



## Vorwort

Verbundwerkstoffe (engl.: Composites) sind Werkstoffe aus zwei (oder mehreren) verbundenen Materialien. Üblicherweise wird dabei ein Feststoff in eine sogenannte Matrix eingebettet. Aufgrund der Vielzahl an bekannten Materialien ergeben sich fast unbegrenzte Möglichkeiten in der Erzeugung von Verbundwerkstoffen. Es würde zu weit führen hier einen Gesamtüberblick zu geben, weshalb sich diese Unterrichtseinheit auf eine sehr wichtige Form von Verbundwerkstoffen beschränkt: die Faserverbundwerkstoffe.

Durch Einbettung in einen Kunststoff werden die Fasern vernetzt und die Eigenschaften der Fasern an den Verbundstoff übertragen. Je nach Wahl des Kunststoffes zeichnen sich Faserverbundwerkstoffe durch hohe Festigkeit und Zähigkeit bei geringem Gewicht aus. Diese Eigenschaftskombination ist bei der Konstruktion von belastbaren Strukturen aller Art äusserst wertvoll. Aus diesen Gründen werden Faserverbundwerkstoffe beim Bau sehr vieler Objekte eingesetzt: vom Flugzeug über Auto, Fahrrad und Sportgeräten, bis hin zu Schutzbekleidung und medizinischen Prothesen. Die Jugendlichen begegnen in ihrem Alltag solchen Materialien immer öfter. Meist werden sie umgangssprachlich als "Hi-Tech-Materialien" bezeichnet, was durchaus zutreffend ist. Aber wie funktionieren solche Materialien überhaupt? Warum besitzen sie diese besonderen Eigenschaften? Wie werden solche Materialien hergestellt? Anhand der Herstellung eines Armbands (ev. auch Fingerrings) aus Faserverbundwerkstoffen geht die vorliegende Unterrichtseinheit stufengerecht auf diese Fragen ein. Dabei wird der zentrale praktische Teil der Unterrichtseinheit zwischen zwei Unterrichtsstunden eingebettet, welche Hintergrundinformationen liefern und einfache theoretische Grundprinzipien erläutern.

Aufgrund der Verwendung von elastischem Silikon (ist hautverträglich) wird das Armband / der Ring nicht hart und starr, sondern bleibt trotz hoher Festigkeit elastisch.

## Lernziele

- Die Lernenden wissen, was ein Faserverbundwerkstoff ist und kennen das zu Grunde liegende Aufbauprinzip.
- Die Lernenden können einige Gegenstände nennen, welche aus Faserverbundwerkstoffen bestehen und erkennen deren Vorteile.
- Die Lernenden stellen selber (gemäss beiliegender Anleitung) einen Fingerring oder einen Armreif aus einem Faserverbundwerkstoff her und verstehen die Funktion der einzelnen Produktionsschritte.
- Die Lernenden können einige potentielle Anwendungsbereiche von Faserverbundwerkstoffen nennen und begründen, welche Vorteile der Einsatz von Faserverbundwerkstoffen hätte.

## Ablauf der Unterrichtseinheit; Leitfaden

**Lektion 1:** Einführung und Theorieblock 1

**Lektionen 2-4:** Herstellung Fingerring/Armband (am besten in Halbklassen, auch im Werkunterricht)

**Lektion 5:** Auswertung, Optimierungsideen, Theorieblock 2

In der Folge (Seiten 3 bis 7) finden sie detaillierte Angaben zur Durchführung der Unterrichtseinheit. Die Angaben folgen Schritt für Schritt dem Ablauf der Unterrichtseinheit und dienen ihnen als **Leitfaden** bei der Planung und Durchführung der Unterrichtseinheit. An zwei Stellen finden sie Hinweise auf PowerPoint Präsentationen. Ebenso stellen wir ihnen Schülerarbeitsblätter zur Verfügung (Kopiervorlagen siehe **Schuelerunterlagen.docx**).



## Rahmenbedingungen

### Vorbereitung:

Die Herstellung des Armbandes ist nicht schwierig und gelingt üblicherweise ca.  $\frac{3}{4}$  der Schülerinnen und Schüler auf Anhieb. Trotzdem ist es wichtig, dass sie als Lehrperson die **Herstellung vorgängig einmal ausprobieren**. Dies hilft ihnen anschliessend bei der Betreuung der Jugendlichen. Wertvoll sind besonders die Erfahrungen, die sie beim Aushärten im Backofen sammeln können (Wann ist "Silikon noch leicht klebrig, aber nicht mehr flüssig"?). Sie erhalten beim Testlauf schnell ein Gefühl dafür.

### Halbklassen:

Bei der ersten Durchführung empfehlen wir ihnen in Halbklassen zu arbeiten. So haben sie genügend Zeit, die Jugendlichen zu betreuen. Zudem haben die Jugendlichen genügend Platz. Ev. decken sie die Tische vor der Arbeit ab, da sich das Silikon bei der Arbeit (weil es so klebrig ist) gerne auch auf dem Tisch verteilt. Dies ist an sich kein Problem, da sich das Silikon nach dem Austrocknen (nach ein paar Stunden) problemlos von Hand wegrubbeln lässt.

### Zwei Varianten: Armband bzw. Fingerring

Wir haben zwei Varianten für sie ausgearbeitet. Wir empfehlen ihnen, **zuerst die Variante Armband** auszuführen. Diese ist einfacher und die Erfolgsquote ist hoch. Falls sie das Thema mit ihrer Klasse noch ausbauen möchten, können sie die schwierigere Variante, die Herstellung des Fingerrings, ausprobieren. Diese ist in der Ausführung schwieriger und sie brauchen etwas zusätzliches Material (Schrumpffolie sowie Stäbe und Rohre mit Fingerdurchmesser)

Bei **Fragen** wenden sie sich an

[matthias.vonarx@fhnw.ch](mailto:matthias.vonarx@fhnw.ch)

Nun wünschen wir ihnen und ihrer Klasse einige interessante und lehrreiche Stunden, in denen sie sich mit Faserverbundwerkstoffen beschäftigen.

Russell Bennett, Sara Fortea, Christian Rytka und Florian Würsch, Hochschule für Technik der FHNW  
Matthias von Arx, Pädagogische Hochschule der FHNW



## So früh wie möglich

Besorgen sie das **Material**, welches die Klasse zur Herstellung des Armbands bzw. des Fingerrings braucht. Bestellen sie die Materialien rechtzeitig! Gewisse Materialien (Schrumpfband, wird aber nur bei der Herstellung des Fingerrings benötigt) haben eine Lieferzeit von 1 Monat. Die angegebenen Mengen reichen für deutlich mehr als eine Klasse.

### a) Besondere Materialien

Was	Menge	Preis	Produktnummer	Lieferant
Kohlenstofffasermatte 	1m <sup>2</sup>	33.95	190.6809	Suter Kunststoffe AG <a href="http://www.swiss-composite.ch/">http://www.swiss-composite.ch/</a>
oder Kohlefaserband	5Meter	5x7.30CHF	200.1678	Suter Kunststoffe AG <a href="http://www.swiss-composite.ch/">http://www.swiss-composite.ch/</a>
Glasfasermatte (alternativ oder zusätzlich zur Kohlefaser) 	1m <sup>2</sup>	3.70CHF	190.0070 (sehr dünn, gut für Ringe) 190.2105 (stabil, gut für Armbänder)	Suter Kunststoffe AG <a href="http://www.swiss-composite.ch/">http://www.swiss-composite.ch/</a>
Silikon Kautschuk RTV/HR20, Transparent	Komponente A+B 500g+500g	59.95€ für A und B zusammen	Z1025	Zitzmann Zentrale
Schrumpffolie Dahlar_MLF_52  (nur für Herstellung von Fingerringen)	5Meter	57.60CHF/ 100 yard, bzw. 91m	318521  <b>1Monat Lieferzeit!</b>	Aero Consultants AG <a href="http://www.aero-consultants.ch">www.aero-consultants.ch</a>

#### Adressangaben:

Suter Kunststoffe AG  
Aefligenstrasse 3; CH-3312 Fraubrunnen  
Tel.: 031 763 6060

Link zu Onlinekatalog oder Onlineshop: <https://shop.swiss-composite.ch/>

Emailadresse (für Bestellungen): [order@swiss-composite.ch](mailto:order@swiss-composite.ch)



Zitzmann Zentrale  
Todtmooser Str. 43; D - 79664 Wehr  
Telefon.: +49 7762 7995  
Link zu Onlinekatalog oder Onlineshop: <http://www.creato-bastelhobby.de/>  
Emailadresse (für Bestellungen) [zumsporfischer@t-online.de](mailto:zumsporfischer@t-online.de).

Aero Consultants AG  
PO Box 35, Grabenstrasse 8  
8606 Nänikon/Uster  
Tel.: 044 905 28 00  
Link zu Onlinekatalog oder Onlineshop: [www.aero-consultants.ch](http://www.aero-consultants.ch)  
Emailadresse (für Bestellungen: [m.furrer@aero-consultants.ch](mailto:m.furrer@aero-consultants.ch)

### b) Liste weiterer Materialien (für 10 S.u.S.)

Anzahl	Was
1	Backofen
1-2	Backblech oder Backgitter, mit Backpapier belegt (zum Schutz des Blechs)
1	Laborwaage (0.1g Genauigkeit)
10	Schutzbrillen
1 Packung	Laborhandschuhe (Wegwerfhandschuhe)
5	Cutter bzw. Japanmesser
10	Scheren
10	PE Gefrierbeutel oder transparente PE Sichtmappen (Mäppli)
10	Lineal
1	Becher zum Anrühren des Silikons (z.B. grosser Jogurt Becher)
5	Holzspachtel oder Ähnliches zum Verstreichen des Silikons
diverse	Stäbe oder Rohre (aus Holz oder Metall) mit verschiedenen Ringgrössen ( <b>nur für Herstellung von Fingerringen</b> )
10 oder 20	Plättchen aus Metall, Holz, Karton oder Ähnlichem (bei 10: unten Kontakt mit Blech → schnelleres Aushärten / bei 20: kein direkter Kontakt mit Blech ("Sandwich") → langsames Aushärten)
einige	Bücher zum Beschweren der Stapel (vor allem wenn Plättchen aus Karton)
2-3 Rollen	Normales Abdeckband (Malerband) oder Tesafilm
10	Druckknöpfe (mittlere Grösse) oder dünne feste Bänder ( <b>nur für Herstellung von Armbändern</b> )



## Lektion 1

### a) Einführung

Mit Hilfe der beiliegenden PowerPoint Präsentation (*Einfuehrung.pptx*) können sie ins Thema einsteigen. Es lohnt sich zuerst etwas zu erkunden, was die Lernenden bereits zum Thema wissen. Mit Hilfe der Bilder können sie die Gedanken der Schülerinnen und Schüler etwas anregen. Orientieren sie sich dabei an den drei eingangs gestellten Fragen:

1. Wo findet man solche Materialien? Wo kommen sie zum Einsatz? Warum?
2. Welche besonderen Eigenschaften weist dieses Material auf?
3. Woraus besteht dieses Material?

Die Jugendlichen werden bestimmt herausfinden, dass das Material besonders "stark" ist und auch nicht sehr schwer. Umso erstaunter werden sie sein, wenn sie ihnen die Ausgangsstoffe zeigen (die sie ja vor der Unterrichtseinheit gemäss Materialliste besorgt haben). Ausgehend von einem flexiblen "Gewebe" und einer zähen Flüssigkeit kann so etwas Hartes und Stabiles entstehen? Dieses Staunen ist die ideale Ausgangslage um sich etwas intensiver mit diesem Material, seiner Struktur und seinen Eigenschaften zu beschäftigen.

### b) Theorieblock 1

Bevor die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Fingerring / ihr Armband herstellen, soll ihnen das Grundprinzip der Herstellung eines Faserverbundstoffes erklärt werden (**Infoblatt 1** aus **Schuelerunterlagen.docx**). Dies hilft den Jugendlichen, die einzelnen Schritte im Herstellungsprozess zu verstehen.

## Lektion 2-4 (am besten in Halbklassen; idealerweise im Werkraum)

### Herstellung eines Fingerrings / Armbandes

Die detaillierte und illustrierte **Anleitung** finden Sie im Dokument **Anleitung\_Armband.pptx** bzw. im Dokument **Anleitung\_Fingerring.pptx**. Wir empfehlen Klassen bzw. Lehrpersonen, welche zum ersten Mal mit Faserverbundwerkstoffen arbeiten, die Herstellung eines Armbandes (ist einfacher).

Wenn möglich projizieren sie die PowerPoint Präsentation mit der Anleitung mittels Beamer. So haben alle S.u.S. immer ein Bild des aktuellen Arbeitsschritts vor Augen. Begleiten und unterstützen sie die Jugendlichen im Arbeitsprozess. Sorgen sie dafür, dass die Arbeitsschritte durch die ganze Klasse einigermassen synchron ablaufen. Dies ist insbesondere beim Schritt "Aushärtung flacher Vorformling" wichtig, da das Timing beim Aushärten wichtig ist. Alle Armbänder sollten ungefähr die vorgegebene Dauer im Ofen sein.

Die Schutzbrillen und Handschuhe sind eine Vorsichtsmassnahme. Die verwendeten Substanzen sind unbedenklich. Trotzdem sollen bei solchen Arbeiten prinzipiell Schutzbrille und Handschuhe getragen werden.



## Lektion 5

### a) Bewertung des Herstellungsprozesses

Es soll hier nicht in erster Linie darum gehen, die verschiedenen Ringe und Armbänder zu vergleichen oder "schlechte" Produkte anzuprangern. Es ist aber wichtig nachzufragen, welche "Fehler" im Prozess begangen wurden bzw. welche Schwierigkeiten aufgetreten sind (z.B. a) eingeschlossene Luftblasen, b) Ausfransen der Fasern am Rand, c) gewellter statt flacher Vorformling, etc.). Was müsste man anders machen um aufgetretene Probleme zu lösen ( a) besser glatt streichen b) besser Versiegeln beim zweiten Aushärtungsschritt, c) zu wenig gepresst während dem Aushärten)? Was hat besonders gut funktioniert und warum? etc. Diese Phase kritischer Reflexion ist ein ganz wesentlicher Bestandteil aller technischen Konstruktions- und Entwicklungsprozesse. Bis zur Marktreife eines Produktes braucht es üblicherweise hunderte bis tausende von Versuchen. Entscheidend ist, dass man aus jedem Versuch die richtigen Lehren zieht und im nächsten Anlauf versucht, zu optimieren. Gleichzeitig hilft diese Reflexion mit, die einzelnen Schritte der Herstellung und ihre Funktion zu nochmals zu rekapitulieren.

### b) Theorieblock 2: Vielseitigkeit von Faserverbundstoffen

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit noch ein paar Informationen zur Vielfalt der Möglichkeiten und Eigenschaften von Faserverbundstoffen mit Hilfe des **Arbeitsblattes 2** (siehe **Schuelerunterlagen.docx**).

Hier noch die **Lösungen** zu den zwei Abbildungen des Arbeitsblattes 2:



