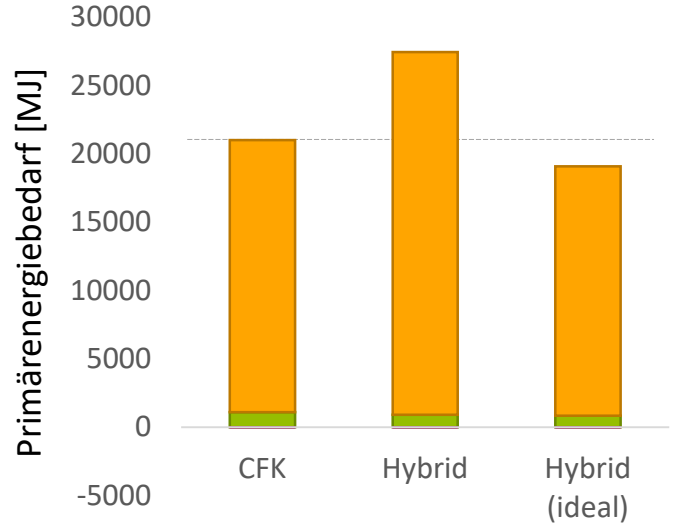
*Ohne notwendig gewordenen zusätzlichen Harzfilmlagen in der real gefertigten Hybrid-Tür

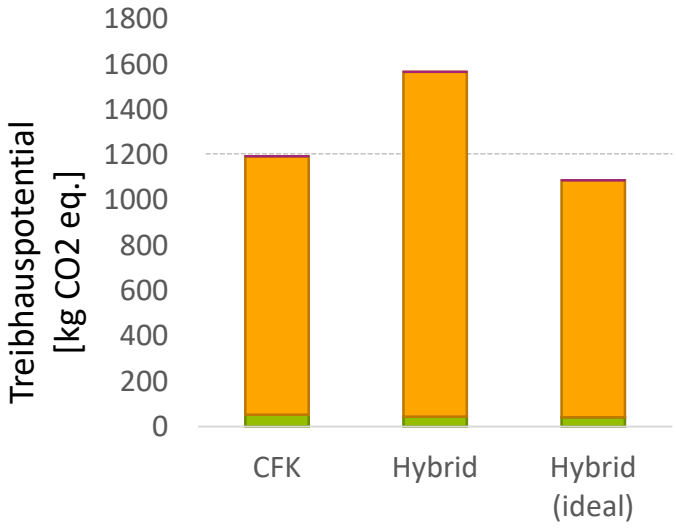
Quelle: edm aerotec GmbH

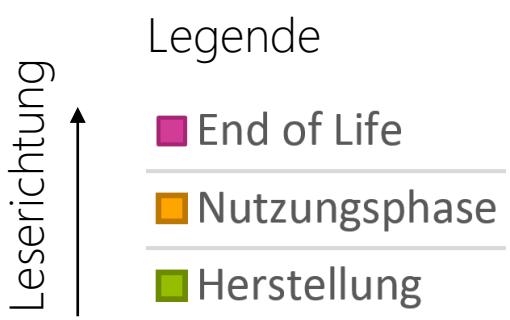

Produktsystem
Herstellung Grundmaterial
Flachsgewebe-Produktion
Flachsanbau und -ernte
Flachsfaser
Flachsgewebe
Carbongewebe-Produktion
Produktion PAN
Carbonfaser
Carbongewebe
Epoxidharz-Produktion
Epichlorhydrin
Bisphenol A
Epoxy Resin
Epoxy-Klebstoff
Hartschaumstoff
Hilfs- u. Betriebsstoffe
Flachs- und Carbon-Prepregs
Verpackungs-material
Fertigung FVK-Bauteil
Formvorbereitung
2D- & 3D-Preforming
Autoklavierung
Nachbearbeitung
Helikoptertür
Nutzungsphase
Treibstoff
Einsatz im Helikopter
End-of-Life
Energetische Verwertung
© IfBB
Ressourcenverbräuche
Systemgrenze
Vordergrundsystem
Abfälle und Emissionen

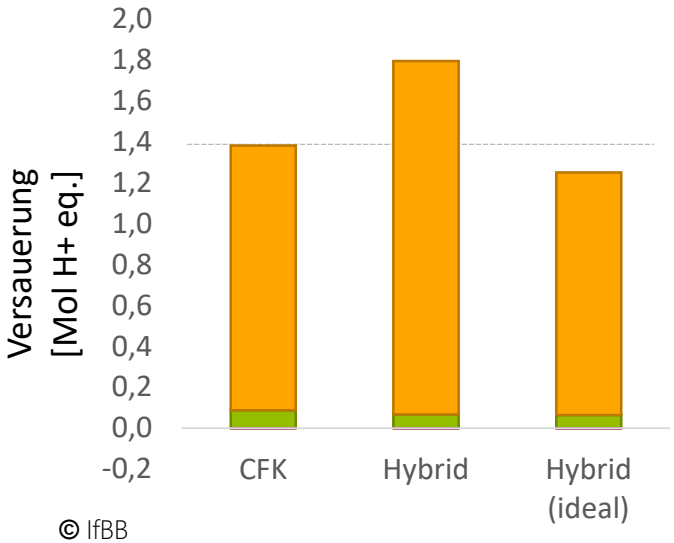
Daten Lebenszyklus

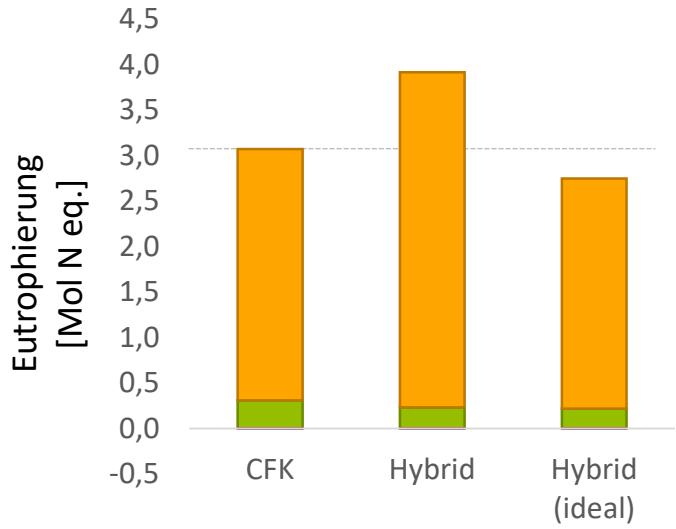
bezogen auf funktionelle Einheit

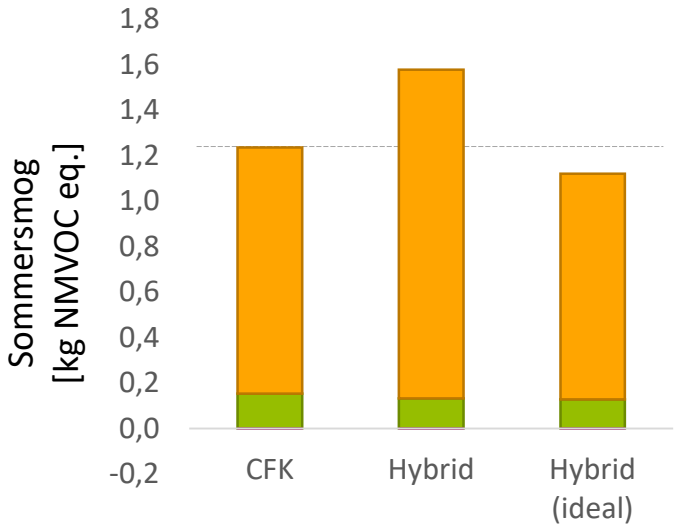








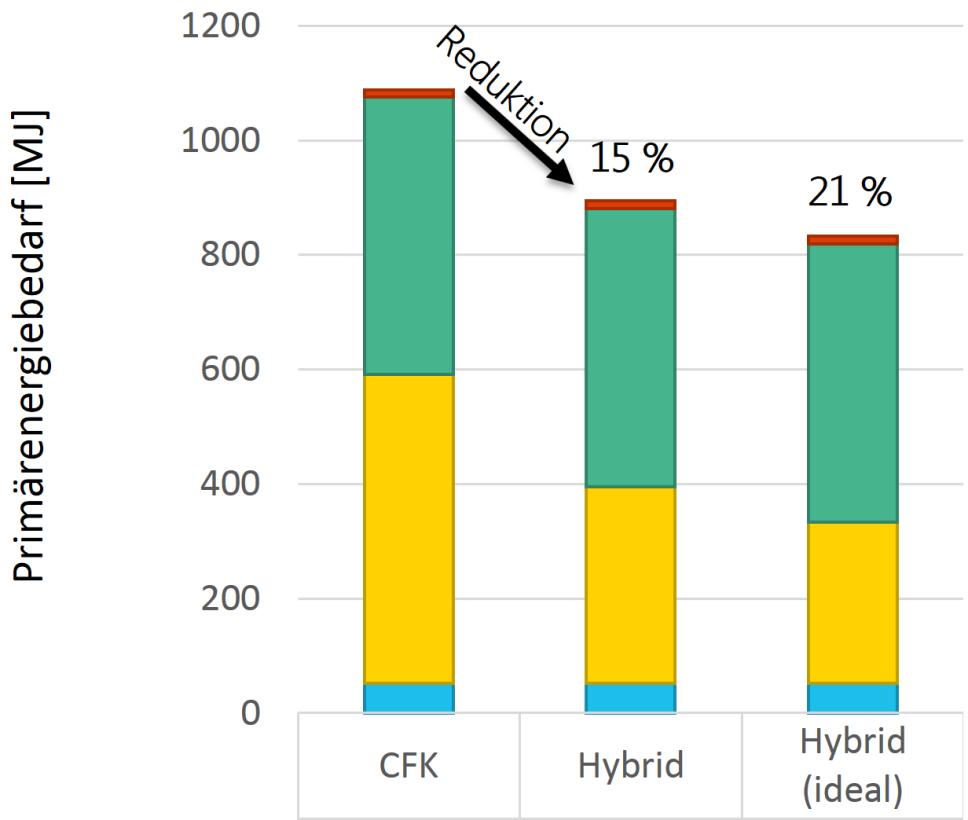


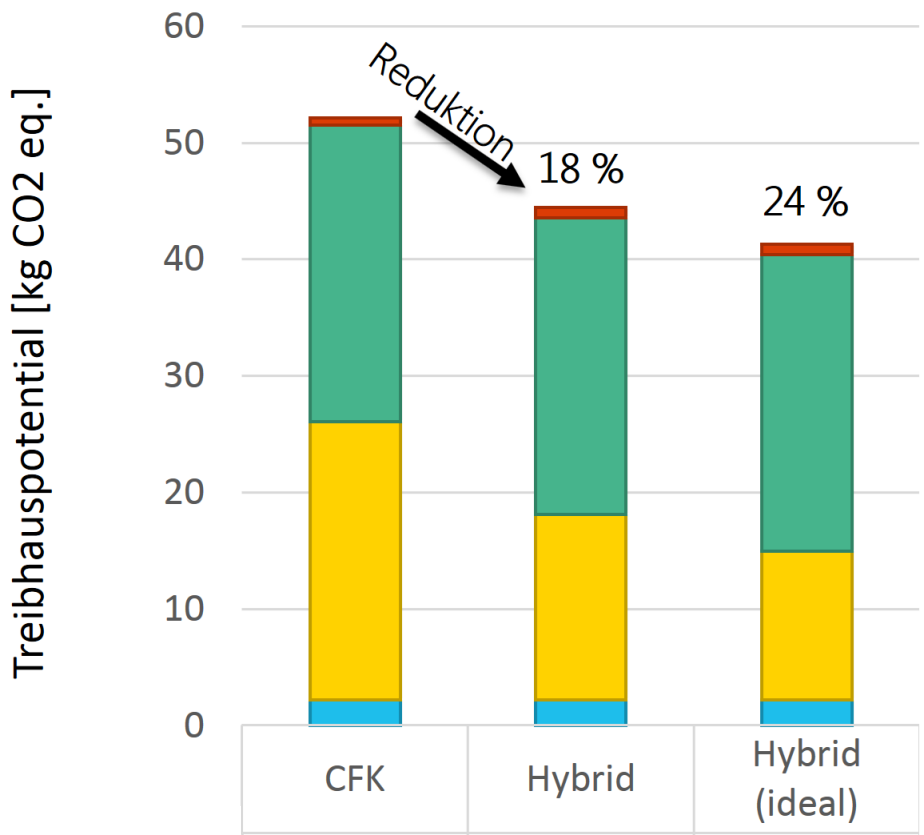


© IfBB

Daten Herstellung

bezogen auf funktionelle Einheit



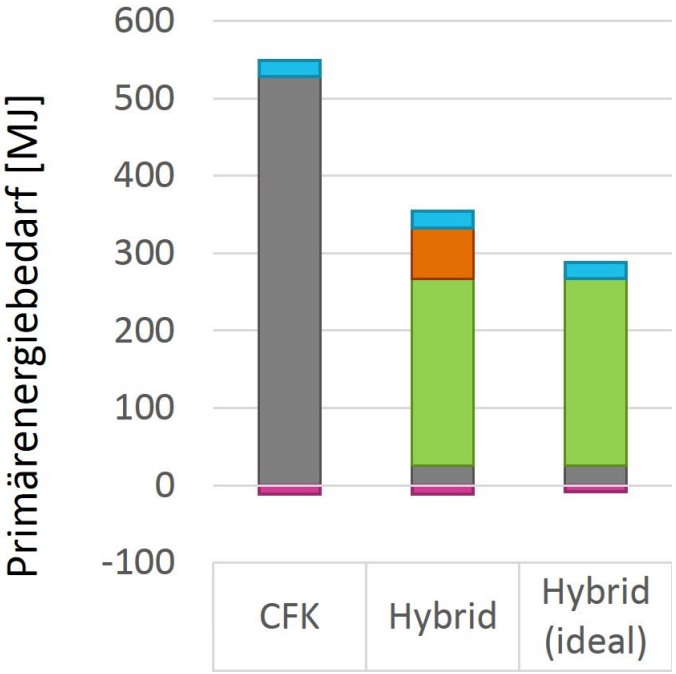


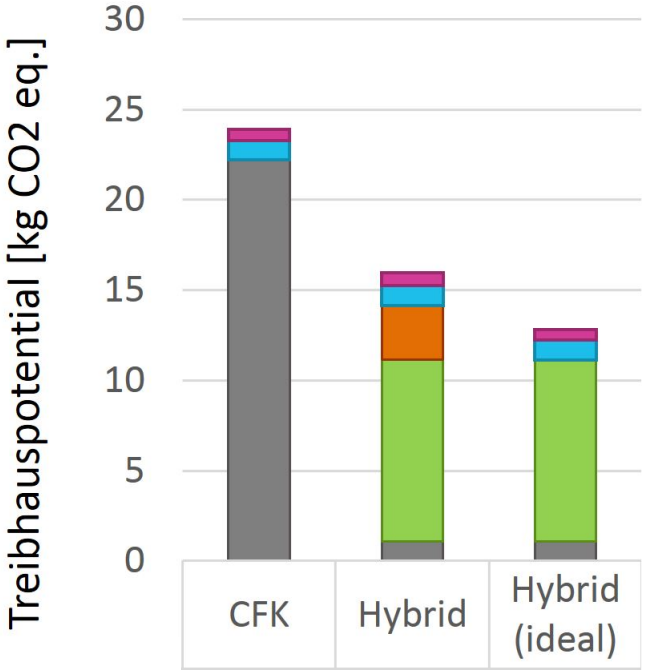
Legende: Formvorbereitung | 2D+3D Preforming | Autoklav | Nachbearbeitung

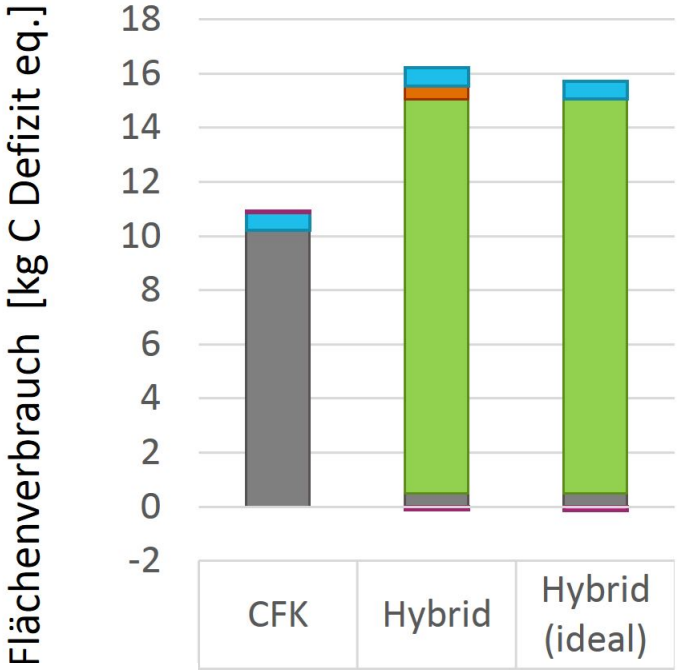
© IfBB

Daten Preforming

bezogen auf funktionelle Einheit







Legende: Rest | Elektrizität | Epoxyfolie | Prepreg Flachs | Prepreg Carbon

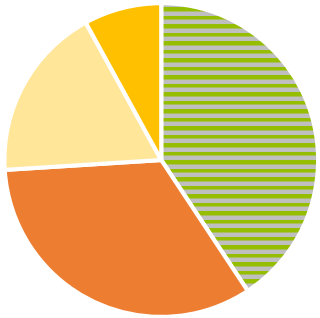
© IfBB

Materialvergleich

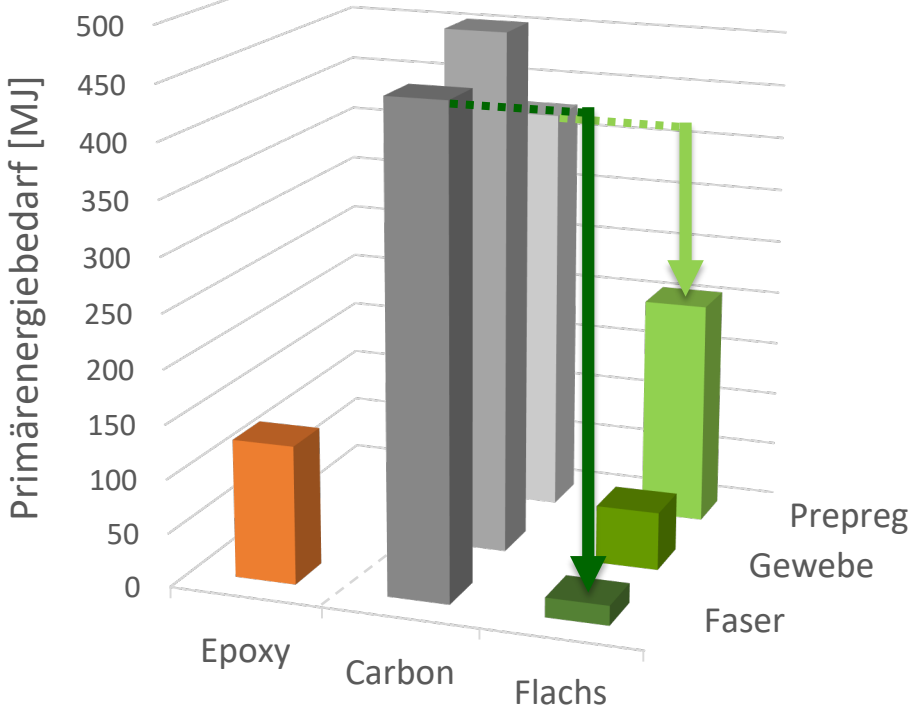
bezogen auf 1 kg

CED	Anteil Gewebe/Prepreg
Flachs	10 %
Carbon	52 %

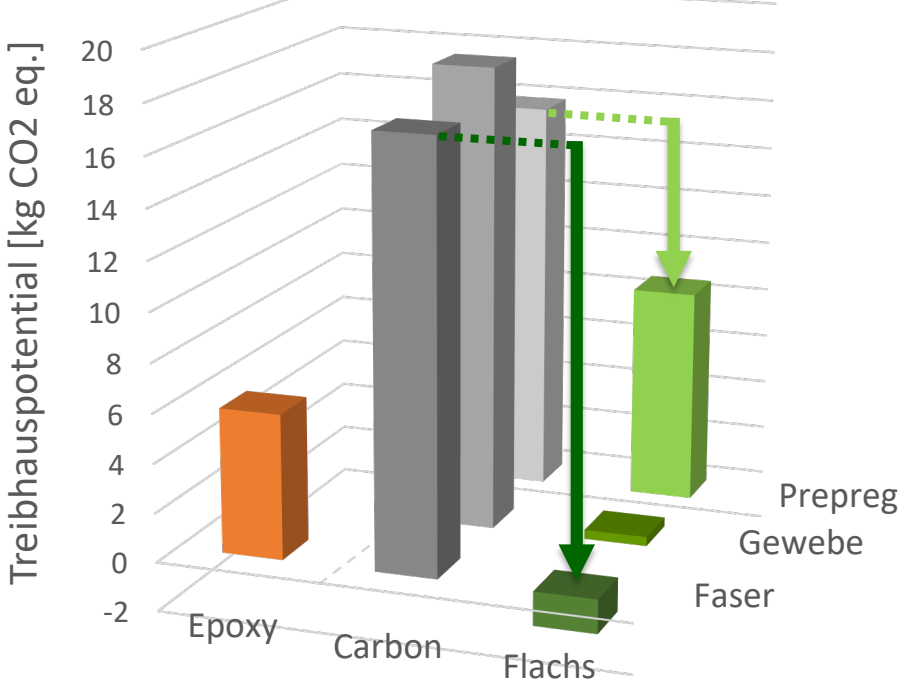
Materialzusammensetzung des Prepregs:



GWP	Anteil Gewebe/Prepreg
Flachs	2 %
Carbon	48 %



Reduktion des Faktors von **25** auf **2**



Reduktion des Faktors von **12** auf **2**

© IfBB

Fazit zur LCA der Kabinentür 1/2

IfBB Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Vorsicht vor zu starker Verallgemeinerung oder Übertragung von LCA-Resultaten auf andere Situationen!

Schwachstelle des Konzepts: Recyclingfähigkeit!

- Derzeit keine stoffliche Verwertungsmöglichkeit duromerer NFK, bei der Materialeigenschaften erhalten werden können (Downcycling zu Füllstoff)
- Hybrid-Bauteile können energetischer Verwertung zugeführt werden (Effekt jedoch gering, verglichen mit Gesamtsystem)
- Biologische Verwertung auf Grund von Epoxy-Matrix aus ökologischer und ökonomischer Sicht höchstwahrscheinlich nicht realisierbar und sinnvoll
- Stoffliches Recycling in sinnvoller Weise nur für CF möglich

Fazit zur LCA der Kabinentür 2/2

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

- Flachsfaserhalbzeuge zeigen in ihrer Herstellung prinzipiell besseres Umweltprofil als Carbonfaserhalbzeuge (jedoch nicht in allen WKs)
  - Potential einer nachhaltigeren Alternative auf Basis nachwachsender Rohstoffe zur Einsparung fossiler Ressourcen u. Steigerung des Anteils nachhaltiger Werkstoffe vorhanden
  - Einsatz von Flachsfasern in Hybridwerkstoffen ökologisch sinnvoll, wenn ökologischer Vorteil der Vorketten nicht durch Ressourcenverbräuche bei Bauteilfertigung aufgebraucht wird
  - Vollständige Substitution fossilbasierter Hochleistungsfasern durch NF auch bei erfolgreicher Weiterentwicklung von NF kaum vorstellbar (technisch + ökologisch)
- Hoher Anteil der Nutzungsphase an Gesamtumweltauswirkungen: schon geringes Mehrgewicht führt zu rascher Relativierung der Umweltvorteile aus der Herstellung (welche dort v. a. durch den Einsatz von Naturfasern erzielt werden)
  - Anwendung von NF nur sinnvoll, wenn in Hybridbauweise für gleichwertiges technisches Anforderungsprofils gleiches Bauteilgewicht erzielt werden kann
  - Lässt sich durch hybrides Design ein leichteres Gewicht erzielen, ist Einsatz in jedem Fall zweckvoll

VIELEN DANK
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!