

WERKSTOFFE DER GEGENWART UND ZUKUNFT

Handreichung für Kindertageseinrichtungen
und Grundschule

Orientierung für Fort- und Weiterbildung



Erfahrungen sammeln mit den Materialien
Metall, Glas, Keramik, Papier und Carbon



Staatsinstitut für
Frühpädagogik



Deutsches Museum



**CARBON
COMPOSITES**

WERKSTOFFE DER GEGENWART UND ZUKUNFT

**Handreichung für Kindertageseinrichtungen und Grundschule
Orientierung für Fort- und Weiterbildung**

Erfahrungen sammeln mit den Materialien Metall, Glas, Keramik, Papier und Carbon

Im Auftrag des Carbon Composites e.V.

Erarbeitet von
Dr. Bernhard Nagel & Dagmar Winterhalter-Salvatore (Staatsinstitut für Frühpädagogik)
und Christine Füssl-Gutmann & Irina Fritz (Deutsches Museum)

Gestaltung: Bestmarke Werbeagentur, www.bestmarke-agentur.de

Augsburg, 2015

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Copyright: Carbon Composites e.V., Augsburg

VORWORT

Wir leben in einer Welt der Dinge. Von klein auf erkunden wir unsere Umwelt anhand der Dinge, die sie ausmachen. Wir lernen die Welt kennen, indem wir sie buchstäblich begreifen.

Pädagoginnen und Pädagogen tragen dazu bei, Kinder mit bisher unbekanntem Dingen bekannt zu machen. Dazu gehören Materialien, die auch im späteren Leben eine Rolle spielen: Die ersten Erfahrungen mit einem Werkstoff, den ein Mensch in seinem Beruf bearbeitet oder berechnet, macht er oftmals bereits im Kindesalter.

Papier, Holz, Metall, Plastik – diese Werkstoffe sind im Alltag gebräuchlich und zugänglich. In Kindergarten, Tagesstätte oder Schule lernen junge Menschen, welche Eigenschaften diese Materialien haben, wie sie benutzt werden können. Anders ist es bei den neuen Materialien, die im täglichen Umgang noch seltener anzutreffen sind. So ist zwar der Zukunftswerkstoff Carbon in aller Munde, als leichtes und stabiles Material, aus dem Flugzeuge, Autos, Sportgeräte oder medizinische Hilfsmittel gemacht werden. Dennoch kennt die Allgemeinheit bisher wenige der zahlreichen guten Eigenschaften, die Carbon ausmachen.

Der Carbon Composites e.V. (CCeV) hat es sich zur Aufgabe gemacht, Fachleute und Öffentlichkeit über diese Eigenschaften zu informieren und für den Werkstoff Carbon zu begeistern. Wir wollen besonders Kinder und Jugendliche ansprechen, die in ihrem Bildungs- und Berufsleben mit diesem Werkstoff umgehen werden. Daher hat der Spitzencluster MAI Carbon, ein Projekt des CCeV, das mit Bundesmitteln gefördert wird, seit 2012 den Auftrag, eine durchgängige Bildungskette für die Faserverbundtechnologie zu etablieren.

Von der frühkindlichen Bildung über die Werkunterrichte und Projektarbeiten in den allgemeinbildenden Schularten und die berufliche Qualifizierung bis zur Bachelorausbildung unter wissenschaftlicher Begleitung reicht diese Bildungskette, die in Zusammenarbeit mit Praktikern und Fachleuten entwickelt wurde.



Die hier vorliegende Handreichung für Pädagoginnen und Pädagogen im Elementar- und Grundschulbereich haben der CCeV, das Staatsinstitut für Frühpädagogik München und das Deutsche Museum München gemeinsam entwickelt. Es bietet eine Didaktik für Kinder von 4 bis 8 Jahren. Über den Vergleich mit bekannten Werkstoffen wie Holz, Metalle und Plastik können sich die Kinder an die neuen Faserverbundwerkstoffe und insbesondere Carbon herantasten – und dies im wahrsten Sinne des Wortes.

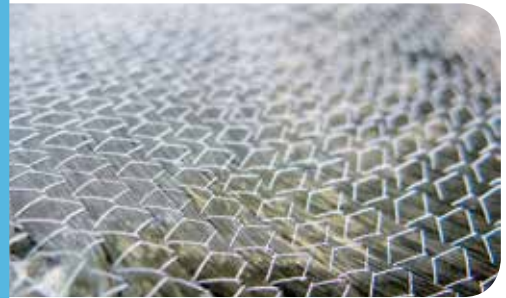
Ich wünsche den Pädagoginnen und Pädagogen, die sich gemeinsam mit den Kindern auf den spannenden Weg der Materialerkundung machen, viel Freude und Spaß!

Alexander Gundling
Hauptgeschäftsführer Carbon Composites e.V.

Augsburg, 2015

INHALT

Einleitung	5
1 Einführung	6
Kinder und Naturwissenschaft und Technik	6
Erfahrungen aus Kita und Grundschule	7
Fortbildungen für Pädagoginnen und Pädagogen	7
Pädagogischer Bezug	8
2 Werkstoffe	10
Werkstoffeigenschaften	10
Faserverbundwerkstoffe	12
Carbon	14
3 Carbon als gemeinsames Bildungsthema	20
Materialerfahrung als Querschnittsthema	20
Alltagserfahrung mit Werkstoffen	21
Bezüge zu Bildungsleitlinien/Bildungsplänen	24
Bezüge zu Grundschullehrplänen	24
Konkrete Materialerfahrung	25
Ein didaktisches Modell	26
Forschungskreis Kindertageseinrichtung	28
Forschungskreis Grundschule	29
4 Fortbildungen und Workshops	31
Fortbildung im Deutschen Museum	31
Andere Fortbildungsmöglichkeiten	35
5 Forschungsideen für Kindertageseinrichtungen, Grundschule und für zu Hause	
Ideen zu Experimentierstationen	36
Ausflug in das Museum oder in die Stadt	39
Programme für Kindergarten und Grundschule	40
Das Kinderreich im Deutschen Museum	41
Ausstellungen/Sonderausstellungen	41
6 Bezugsliste	42
7 Literatur und Bilder	43



EINLEITUNG

WERKSTOFFE DER GEGENWART UND ZUKUNFT

Der Umgang mit Materialien, Stoffen und Werkstoffen ist für Kinder etwas Alltägliches. Bereits ab der Geburt beginnt das Entdecken der Welt und damit auch die Entdeckung der Stoffe in dieser Welt. Anfangs unbewusst, jedoch mit zunehmendem Alter immer bewusster, werden zunächst die Gegenstände in unmittelbarer Umgebung, in der Wohnung, im Haus, in der Natur und schließlich immer globaler wahrgenommen. Mit der Wahrnehmung werden die Anwendungsmöglichkeiten, dann einzelne Eigenschaften und schließlich die Beschaffenheit dieser Gegenstände entdeckt. Aus unbewussten Lernprozessen entwickeln sich zunehmend bewusste, selbst beeinflusste Lernprozesse. Das Kind konstruiert sich in interaktiven Prozessen seine gegenständliche Umwelt.

Während Stoffe wie Holz, Glas, Metalle, Porzellan und Plastik für Kinder in ihrer Umgebung leicht erfahrbar sind, wird Carbon¹ – ein Stoff der Zukunft – erst Einzug in den Alltag finden.

In der institutionellen wie nicht institutionellen Bildungsarbeit (z.B. in Kindertageseinrichtungen, Schule, Familie) wird Carbon als etwas Fremdes, Exotisches, Kompliziertes wahrgenommen, auf das man sich lieber nicht einlässt. Die Erfahrungen zeigen jedoch, wie leicht es ist, bei Kindern ebenso wie bei Erwachsenen Interesse für einen neuen Werkstoff wie Carbon zu wecken.

In wenigen Jahren wird der Werkstoff Carbon und aus ihm gefertigte Produkte zum erfahrbaren Alltag gehören und das Wissen darüber genauso bedeutsam sein wie das Wissen über Holz, Glas, Metall oder andere Werkstoffe.

Die hier vorliegende Handreichung soll helfen, zum einen den Zugang zu dem Werkstoff Carbon zu finden, zum anderen Anregungen und Hilfen dabei zu geben, wie Kinder

auf ihrer 'Entdeckungsreise' zu Carbon und anderen Werkstoffen unterstützt werden können.

Die Handreichung enthält sowohl Anregungen für Eltern und für zu Hause, als auch für Erzieher/innen und Grundschullehrer/innen für Kindertageseinrichtungen und Schulen.

In gleicher Weise kann sie Orientierung sein für Fortbildungsmaßnahmen, sowohl für Multiplikatoren als auch für Pädagoginnen und Pädagogen in Kindertageseinrichtungen und Grundschulen.

Sowohl das pädagogische Vorgehen als auch die Fortbildungsmaßnahmen wurden gemeinsam vom Staatsinstitut für Frühpädagogik, München und von der Abteilung Bildung des Deutschen Museums, München entwickelt und im Deutschen Museum erprobt.

Die zugrunde liegende pädagogische Konzeption bzw. das didaktische Konzept orientiert sich ausgehend von den Bayerischen Leitlinien für die Bildung und Erziehung von Kindern bis zum Ende der Grundschulzeit an den entsprechenden Leitlinien aller Bundesländer.



"Es ist die wichtigste Kunst des Lehrers, die Freude am Schaffen und am Erkennen zu wecken." (Einstein)

¹ Carbon, auch Karbon, ugs. für kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK), siehe auch Kapitel 2.

1. EINFÜHRUNG

KINDER UND NATURWISSENSCHAFT UND TECHNIK

Die Möglichkeiten und Chancen, die eine Bildung im Bereich Technik für die Kompetenzentwicklung der Kinder bietet, und deren Wichtigkeit für den Alltag und das Zurechtfinden und Mitgestalten in unserer Gesellschaft, haben dazu geführt, dass dieses Thema in den Bildungs- und Orientierungsplänen und Grundschullehrplänen der Bundesländer aufgegriffen wird. Diese Tatsache stellt für viele pädagogische Fachkräfte eine Herausforderung dar, weil bisher nicht systematisch an dieses Thema herangegangen wurde.

Kinder setzen sich mit ihrer Umwelt auseinander

Wenn wir Kinder beobachten, ihnen zuhören und ihre Fragen wahrnehmen, können wir immer wieder feststellen: Kinder setzen sich permanent mit ihrer Umwelt und deren vielfältigen Erscheinungsformen auseinander. Kinder entdecken täglich Neues, das sie zum Ausprobieren und Erforschen anregt und Kinder stellen uns Fragen über Zusammenhänge, Erscheinungsformen, Wirkungen und Veränderungen in der sie umgebenden Welt. Kinder nehmen mit allen Sinnen wahr. Kinder sehen, hören, fühlen, ertasten. Dadurch erforschen sie ihre Umgebung. Dieser Prozess wird durch die Umwelt ausgelöst und in Gang gehalten.

Kinder bringen eigene Erfahrungen ein

Kinder bringen eigene Erfahrungen ein und verarbeiten so den Lerninhalt. Durch Fragen, Vergleichen und Assoziieren entwickeln sie ihre eigenen Ideen und Anschauungen, schmieden Pläne und stellen eigene Hypothesen auf. Dies ist die Grundform wissenschaftlicher Arbeit.

Kinder brauchen Möglichkeiten zum Experimentieren

Kinder brauchen Materialien, mit denen sie experimentieren können und eine Umgebung, die sie in Ruhe experimentieren lässt sowie Versuchsanordnungen, die ihre Neugierde wecken, sie inspirieren, sie in Erstaunen versetzen.

Kinder brauchen Begleitung und Unterstützung

Kinder brauchen jedoch auch Erwachsene, die sie in den Kindertageseinrichtungen, Schulen und im Elternhaus unterstützen und begleiten, die ihre Freude am Lernen und Experimentieren fördern. So können sie mehr Wissen über die materielle Welt gewinnen, Eigenschaften von Gegenständen und ihre Gesetzmäßigkeiten kennen lernen, hinter die Dinge blicken, sie untersuchen und verstehen. Kinder brauchen Erwachsene, die sich in sie einfühlen, bei denen sie sich angenommen fühlen, die im ständigen Dialog mit ihnen gemeinsam die Welt erforschen und die dabei auch selbst einmal „Lernende“ sind.

ERFAHRUNGEN AUS KINDERTAGESEINRICHTUNGEN UND GRUNDSCHULEN

Für viele Erzieherinnen und Erzieher in Kindertageseinrichtungen und Lehrkräfte aus der Grundschule ist es Neuland, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und dem Bereich Technik auseinander zu setzen. Meist sind die eigenen Erfahrungen in diesen Bereichen nicht besonders positiv und daher die Ressentiments relativ hoch. Wurden aber einmal die Hürden überwunden, werden die Themen als interessant, spannend und mit viel Spaß erlebt.

Erfahrungen zeigen:

- Mädchen und Jungen haben ein gleichermaßen großes Interesse an den Phänomenen sowohl der belebten als auch der unbelebten Natur.
- Kinder in diesem Alter haben ein natürliches Interesse und Neugierde am Experimentieren und Beobachten.
- Viele Kinder erinnern sich nach längerer Zeit noch sehr gut an Experimente und technische Abläufe.
- Auch Kinder mit Konzentrations- und Aufmerksamkeitsproblemen begeistern sich für Experimente und führen diese mit viel Ausdauer und Freude durch.
- Der positive Bezug der Kinder zu ihrer Dingwelt wird gefestigt und gefördert. Dies führt zu entsprechendem Expertenwissen und damit zur Entwicklung eines positiven Selbstkonzeptes.

FORTBILDUNGEN FÜR PÄDAGOGINNEN UND PÄDAGOGEN

In Kooperation mit dem Deutschen Museum wurden Fortbildungsveranstaltungen für Erzieher/-innen und Lehrkräfte an Grundschulen, sowie Kindergarten- und Schulklassenprogramme entwickelt. Die Vielfalt der Objekte im Museum begünstigt assoziationsreiche Zugänge zu einem Thema, die dem kreativen vernetzten Denken von Kindern entgegen kommen. Mit diesen Fortbildungen sollen pädagogische Fachkräfte dabei unterstützt werden, naturwissenschaftliche und technische Themen und Projekte anzunehmen:

Pädagoginnen und Pädagogen

- sollen selbst möglichst viel über das angebotene Thema erfahren und verstehen lernen, um sich für ein Thema begeistern zu können;
- sollen dadurch eigene Ideen entwickeln, wie man Naturphänomene altersgerecht für den Elementar- und Primarbereich begreifbar machen kann;
- bekommen Ideen und Experimentiervorschläge mit, die sie ohne großen Aufwand in ihren Bildungseinrichtungen umsetzen können;
- lernen moderne Naturwissenschaft und Technik aus ihrer historischen Entwicklung zu verstehen;
- forschen und experimentieren selbst.

Unter dem Thema: „Werkstoffe der Gegenwart und Zukunft“, können Pädagoginnen und Pädagogen mit Kindern unterschiedlichen Forschungs-Fragen nachgehen wie z.B.:

- Kann ein Flugzeug aus Glas sein?
- Ein Tisch aus Papier?
- Woraus bestehen die Dinge, die uns täglich umgeben?
- Welche Eigenschaften müssen sie haben, damit sie uns nützen?
- Welches Material eignet sich wofür und wie wird es verarbeitet?
- Wie unterscheiden sich die einzelnen Stoffe?
- Welche Vor- und Nachteile haben sie?
- Was sind Faserverbundwerkstoffe (z.B. Carbon)?
- Welche Vorteile haben sie?
- Wo kommen sie vor?
- Gibt es Faserverbundwerkstoffe auch in der Natur?
- Aktuell wird an der Weiterentwicklung eines Materials gearbeitet, das besonders fest und besonders leicht ist: Carbon, ein Faserverbundwerkstoff. Wo findet er Verwendung?



PÄDAGOGISCHER BEZUG

Durchgehende Didaktik von der frühkindlichen bis zur beruflichen Bildung

Das pädagogische Konzept orientiert sich an den Bayerischen Leitlinien BayBL für die Bildung und Erziehung von Kindern bis zum Ende der Grundschulzeit, die sowohl den Bereich der Elementar- als auch den der Primärpädagogik umfassen. Sie sind im Bayerischen Bildungsplan für Kinder in Tageseinrichtungen (BayBEP) ebenso verankert wie im LehrplanPLUS Grundschule. Durch diese pädagogische Orientierung ist zum einen eine kompetenzorientierte Didaktik gewährleistet, zum anderen eine durchgehende Didaktik von der frühkindlichen Bildung über Sach-/Werkunterrichte und Projektarbeiten in den beteiligten Schularten und die berufliche Qualifizierung bis zur Hochschulausbildung möglich.

Bestmögliche Bildungserfahrungen

Grundlage und Ziel ist es, allen Kindern frühzeitig bestmögliche Bildungserfahrungen und Bildungschancen zu bieten. Im Fokus steht das Recht des Kindes auf Bildung von Anfang an. Da Bildungsprozesse auf Anschlusslernen beruhen, kommt der Kooperation aller außerfamiliären Bildungsorte untereinander sowie der konstruktiven Bildungspartnerschaft mit den Familien eine hohe Bedeutung zu. Zukunftsweisende Bildungssysteme und Konzepte stellen das Kind als aktiven Mitgestalter seiner Bildung in den Mittelpunkt.

Verbindlicher Orientierungs- und Bezugsrahmen

Leitlinien und/oder Bildungspläne in den Bundesländern (beispielhaft seien hier der Bayerische Bildungs- und Erziehungsplan (BayBEP) und die Bayerischen Leitlinien für die Bildung und Erziehung von Kindern bis zum Ende der Grundschulzeit (BayBL) genannt) schaffen sowohl einen verbindlichen Orientierungs- und Bezugsrahmen als auch Grundlagen für den konstruktiven Austausch zwischen den unterschiedlichen Bildungsorten. Sie definieren ein gemeinsames Bildungsverständnis, entwickeln eine gemeinsame Sprache für eine kooperative und anschlussfähige Bildungspraxis und ermöglichen dadurch Kontinuität im Bildungsverlauf.

Übergänge gestalten

Gemäß den genannten Bildungs- und Orientierungsplänen für den Bereich der Kindertageseinrichtungen ist der MINT¹-Bereich inzwischen in allen Bildungsplänen und Grundschul-Curricula der Bundesländer als fester Bestandteil verankert. In interaktiven, ko-konstruktiven Lernprozessen sollen Kinder die Phänomene der Natur entdecken und selbst experimentierend sich ihr Bild von der Welt konstruieren. In Experimenten entdecken sie chemische, physikalische, biologische Eigenschaften und sie entwickeln Techniken, damit umzugehen und Entdecktes praktisch einzusetzen.

Kinder kommen mit großem Interesse und Wissen über Naturphänomene und Begeisterung am Experimentieren in die Grundschule. Für die Grundschule gilt es, auf den Vorerfahrungen und dem Wissen dieser Kinder aufzubauen und das Interesse und die Begeisterung zu nutzen und zu erhalten. In einigen Bundesländern wie Bayern, Hessen, Saarland oder Thüringen geben entsprechende Leitlinien auch formal hierfür eine sehr gute Grundlage. Die reale Gestaltung des Übergangs kann, wie zahlreiche Beispiele belegen, auch für den MINT-Bereich sehr gut gelingen.

¹ MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik

Bildungsziele im Bereich Werkstoffe

Die folgende Matrix gibt eine Orientierung für Kindertageseinrichtung und Grundschule, welche Bildungsziele bzw. welche Kompetenzen für den Bereich Werkstoffe angestrebt werden. Es zeigt auch den bereichsübergreifenden, ganzheitlichen Lernprozess, in dem sprachliche wie mathematische Kompetenzen der Kinder unterstützt werden. Ferner werden

die Möglichkeit der Förderung von Literacyfähigkeit oder der Verknüpfung einzelner Kompetenzen wie z.B. Sprache und Mathematik oder Sprache und Technik sichtbar.

Für das anzustrebende Niveau ist ausschließlich das Entwicklungsalter des einzelnen Kindes maßgebend.

	Grunderfahrung mit Werkstoffen	Sprachlicher Ausdruck	Vertiefung des Verständnisses
Sortieren und Klassifizieren	Werkstoffe klassifizieren und sortieren	Auf der Basis sprachlicher Begriffe klassifizieren	<ul style="list-style-type: none"> • Klassifikationen reflektieren • Beziehungen herstellen
Muster und Reihenfolgen	<ul style="list-style-type: none"> • Muster entdecken und herstellen • Reihenfolgen entdecken und herstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Muster beschreiben • Reihenfolgen und Beziehungen beschreiben 	Reihenfolgen und Beziehungen in einfachen Diagrammen ablesen und darstellen
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Vorkommen von Materialien • Einsatz von Materialien 	Materialien und ihre Eigenschaften beschreiben	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsmöglichkeiten von Materialien • Bearbeitung von Materialien
Raum und Form	Formen von Werkstoffen	Formen und ihre Eigenschaften beschreiben	sich räumliche Gegebenheiten aus verschiedenen Perspektiven vorstellen
Mengen, Zahlen, Ziffern	Gewicht von Werkstoffen	Größen, Mengen und Gewichte alltags-sprachlich beschreiben und vergleichen	<ul style="list-style-type: none"> • Größen und Mengen in einfachen Diagrammen ablesen und darstellen • Abzählen und sich in der Zahlwortreihe bewegen

2.

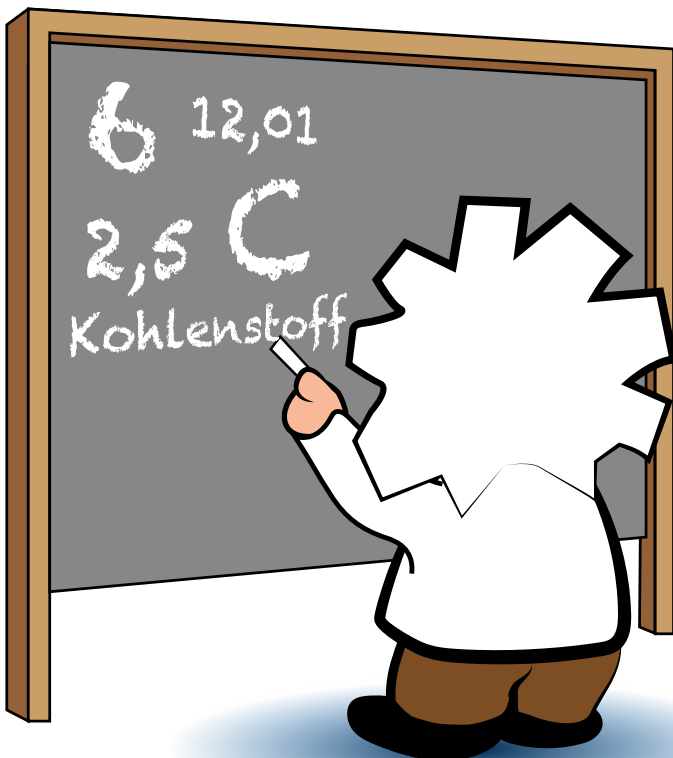
WERKSTOFFE

Werkstoffe sind Stoffe, aus denen etwas hergestellt wird. Ein Stoff – auch als Material bezeichnet – wird zum Werkstoff, wenn damit gearbeitet oder daraus etwas hergestellt wird, wie z.B. Bauteile und Werkzeuge. Dazu werden die Werkstoffe bearbeitet oder es wird ihnen eine andere Form gegeben.

Werkstoffe sind z.B.: Eisen, Stahl, Kupfer, Aluminium, Graphit, Kohlenstofffasern, Stein, Quarz, Holz, Gummi, Kunststoff, Wolle, Keramik, Glas, u. a..

Werkstoffe können in einzelne Gruppen/Kategorien unterteilt oder zusammengefasst werden (z.B. Metalle, Nichtmetalle, Verbundwerkstoffe).

Ein aus einem Werkstoff gefertigtes Objekt nennt man **Werkstück**, z.B. ein Fahrradrahmen, der Rahmen eines Tennisschlägers, eine Eisenbahnschiene, usw..



WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN

Werkstoffe können bestimmte Eigenschaften haben:

Elektrische Eigenschaft:

elektrische Leitfähigkeit (Fähigkeit eines Stoffes, Elektrizität in sich weiterzuleiten; z.B. ein Kupferdraht in einer elektrischen Leitung)

Mechanische Eigenschaften:

- Härte (gibt den Widerstand an, den ein Werkstoff dem Eindringen eines Eindrückkörpers entgegensetzt)
- Dichte (Verhältnis der Masse zum Volumen; eine Kugel aus Eisen mit 10 cm Durchmesser ist z.B. schwerer als eine gleichgroße Kugel aus Holz, weil Eisen eine größere Dichte hat)
- Festigkeit (mechanische Spannung, die ein Werkstoff aushalten kann, ohne zu Bruch zu gehen; Zugfestigkeit und Druckfestigkeit)
- Steifigkeit/Elastizität (Fähigkeit eines Stoffes, nach einer Verformung seine Ausgangsform wieder einzunehmen)
- Plastizität (z.B. Verformbarkeit, Fähigkeit die aktuelle Form bleibend zu verändern)
- Risszähigkeit (Widerstand gegen die Bildung oder Ausweitung von Rissen)

Optische Eigenschaften:

- Lichtbrechung (die Fähigkeit, den geradlinigen Verlauf der Lichtwellen zu verändern)
- Reflexion (die Fähigkeit, die Wellen des Lichts zu reflektieren)
- Transparenz (Durchsichtigkeit z.B. wie Glas)

Akustische Eigenschaften:

- Schallabsorption (die Fähigkeit, Schall zu schlucken)
- Schallreflexion (z.B. Echo)
- Durchdringlichkeit (die Fähigkeit von Schallwellen, in bestimmten Stoffen/Materialien weitergeleitet zu werden)

Thermische Eigenschaften:

- Wärmeausdehnung (gibt an, wie sich ein Gegenstand ausdehnt, wenn sich seine Temperatur ändert)
- Wärmeleitung/Wärmeleitfähigkeit (Fähigkeit eines Stoffes, Wärme in sich weiterzuleiten)
- Spezifische Wärmekapazität (Energienmenge, die benötigt wird, um z.B. 1 kg eines Stoffes um 1 Grad zu erwärmen)
- Warmfestigkeit (Festigkeit eines Materials bei erhöhten Temperaturen)
- Kaltzähigkeit (Bruchverhalten bei tiefen Temperaturen)
- Schmelztemperatur (die Temperatur, bei der ein Stoff flüssig wird)

Chemische Eigenschaften:

- Korrosionsbeständigkeit (z.B. rostet nicht)
- Säurebeständigkeit (wird durch Säure nicht angegriffen)
- Laugenbeständigkeit (wird durch Lauge nicht angegriffen)
- Brennbarkeit (z.B. ist leicht oder schwer entzündbar)
- Antimikrobielle Wirkung (Fähigkeit, Mikroorganismen abzutöten oder ihre Vermehrungsfähigkeit zu reduzieren)

Ökologische Eigenschaften:

- Giftigkeit, Toxizität
- Recyclingfähigkeit

Weitere Eigenschaften:

- Gießbarkeit (Fähigkeit, durch Gießen eine beständige andere Form anzunehmen)
- Umformbarkeit (Plastizität, die Fähigkeit z.B. durch Walzen, Schmieden, Treiben bleibend eine andere Form zu behalten)
- Zerspanbarkeit (Formbarkeit durch Zerspanung; eine spanende Bearbeitung ist z.B. Drehen, Fräsen oder Bohren)
- Schweißbarkeit (unter Anwendung von Wärme und/oder Druck unlösbar verbunden zu werden)
- Magnetismus (kann durch einen Magneten angezogen werden)



FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Je nachdem, welche Eigenschaften ein Werkstück haben soll, wird der Werkstoff verwendet, der die meisten Ansprüche dieses Werkstücks erfüllen kann.

Auf der Suche nach optimalen Werkstoffen werden die verschiedenen Eigenschaften einzelner Werkstoffe in **Verbundwerkstoffen** kombiniert. Verbundwerkstoffe sind Kombinationen aus mehreren Werkstoffen.

Faserverbundwerkstoffe (engl.: „composites“) sind spezielle Verbundwerkstoffe, bei denen man sich insbesondere die Eigenschaften von Faserstrukturen (wie sie z.B. bei Holz zu finden sind) zu Nutzen macht.

Faserverbundwerkstoffe bestehen aus mindestens zwei Werkstoffen, den Fasern und der Matrix.

Die Matrix umschließt die Fasern und verbindet diese miteinander. Solche Matrices sind z.B. Kunststoffe, Keramik oder Beton. Die Fasern sind z.B. Kohlestofffasern oder Glasfasern, Keramikfasern, Naturfasern, Kunststofffasern. Faserverbundwerkstoffe haben in Richtung der Fasern deutlich andere Eigenschaften als quer zur Faserrichtung. So ist z.B. die Festigkeit und Steifigkeit in Faserrichtung deutlich höher. Faserverbundwerkstoffe werden genutzt, weil die positiven Eigenschaften von beiden Materialien kombiniert werden können. Also z.B. die hohe Festigkeit der Fa-

ser mit der chemischen Beständigkeit eines Kunststoffes. Wegen dieser und weiterer Vorteile findet dieser Werkstoff in vielen Bereichen immer mehr Verwendung.

Ein einfacher Faserverbundwerkstoff lässt sich z.B. aus Bindfäden und Wachs herstellen. Legt man die Bindfäden nur in eine Richtung aus und fixiert diese mit flüssigem Wachs, so kann nach dem Aushärten festgestellt werden, dass die Zugfestigkeit in Fadenrichtung deutlich höher ist als entgegen der Fadenrichtung.

Ein anderer einfacher Faserverbundwerkstoff lässt sich aus einem Gemisch aus **Papier** und einem Bindemittel, meist **Kleister**, fertigen. Dieser Werkstoff ist allgemein als **Pappmaché** bzw. **Pappmaschee** bekannt. Aus ihm lassen sich leichte, stabile, relativ große und verhältnismäßig billige Plastiken, Skulpturen oder Masken gestalten.

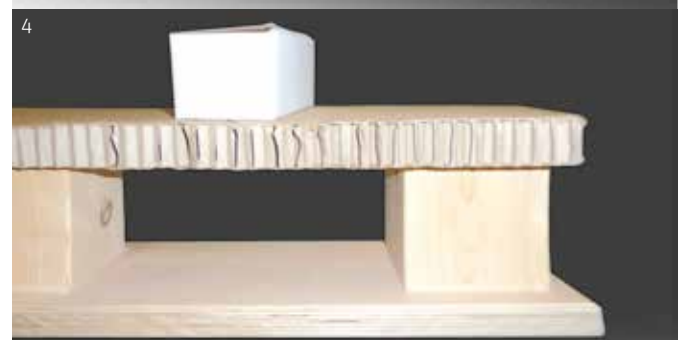
Auch bei Kartonagen macht man sich zum einen die Eigenschaften der Leichtigkeit eines Faserverbundwerkstoffs zu Nutze. Zum anderen erreicht man eine relativ hohe Festigkeit, in dem man eine Zwischenlage faltet, die mit einer Unterseite und Oberseite verklebt ist (Sandwichbauweise).



Karton mit Wabenstruktur der Zwischenlage



Karton mit gewellter Zwischenlage



Dies lässt sich mit einem ganz einfachen Brückenbau leicht demonstrieren.

Ein Faserverbundwerkstoff in der Natur ist z.B. Holz. Eine wesentliche Eigenschaft des Holzes wird durch die Faserstruktur bestimmt.

Werkstücke/Objekte aus Faserverbundwerkstoffen kommen ebenfalls in der Natur vor. Das am meisten genannte Beispiel ist das Wespennest. Das Baumaterial der Wespennester ist Holz oder besser noch papierartig geformter Holzschliff, den die Wespen durch das Abraspeln von altem Holz erhalten. Das Holz vermischen die Wespen mit Speichel und benutzen den so entstehenden „Faserverbundstoff“ als Mörtel und Bausubstanz. Das Nest entsteht, indem eine hauchdünne Schicht auf die nächste gepackt wird. Wie leicht die Nester mancher Wespenarten sind, erkennt man daran, dass sie auf der Oberfläche mit Hilfe eines dünnen Stiels befestigt werden.

Ein anderes Paradebeispiel für einen Faserverbundwerkstoff aus der Natur ist Bambus, aus dem Rattanmöbel gefertigt werden können.



Rattanstuhl aus Bambus



5a

5b

Wespennester



CARBON

Der Begriff Carbon (oder Karbon) wird im Allgemeinen für das chemische Element Kohlenstoff oder für ein Erdzeitalter (die fünfte geochronologische Periode des Paläozoikums von vor etwa 359,2 Millionen Jahren bis vor etwa 299 Millionen Jahren) verwendet.

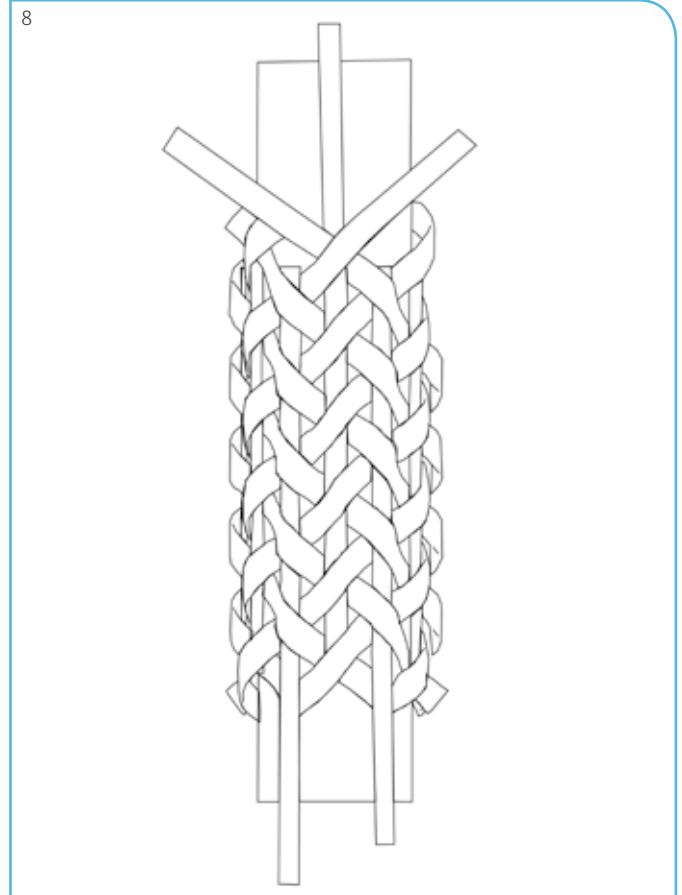
Carbon ist die umgangssprachliche Bezeichnung für kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff.

Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff, auch **carbonfaserverstärkter Kunststoff** (CFK), oder eben verkürzend Carbon, ist ein Verbundwerkstoff, bei dem Kohlenstofffasern in eine Matrix aus Kunststoff eingebettet sind. Der Kunststoff besteht meist aus einem Duroplast (z.B. Epoxidharze) oder einem Thermoplast (z.B. Polyamid).

Dabei profitieren die mechanischen Eigenschaften des ausgehärteten Verbunds von der Festigkeit der Kohlenstofffasern. Die Matrix verhindert, dass sich die Fasern unter Belastung verschieben. Auf diese Weise entsteht ein sehr stabiler Werkstoff.



Carbonfasern

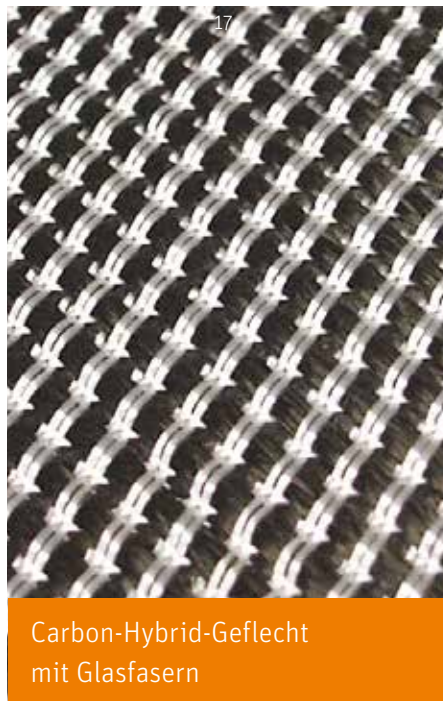
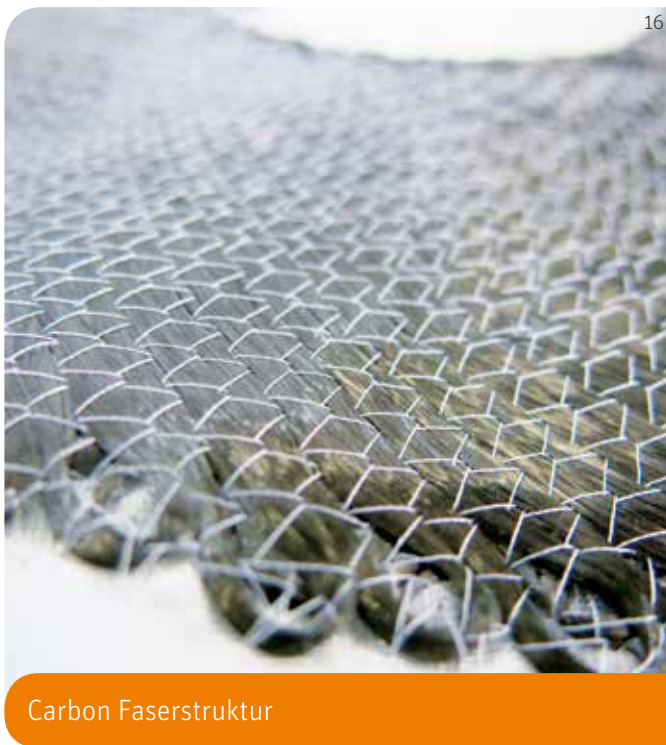


Fasergeflecht



Holzfasern

Carbon hat eine im Vergleich zu Werkstoffen wie Stahl geringe Dichte. Das bedeutet, bei gleicher Größe/gleichem Volumen ist Carbon leichter als Stahl. Dadurch eignet sich Carbon besonders für Anwendungen, bei denen es auf eine geringe Masse bzw. auf ein geringes Gewicht ankommt.



Bei einem Einstieg in das Thema Carbon kann man sich z.B. mit folgenden Fragen dem Thema nähern:

Welche Eigenschaften hat Carbon?

Wie unterscheidet sich Carbon von anderen Materialien?

Was ist das Besondere an Carbon?

Carbon wird verwendet, wenn hohe gewichtsspezifische Festigkeiten und Steifigkeiten gefordert sind, z.B. in der **Luft- und Raumfahrt**, im **Fahrzeugbau** oder in der **Sportgeräteherstellung** (Fahrradrahmen, Speedskates, Tennisschläger, Sportpfeile und Angelruten).



Felgen aus Carbon



24a

24b

Rollstuhl aus Carbon



Es gibt inzwischen aber auch andere Anwendungsbereiche, wie z.B. Brillengestelle.

23a



Brillengestelle aus Carbon

23b



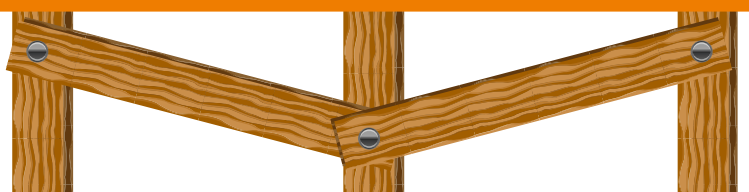
Renncrad aus Carbon

Ein Kind kann einen Hocker aus Carbon bzw. ein Fahrrad aus Carbon problemlos anheben.

In der Medizin ist der Einsatz von Carbon bei Prothesen und Orthesen schon selbstverständlich. Aber auch beim Bau von Instrumenten ist Carbon ein interessanter Werkstoff.



Übrigens, bei allen der vier oben dargestellten Werkstücke waren die ersten „Erfindungen“ aus Holz.



Holz ist in vielen Bereichen ein nahezu idealer Werkstoff. Im Holz entsteht die Faserstruktur beim Wachstum so, dass die Fasern die auftretende Last aufnehmen können. So entsteht eine optimale Faserarchitektur (z.B. für einen Baum), die es erlaubt, mit einem Minimum an Material auszukommen.

Diese Idee möchte man bei künstlich hergestellten Faserverbundwerkstoffen aufnehmen.

Während bei Holz die Faserstruktur durch das natürliche Wachstum vorbestimmt ist, kann diese bei Faserverbundwerkstoffen so bestimmt werden, dass sie den besonderen Anforderungen eines Werkstücks genügt. Man kann die Fasern genau so ausrichten, dass man möglichst wenige davon benötigt, um das Bauteil aufzubauen.

Die **Festigkeit** und die **Steifigkeit** eines aus Carbon hergestellten Bauteils – wie auch beim Holz – sind in der Richtung, in der die Fasern liegen, wesentlich höher als quer zur Faserrichtung. Quer zur Faser ist die Festigkeit sehr viel geringer als in Faserrichtung. Deshalb werden z.B. mehrere Faserlagen in verschiedenen Richtungen verlegt, um eine geplante Festigkeit und Steifigkeit in mehreren Richtungen zu erreichen.



Das Wachstum bestimmt die Faserstruktur



Holz Faserstrukturen

3. CARBON ALS GEMEINSAMES BILDUNGSTHEMA FÜR KITA, GRUNDSCHULE, ELTERN UND KOOPERATIONSPARTNER

MATERIALERFAHRUNG ALS QUERSCHNITTSTHEMA

Erfahrungen mit Materialien, ihre Beschaffenheit und Eigenschaften sowie ihr Einsatz im Alltag kann als Querschnittsthema in der MINT-Bildung bezeichnet werden. Die Auseinandersetzung mit diesem Thema bietet ein reichhaltiges Feld an Lerngelegenheiten für Kinder und auch für pädagogische Fachkräfte. Dabei werden sowohl im täglichen Leben als auch im pädagogischen Alltag und in Projekten bei der Beschäftigung mit unterschiedlichen Materialien und deren Beschaffenheit wichtige Aspekte von Bildungs- und Erziehungszielen umgesetzt.

Materialien im Vergleich

Werkstoffe sind ein MINT-Thema, welches ein vielfältiges Lernfeld bietet. Es gibt Kindern die Möglichkeit, die Vielzahl von Stoffen im unmittelbaren oder entfernteren Umfeld, in der Natur, in der häuslichen Umgebung und im täglichen Gebrauch zu entdecken – mit all ihren unterschiedlichen Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten. Sie haben die Gelegenheit diese Eigenschaften zu untersuchen, ihre Einsatzmöglichkeiten zu erproben und die Stoffe zu vergleichen. Sie können erfahren, wie durch die Verbindung verschiedener Stoffe neue Eigenschaften entstehen und so erste Erfahrungen mit Faserverbundwerkstoffen und den damit verbundenen Technologien machen.

Carbon ein wichtiger Zukunftswerkstoff

Carbon, ein Kohlenstofffaserverbundwerkstoff (CFK), wird aufgrund seiner Eigenschaften als ein wichtiger Zukunftswerkstoff erachtet. In der Automobil- und der Flugzeugindustrie interessiert man sich dafür, denn jedes eingesparte Kilogramm bedeutet zugleich weniger Treibstoff und weniger Umweltbelastung durch CO₂-Ausstoß. Aber auch im Schiffsbau, bei Eisenbahnen oder im Maschinenbau findet Carbon Verwendung und ist auch im Sportartikelbereich nicht mehr wegzudenken.

Um die besonderen Eigenschaften dieses Werkstoffs zu erkunden, erscheint ein Vergleich mit anderen Materialien sinnvoll. Diese Überlegungen fließen sowohl in die Fortbildungen ein als auch in die Workshops für Kindergartengruppen und Grundschulklassen, bei denen Kinder die Gelegenheit haben, zum einen Alltagsgegenstände zu untersuchen und zum anderen die physikalischen Eigenschaften verschiedener Materialien in Experimentierstationen zu erkunden.

Aus einem weiteren Grund eignet sich Carbon in besonderer Weise als Beispiel, an dem bereits im Kindergarten vieles erforscht und erfahren werden kann. Es lassen sich nicht nur Eigenschaften entdecken, die den Kindern eher vertraut sind, sondern auch Veränderungen dieser Eigenschaften: Z.B. wenn man verschiedene Werkstoffe verbindet und sich dadurch neue Eigenschaften und damit neue Einsatzmöglichkeiten ergeben.

ALLTAGSERFAHRUNG MIT WERKSTOFFEN

Kinder haben vielfältige Möglichkeiten, in ihrem Umfeld unterschiedliche Werkstoffe kennen zu lernen. Sie können das Material/den Werkstoff oder Gegenstände untersuchen. Sie können überlegen, was man mit den einzelnen Dingen macht und warum man gerade diesen Stoff oder dieses Material für einen Gegenstand verwendet.

- Welche Eigenschaften haben die unterschiedlichen Materialien?



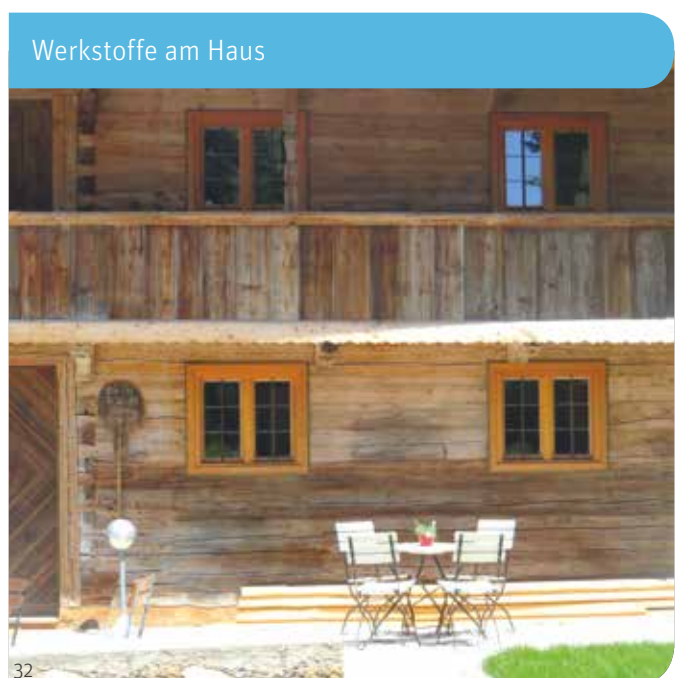
Baumstämme



Gläser im Küchenregal



Steine auf dem Feld



Werkstoffe am Haus

- Aus welchen Materialien sind Autos oder Flugzeuge?
- Mit welchen sehr leichten oder sehr schweren Materialien habe ich zu tun?
- Welche Vor- und Nachteile gibt es jeweils?



33

Ein alter „Käfer“ aus Metall



34

Ein moderner Sportwagen aus Carbon



35

Ein altes „Vollmetallflugzeug“



36

Ein modernes Flugzeug mit Rumpf und Flügeln aus Carbon



37

Eine leichte Feder



38

Schwere Steine aus Granit

- Gibt es besondere Materialien?
- Wo kommen sie vor?
- Nach welchen Eigenschaften (Gewicht, Geruch, Farbe, Verwendung, usw.) kann ich Materialien/Werkstoffe sortieren?



Goldschmuck



Kohle



Baumaterial – Ziegel



Büromaterial – Gegenstände des täglichen Lebens

- Was heißt das eigentlich: Material/Werkstoff?
- Was verstehen wir unter diesen Begriffen? (Siehe auch Kapitel 2)

Mit Material oder Werkstoff wird etwas bezeichnet, das als Ausgangsstoff für ein Produkt dient
z.B. Holz für einen Stuhl, Glas für ein Fenster u.a.

Weiterführung des Themas und Erweiterung des Wortschatzes:

- Sammelbegriffe bilden: z.B. Rohstoffe, Werkstoffe, ...
- Unterbegriffe bilden: z.B. Baumaterial, Lagermaterial, Beweismaterial, Büromaterial, Informationsmaterial, Verpackungsmaterial, Verbrauchsmaterial

BEZÜGE ZU BILDUNGSLEITLINIEN UND BILDUNGSPLÄNEN

Kinder lernen, denken, erleben und erfahren die Welt nicht in Fächern oder nach Bereichen getrennt. Vielmehr sind ihre emotionalen, sozialen, kognitiven und motorischen Lern- und Entwicklungsprozesse eng miteinander verknüpft. Zugleich gehen Kompetenzentwicklung und Wissenserwerb Hand in Hand, denn Kinder entwickeln ihre Kompetenzen nicht isoliert, sondern stets im Kontext von aktuellen Situationen, sozialem Austausch und bedeutsamen Themen. Ihr Lernen ist immer vernetzt. Die folgenden Bildungsbereiche greifen ineinander und weisen vielfältige Querverbindungen auf: z.B. Werteorientierung, Sprache und Literacy, Medien, Mathematik, Umwelt, Naturwissenschaften und Technik, Ästhetik und Kunst, Musik, Rhythmik und Bewegung, Sport. Die Bildungsbereiche im BayBEP bieten enge Anknüpfungsmöglichkeiten zu den Themen Technik und Materialerfahrung. Besonders offensichtlich sind die Bezüge zur Bildungsvision „Fragende und Forschende Kinder“ und den Bildungsbereichen:

- **Mathematik**
- **Naturwissenschaften und Technik**
- **Umwelt**

Zur Beschäftigung mit diesem Thema eignen sich besonders Methoden, die auf ein ganzheitliches und alltagsbezogenes Verständnis abzielen.

BEZUG ZU GRUNDSCHULLEHRPLÄNEN

Im Heimat- und Sachunterricht, für den die Grundschullehrpläne (in Bayern z.B. der „Grundschullehrplan Plus“) die Orientierung vorgeben, erwerben die Schülerinnen und Schüler notwendige Grundlagen für die natur-, sozial- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächer. Ihr eigenständiges und verantwortungsbewusstes, an einer nachhaltigen Entwicklung orientiertes Handeln wird gestärkt. Der Heimat- und Sachunterricht bietet vielfältige Gelegenheiten, die Schönheit der Natur, die Einzigartigkeit jedes Menschen, die Vielfalt und den Wandel in unserer Gesellschaft zu erleben sowie einen Grundbestand an möglichen Werten zu erkennen. Auch erwerben die Kinder Wissen um die eigene körperliche und seelische Entwicklung, den Nutzen der Technik und sie gewinnen naturwissenschaftliche Erkenntnisse.

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich mit Phänomenen in der belebten und unbelebten Natur und untersuchen dabei Pflanzen und Tiere, Bodenarten und Wetter sowie physikalische und chemische Betrachtungsgegenstände. Sie gewinnen erste Einblicke in naturwissenschaftliche Vorgehensweisen zur Erkenntnisgewinnung (z.B. Experimentieren, Arbeiten mit Modellen) und entdecken Regelmäßigkeiten sowie Beziehungen in der Natur.

Kompetenzerwartungen²: Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und dokumentieren ausgewählte Eigenschaften verschiedener Stoffe.

Inhalte zu den Kompetenzen sind z.B. Stoffe (wie z.B. Plastik, Kochsalz, Zucker, Holz, Metall, Wachs, Wolle, Glas, Stein, Papier, Pappe) und ihre Eigenschaften (z.B. Formbarkeit, Löslichkeit, Dichte, biologische Abbaubarkeit).

Die Kinder lernen die Materialien kennen, wissen, wie und wo sie eingesetzt werden und wie sie selbst damit arbeiten können.

Es ist ein Querschnittsthema, welches im Elementarbereich grundgelegt wird und im Sinne der Anschlussfähigkeit in der Grundschule weitergeführt und vertieft wird.

² Entnommen: Grundschullehrplan Plus, Bayern

KONKRETE MATERIALERFAHRUNG

Bildung in Alltagssituationen

Es gibt zahlreiche Alltagshandlungen und -situationen in Kindertageseinrichtungen und Grundschulen, die Anlass geben, sich gemeinsam mit den Kindern über unterschiedliche Materialien, deren Beschaffenheit, ihren Einsatz im Alltag, aber auch über die verfügbaren Ressourcen Gedanken zu machen (vergl. auch Alltagserfahrungen mit Werkstoffen). Aufgrund dieser breiten Erfahrungsmöglichkeit bietet es sich geradezu an, das Thema Werkstoffe und Materialien alltagsintegriert (= integriert in den Einrichtungsalltag) anhand ganz konkreter Beispiele zu behandeln, selbst zu forschen und auf einen sinnvollen Umgang mit einzelnen Materialien aufmerksam zu machen.

Projektarbeit

Projekte eröffnen die Chance, Themen ganzheitlich aufzugreifen und auch große Zusammenhänge (z.B. Wie hängt Materialbeschaffenheit und deren Verwendung für Dinge des Alltags zusammen?) zu erfahren. Besonders gut eignen sich Projekte, die aus den Fragen und Beobachtungen der Kinder heraus entstehen. So können an Fragen wie „Aus was besteht das, was kann ich damit machen, was kann ich nicht machen?...“ Projekte anknüpfen, in denen Kinder ganzheitlich und mit allen Sinnen das Thema Materialbeschaffenheit gemeinsam mit Erwachsenen erfahren und verstehen.

Experimentieren

Experimente stellen einen wichtigen Bestandteil von Projekten dar. Durch sie schaffen sich Kinder einen Zugang zu naturwissenschaftlichen, technischen und mathematischen Inhalten und Methoden. Anhand von Versuchen finden sie Erklärungen und Antworten auf ihre Fragen und Beobachtungen, können ihre Vermutungen/Hypothesen überprüfen und zu neuen Erkenntnissen gelangen. Experimente zu verschiedenen Materialien und ihren Eigenschaften erschließen ein breites Feld, um entdeckend und forschend zu lernen und Wissen zu erwerben, das später in der Schule, in der Berufswahl, aber auch im täglichen Leben anschlussfähig weiterentwickelt werden kann.

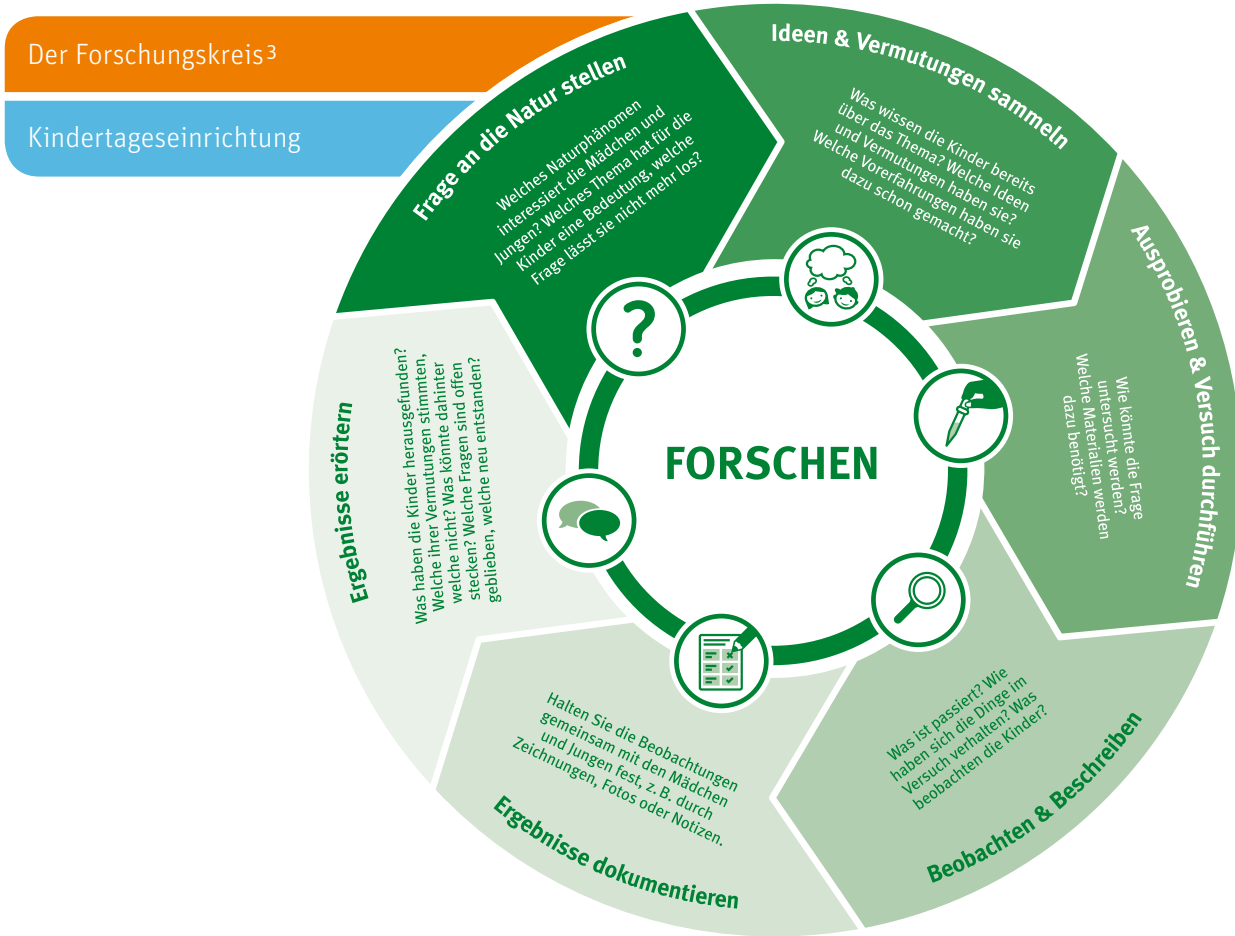
Philosophieren mit Kindern

Kinder staunen über die Rätsel der Welt und begeben sich noch nicht wie Erwachsene in das „Gefängnis der Konventionen“: Sie fragen unbefangen nach und nutzen jeden noch so kleinen Augenblick, um große Fragen über die Welt zu stellen. Und sie sind schon sehr früh bereit, Verantwortung für ihre Welt zu übernehmen. Kita und Grundschule sind daher ideale Orte, um gemeinsam über den eigenen Umgang mit Materialien und Ressourcen nachzudenken, Umweltbewusstsein zu erfahren und ressourcenbewusstes Verhalten zu praktizieren.



EIN DIDAKTISCHES MODELL

Der Forschungskreis und das Kompetenz-Strukturmodell, zwei aufeinander aufbauende didaktische Modelle für Kindertageseinrichtung und Grundschule.



Mit freundlicher Genehmigung:
³ "Stiftung Haus der kleinen Forscher", Berlin
⁴ Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), München

Grunderfahrungen sammeln:

Im Alltag machen Kinder ebenso wie Erwachsene ständig neue Entdeckungen und probieren sich aus. Dabei sammeln sie umfassende Grunderfahrungen mit Phänomenen und Materialien, die unerlässlich sind, bevor die Mädchen und Jungen konkrete Fragestellungen entwickeln können.

Fragestellung:

Stößt ein Kind bei seinen vielen Entdeckungen auf ein Phänomen, das es fesselt, so kann die Fachkraft gezielt die das Kind interessierende Frage aufgreifen. Natürlich kann die Fachkraft auch selbst Phänomene bzw. Fragen einbringen – idealerweise aus den Beobachtungen der Kinder.

Vorwissen und Vermutungen:

Die Fachkräfte und die Kinder denken darüber nach, was sie schon zu ihrer Frage wissen und welche Vermutungen sie haben. Auf dieser Grundlage können sie überlegen, wie sie am besten zu einer Antwort gelangen (z.B. durch einen geeigneten Versuch).

Eigene Versuche:

Jedes Kind sollte ausreichend Zeit haben, um seine eigenen Ideen auszuprobieren und in Versuche umzusetzen, in seinem eigenen Tempo zu arbeiten und Dinge zu wiederholen.

Beobachten:

Pädagogische Fachkräfte ermuntern Kinder zum genauen Beobachten und Beschreiben. Dadurch nehmen die Kinder bewusst wahr, was sie erforschen und wie sich die Dinge, die sie untersuchen, verhalten.

Dokumentation:

Wenn Kinder ihre Beobachtungen, Ideen und Arbeitsschritte dokumentieren, wird ihnen das neu Erfahrene bewusst und für später festgehalten.

Reflexion:

Wenn der Tatendrang des Ausprobierens gestillt ist, können die Kinder in der Reflexionsphase verarbeiten und besprechen, was sie erlebt und entdeckt haben. Dabei üben sie auch, eigene Erklärungsversuche zu formulieren.

Diese Schritte werden nicht immer alle und nicht immer in dieser Reihenfolge durchlaufen. Oft wird durch eine neue Beobachtung gleich ein neuer Versuch angestoßen, bevor ausführlicher über die Bedeutung verschiedener Ergebnisse nachgedacht wird. Meistens ergeben sich am Ende neue Fragen. Das ist wie in der „großen“ Wissenschaft – der Prozess des Fragens, Forschens, Findens und Weiterfragens geht immer wieder von Neuem los.

Im Folgenden werden der Forschungskreis und das Kompetenz-Strukturmodell mit inhaltlichem Bezug zum Thema Werkstoffe/Carbon dargestellt.

MATERIALERFAHRUNG IM FORSCHUNGSKREIS

KINDERTAGESEINRICHTUNG

Kinder werden als Forscher und Entdecker geboren. Entdecken, Fragen-Stellen, In-Frage-Stellen, Hypothesen bilden, Theorien-Verwerfen, Erklärungen-Finden sind originäre Grundlagen für das frühkindliche Lernen. Es ist der

Zugang zur Welt und die Art und Weise, wie sich ein Kind seine Umwelt erschließt und wie es sich seine Welt konstruiert. Ein Kind kann auf dieser Entdeckungsreise nicht früh genug unterstützt werden.



Eine Frage, eine Beobachtung

Ausgangssituation: Die Kinder kommen von einem Spaziergang zurück, auf dem sie allerlei gesammelt haben: Steine, Holzstücke, einen Plastikbecher und das Papier der Brotzeit. Die unterschiedlichen Dinge werden untersucht: „Woraus sind die Dinge? Wie sehen sie aus und wo haben wir sie gefunden?“ Der Begriff Material wird besprochen.



Sammeln von Ideen und Vermutungen – Hypothesen erstellen

Welche Materialien haben die Kinder gefunden und welche kennen sie außer diesen noch? Als Aufgabe sollen die Kinder unterschiedliche Materialien aus Haushalt und Keller mitbringen, um sie untersuchen zu können. „Warum sind die Gegenstände aus unterschiedlichen Materialien gemacht, welche Eigenschaften sind für die Gegenstände notwendig?“ Im aktiven Tun und der selbstbestimmten Teilhabe (Partizipation) werden Kinder ermuntert, forschend und entdeckend Erfahrungen zu sammeln und bewusst ihre Lebenswelt zu erkunden.



Ausprobieren und Versuche durchführen

Alle Materialien werden auf einer großen Fläche ausgebreitet und genau untersucht: Wie sehen sie aus, wie fühlen sie sich an, was unterscheidet sie? Sie werden gewogen, auf ihre Belastbarkeit untersucht, ihre Farbe bestimmt. Aber wozu können die Materialien verwendet werden? Eine tagelange Suche im Kindergarten und Zuhause beginnt. Können Möbel aus Papier sein, sind Häuser überall aus Stein oder Ziegel? Hier könnte man auch in Büchern recherchieren wie Menschen in anderen Erdteilen wohnen.



Das Beobachtete und Erfahrene beschreiben

In Stationen werden die Materialien sortiert und die Kinder untersuchen die verschiedenen Stoffe. Sie beschreiben sie in ihren Eigenschaften und ihrer Verwendung im Alltag oder im Umfeld, wie auf Baustellen oder Handwerkermärkten. Bei Spaziergängen beobachten sie nun genau aus was Häuser, Autos... sind. Die Kinder werden dadurch auch angeregt ihre Beobachtungen zu verbalisieren, Beobachtetes anderen mitzuteilen und exakt zu beschreiben. (Sprachkompetenz)



Eigene gewonnene Erfahrungen dokumentieren

Mit Bildern und Fotos können Kinder Forschertagebücher anlegen, in denen sie ihr neues Wissen festhalten und mit Hilfe der Pädagogen/-innen dokumentieren. Dies unterstützt nicht nur die Lernkompetenz des Kindes, sondern ist auch ein gutes Medium im Austausch mit den Eltern im Sinne der Bildungspartnerschaft. Die Kinder können jederzeit ihr Tagebuch (Portfolio, Lerntagebuch) anschauen, ergänzen oder anderen zeigen (soziale/personale Kompetenz und Selbstbewusstsein).



Über die Erfahrungen nachdenken, reflektieren und erörtern

Gemeinsam wird der ganze Prozess reflektiert. „Was war die Ausgangsfrage, was haben wir alles gemacht, was wussten wir schon und was haben wir Neues erfahren?“ Und ganz wichtig: „Wie und womit konnten wir Antworten finden? Haben wir in Büchern recherchiert, andere Leute (Fachleute) befragt?“ Es unterstützt die Lernkompetenz der Kinder, sich im Dialog gemeinsam Wissen anzueignen (Ko-Konstruktion). In diesem Prozess können neue Fragen entstehen, neue Projekte ihren Anfang finden oder weitere Ideen für Versuche den Prozess von vorne beginnen lassen.

MATERIALERFAHRUNGEN IM KOMPETENZ-STRUKTURMODELL GRUNDSCHULE

Das Erkennen und Verstehen von Erscheinungen und Zusammenhängen in Gesellschaft, Natur, Technik, Raum und Zeit ist eine wesentliche Grundlage für die Orientierung der Schülerinnen und Schüler in der Welt. Dazu wenden sie verschiedene, für die einzelnen fachwissenschaftlichen Perspektiven typische Vorgehensweisen an (z.B. Befragungen durchführen, Daten sammeln, Vermutungen formulieren, Objekte und Quellen untersuchen, experimentieren, Räume erkunden, Modelle und Modellvorstellungen nutzen, Beobachtungen dokumentieren, auswerten). So erwerben die Kinder ein breites Repertoire an fachgemäßen Methodenkompetenzen. Diese ermöglichen ihnen zunehmend, ihr Wissen auch selbstständig zu erweitern und auszubauen.

Der im Folgenden beschriebene Forschungskreis für die Grundschule ist eine weiterführende Ergänzung zum Forschungskreis Kindertageseinrichtung, der auf alle Bildungsthemen übertragen werden kann.

Neugier ist ein verletzliches Pflänzchen, das nicht nur Anregung, sondern vor allem Freiheit braucht." (Einstein)



Eine Frage, eine Beobachtung

Fragen markieren eine zentrale Fähigkeit zur Erschließung der Lebenswelt. Der Sachunterricht gibt den Kindern die Möglichkeit, eigene Fragen zu entwickeln, ihnen nachzugehen und angeleitet oder eigenständig Wege zu Lösungen zu finden. Fragen erfordern und fördern die Betrachtung eines Themas aus verschiedenen Perspektiven und unterstützen so eine Vernetzung von Wissen. Wenn Kinder schon mit dem Thema „Material“ zu tun hatten, finden sie vielleicht neue Materialien die sie noch nicht kennen oder sie fragen, wie manche Dinge hergestellt werden. Z.B.: Woraus ist der Tischtennisschläger gemacht? Was ist Carbon und welche Eigenschaften hat das Material? Woher kennen wir die Materialien und wo finden sie Verwendung (Zuhause, in der Freizeit, im Verkehr, aus den Berufen der Eltern etc.)?



Sammeln von Ideen und Vermutungen – Hypothesen erstellen

Die Schülerinnen und Schüler überlegen miteinander, welche bekannten Gegenstände aus welchen Materialien beschaffen sind und was alles aus dem noch nicht bekannten Material Carbon ist. Vielleicht finden sich schon Gegenstände, die daraus gefertigt sind. Die Kinder wollen nun den Stoff mit anderen Stoffen vergleichen, um seine Vorteile zu entdecken. Gemeinsam mit den Lehrer/innen denken sie sich mögliche Versuche aus. Wichtig dabei ist es, gemeinsam zu überlegen und Hypothesen aufzustellen. Zum Beispiel: Carbon ist sehr leicht, daher eignet es sich gut für Tennis-Schläger. Aus welchem Grund könnte dieses Material in Flugzeugen verbaut werden? Die Schülerinnen und Schüler wenden in der Grundschule zunehmend Grundsätze naturwissenschaftlichen Denkens und Vorgehens an, um Erkenntnisse zu gewinnen und machen die Untersuchungsmethoden selbst zum Gegenstand ihrer Überlegungen.



Ausprobieren und Versuche durchführen

Die Kinder werden mit einfachen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und Erkenntnismethoden vertraut gemacht. Sie unterscheiden verschiedene Stoffe nach ihren Eigenschaften. Sie wiegen verschiedene Gegenstände und finden heraus, dass die Gegenstände etwa gleich groß sein müssen, sonst sind sie nicht vergleichbar. Bezogen auf das Thema Material können sie Experimente zu Gewicht, Leitfähigkeit von Strom, Wärmeleitfähigkeit, Oberflächenbeschaffenheit, Magnetismus durchführen (siehe Kapitel 5). Die einzelnen Materialien können dann nach bestimmten Kategorien sortiert und klassifiziert werden. Am Ende überprüfen sie aufgrund dieser Versuche ihre zuvor aufgestellten Hypothesen.



Das Beobachtete und Erfahrene beschreiben

Gemeinsam werden die Ergebnisse verglichen und diskutiert. Ausgehend von ihrer Alltagssprache verwenden die Schülerinnen und Schüler eine an ihrem Entwicklungsalter orientierte Fachsprache. Sie verwenden einfache fachgemäße Darstellungs- und Dokumentationsweisen (z.B. Pläne, Zeitleisten, Beobachtungsbücher, Steckbriefe, Zeichnungen und Abbildungen), um ihre Überlegungen und Erkenntnisse festzuhalten, zu beschreiben, zu dokumentieren und zu präsentieren. Die sichere Anwendung von Fachbegriffen (z.B. bei der Beschreibung des Stromkreises) und eine klare Beschreibung ist ein wesentlicher Bestandteil für die fachbezogene Kommunikation im Heimat- und Sachunterricht. Dabei verwenden sie zunehmend Fachbegriffe als gemeinsame Verständigungsgrundlage. Sie erklären z.B. die Bedeutung verschiedener Materialien für unser tägliches Leben und wie man im Umgang damit verantwortungsbewusst handelt. Sie beschreiben aus dem Alltag bekannte Berufe, ordnen sie unterschiedlichen Arbeitsfeldern zu und bewerten ihre Bedeutung für das Alltagsleben.



Eigene gewonnene Erfahrungen dokumentieren

Indem die Schülerinnen und Schüler ihre Versuche schriftlich dokumentieren, erweitern sie ihre sprachliche Kompetenz und ihren Fachwortschatz. Sie erweitern kontinuierlich ihre spezielle und allgemeine Sprachhandlungsfähigkeit sowie ihr Wissen über Sprache. Sie nutzen diese, wenn sie ihre Ergebnisse in eigene Texte fassen. Was ist unter dem Begriff Material zu verstehen? Welche Bereiche kennen die Kinder (Büromaterial, Verpackungsmaterial, Baumaterial etc.)? Wo finden diese Materialien Verwendung? Gibt es Berufsfelder, die hauptsächlich mit diesen Materialien arbeiten? Was ist unter dem Begriff Rohstoff zu verstehen? Wie werden Rohstoffe gewonnen? Wie und wo sind Rohstoffe verfügbar? Welche Ressourcen müssen geschont werden? Wie können wir zu einer umweltverträglichen Verwendung beitragen (Querthema: Mülltrennung)? Wird die Verwendung des Faserverbundwerkstoffs Carbon zu einer umweltorientierten Verwendung beitragen?



Über die Erfahrungen nachdenken, reflektieren und erörtern

Das Thema „Material“ eignet sich sehr gut, um mit den Kindern über Nachhaltigkeit und die Verwendung von Ressourcen nachzudenken. Ihr Bewusstsein für einen verantwortlichen und nachhaltigen Umgang mit knappen Ressourcen wird geweckt. Mit dem Entdecken neuer Materialien wie Carbon können die Kinder über neue Techniken und deren zukünftige Anwendung nachdenken.

Technik ist die gezielte nutzbringende Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Technik bedeutet Fortschritt, kann aber auch Gefahren für den Einzelnen, die Gesellschaft und die Umwelt in sich bergen. Die Schülerinnen und Schüler entdecken den Entwicklungsprozess von der Idee zum Produkt und reflektieren die Chancen und Risiken neuer technischer Entwicklungen und deren Folgen. Sie handeln auf der Grundlage eines ethisch-moralischen Bewusstseins nach ökologischen, ökonomischen, sozialen und politischen Kriterien.

Die Schülerinnen und Schüler reflektieren und bewerten begründet, sowohl den Umgang miteinander, als auch unterschiedliche Sichtweisen, Sachverhalte, Themen und Zusammenhänge. Sie überdenken, verändern und festigen dabei ihre Werte und Normen mit Blick auf ein verantwortungsvolles, demokratisches und nachhaltiges Handeln in einer friedlichen und gerechten Gesellschaft.

4.

FORTBILDUNGEN UND WORKSHOPS

FORTBILDUNG FÜR ERZIEHER/INNEN UND GRUNDSCHULLEHRER/INNEN IM DEUTSCHEN MUSEUM

Materialerfahrung ist ein wichtiges Instrument der Welterkundung von der Kleinkindphase bis in alle weiterführenden Bereiche. „Werkstoffe“ ist darüber hinaus ein Querschnittsthema, das sich hervorragend als Vehikel eignet, um den Übergang vom Kindergarten in die Grundschule inhaltlich zu gestalten. Um Erzieher/innen und Grundschullehrkräfte für dieses Thema zu gewinnen wurden Fortbildungs- und Workshop-Möglichkeiten entwickelt und mit beiden gemeinsam erprobt.

Module dieser Schulung sind:

- **Das Thema im Alltag sichtbar machen**
- **Fachliche Informationen**
- **Die pädagogische Verortung des Themas**
- **Methodische Vorschläge für die Arbeit mit Kindern**

Die pädagogische Einbindung des Themas in die Bildungs- und Lehrpläne war Gegenstand der vorangegangenen Kapitel. Vorschläge für die Arbeit mit Kindern schließen sich an dieses Kapitel an. Daher widmet sich dieser Abschnitt den ersten beiden Modulen.

Die Vermittlung fachlicher Informationen stützt sich dabei auf die inhaltlichen Möglichkeiten des Deutschen Museums in München, um die Anschaulichkeit von Ausstellungen für eine methodisch und didaktisch abwechslungsreiche Fortbildung zu nutzen. Gleichzeitig soll dieses Beispiel Ideen anregen, wie Materialien auch an anderen Orten – in anderen Museen, zu Hause, bei einem Spaziergang, in der Kita, in Firmen, etc. erkundet werden bzw. wie solche Orte sinnvoll eingebunden werden können. Jede Einrichtung kann in ihrer Umgebung Ähnliches machen und besondere eigene Möglichkeiten aufgreifen.

Woraus ist das? – Materialien im Alltag



Unterschiedliche Materialien – unterschiedliche Eigenschaften

Meistens beschäftigen wir uns mit den Dingen, die uns im Alltag umgeben, sie sind naheliegend. Aber fragen wir uns auch, woraus sie gemacht sind und warum? Zur Einstimmung in das Thema konzentrieren sich die Teilnehmer/innen auf ausgelegte Alltagsgegenstände. Wir haben uns für diesen Zweck auf zwei Dinge beschränkt: Tassen und Handschuhe. Je nach ihrer Funktion und der Art ihrer Verwendung findet man diese Gegenstände aus unterschiedlichsten Materialien. Tassen und Becher können aus Keramik/Porzellan, Glas, Metall, Plastik, Papier, sogar aus Holz sein, Handschuhe z.B. aus Leder, Gummi, Plastik, Wolle.

Für jedes Material gibt es Gründe: Wann und warum zieht man überhaupt Handschuhe an? Für Haushaltsarbeit wird man keine Lederhandschuhe verwenden, sondern dünne Gummi-/Kunststoffhandschuhe. Vor Kälte schützen diese aber nicht, dazu muss es schon Leder oder Wolle sein. Skihandschuhe sind meist aus einem Materialmix – innen hautfreundliche Baumwolle und/oder Wolle, wärmendes Zellstoffvlies als Zwischenschicht und Wasser abweisender Kunststoff außen.

Fragt man die Teilnehmer/-innen nach ihrer Lieblingstasse, ist diese fast immer aus Keramik oder Porzellan. Keramik hat nicht nur die besten Eigenschaften für warme Getränke – sie ist geschmacksneutral und leitet Wärme nicht so schnell – das Material lässt sich auch schön formen und bemalen, es ist haptisch und optisch ansprechend. Doch auch andere Materialien sind gebräuchlich. Zu einem Campingurlaub wird man eher Metall- oder Hartplastikbecher mitnehmen, weil sie nicht so schnell zerbrechen. Ein Papierbecher bleibt durch einen Kunststoffbezug zumindest so lange fest, bis man seinen „coffee-to-go“ getrunken hat. Wir haben aber auch schon erfahren, dass die Einmalbecher Wärme sehr schnell abgeben und anfangs für unsere Hände zu heiß sind. Und was geschieht danach mit dem Becher? Überlegungen, die scheinbar Selbstverständliches hinterfragen, machen das Thema sichtbar und sensibilisieren Erwachsene wie Kinder für die damit verbundenen Fragestellungen. Die Pädagoginnen und Pädagogen probieren durch diese Gesprächsrunde an sich selbst aus, wie sie mit Kindern über Materialien sprechen können. Eine Erklärung der Begriffe „Material“ und „Werkstoff“ bietet sich an dieser Stelle an (siehe Kapitel 2), ebenso die Unterscheidung zwischen Faserstoffen und anderen Materialien sowie den Werkstoff Carbon einzuführen.

Werkstoffe im Deutschen Museum entdecken

In einem zweiten Programmteil erhalten die Teilnehmer/-innen fachliche Informationen in einem Rundgang durch ausgewählte Ausstellungen im Deutschen Museum, in denen etwas zur Entdeckung, Verarbeitung und Anwendung von Werkstoffen zu finden ist: Metalle, Historische und Moderne Luftfahrt, Chemie in Freizeit und Sport, Keramik, Glastechnik, Druck und Papier. Dieser Rundgang wird methodisch aufgelockert durch Vorführungen und Gelegenheiten, selber aktiv zu werden. Nachfolgend sind die zentralen Inhalte der Führung skizziert:

Anschaulich wird in einer Gießerei (Abteilung Metalle) gezeigt, wie aus Aluminium Dinge des Alltags gegossen werden. Metalle können nur mit viel Energie und hohen Temperaturen flüssig gemacht werden, bevor daraus Gegenstände geformt werden können. Über viele Zwischenschritte entstehen aus ersten Gussstücken z.B. Reißverschlüsse, Getränkedosen oder Scharniere für Autotüren.



Metalle gießen

Im Flugzeugbau kann man die Entwicklung von Holz und Segeltuch bis zu Leichtmetall und Faserverbundstoffen verfolgen (Ausstellung Luftfahrt), je nach Entwicklungsstand der Materialforschung. Die ersten Fluggeräte folgten dem Prinzip „leichter als Luft“: es waren Heißluftballone und Luftschiffe/Zeppeline. Niemand hätte zu Beginn des industriellen Zeitalters daran gedacht, mit dem damals vorhandenen Eisen und Stahl ein Flugzeug zu bauen. Die ersten Fluggeräte, die schwerer als Luft waren und aufgrund der Form ihrer Flügel und ihrer Geschwindigkeit in der Luft blieben, waren aus Holz und Stoff konstruiert. Erst mit der Entwicklung zu besser form- und verarbeitbaren Leichtmetallen ging es mit dem Flugzeugbau aufwärts. Ein Segment des Airbus A 300 zeigt den Aufbau der Außenwand aus Metall und welche weiteren inneren Schichten und Bauteile daran festgemacht sind (Ausstellung Luftfahrt). Beim Airbus A350 ist genau diese Außenhaut schon aus Carbon: Carbon fängt die auf das Flugzeug einwirkenden Kräfte auf, ist dabei leichter als Metall und in Gegensatz zu Metall rostet es nicht.



Der AIRBUS A350



Ein Rumpfteil des AIRBUS A350 aus Carbon

Keramik und Glas zählen zu den häufigsten Gebrauchswerkstoffen, unsere Schränke sind voll davon. Aber auch bei Hochspannungsisolatoren, Mahlwerken, künstlichen Hüftgelenken oder Wasserhähnen kommt Keramik zum Einsatz. Wie Glas wird es bei hohen Temperaturen hergestellt. Einmal gebrannt, verändert es seine Form nicht mehr, es ist säurebeständig und der menschliche Körper verträgt es sehr gut. Beide Werkstoffe sind allerdings nicht allzu stoßfest. Wirkt eine entsprechende Kraft auf sie ein, wissen wir, was geschieht: sie zerbrechen oder zersplittern. In der Ausstellung Glastechnik zeigt ein Glasbläser täglich sein Handwerk (Ausstellungen Glas und Keramik).



Glasbläser

Werkstücke werden leichter

Wie am Beispiel Metall beim Flugzeugbau gezeigt, wurde auch Baumaterial leichter: Wurden vor etwa hundert Jahren noch schwere keramische Vollziegel verbaut, so erkannte man allmählich die Vorteile der heute gebräuchlichen, wesentlich leichteren Lochziegel, an deren Gewichtsreduktion und Dämpfungspotential immer noch weiter geforscht wird. Eine vollautomatische Miniaturziegelei in der Ausstellung zeigt, wie diese Ziegel hergestellt und gebrannt werden.

Der Weg zu Verbundwerkstoffen

Leichter, fester, stärker, und natürlich leichter verarbeitbar – in diese Richtung geht die Entwicklung der meisten Werkstoffe, je nach gewünschten Eigenschaften. Kombinationen von Werkstoffen – Verbundwerkstoffe – spielen dabei in der Produktion eine immer größere Rolle, kann man damit doch Vorteile verschiedener Stoffe verbinden oder Nachteile ausgleichen.

Schon früh wussten sich Menschen mit Verbundwerkstoffen zu helfen. Naturvölker verwendeten mit Lehm beschmierte Korbgefäße als Vorratsbehälter. Ein eher unscheinbares Exponat in der Ausstellung Keramik zeigt ein Trinkgefäß aus Tansania – ein Geflecht aus Bambus, das mit getrockneter Erde abgedichtet ist. Man schuf damit noch ohne Feuer ein belastbares Behältnis, in dem auch kleinteilige oder flüssige Vorräte aufbewahrt oder transportiert werden konnten (siehe Foto tansanische Flasche).

Heute finden wir Getränke meist in PET-Flaschen. Dass uns dasselbe Material z.B. in einer Fleecejacke warm und trocken hält, ist weniger bekannt: Die recycelten Flaschen werden zu Blöcken gepresst, zu Granulat zermahlen, zu Polyesterfäden gesponnen und zu Stoffen verarbeitet. Werden diese mit anderen Stoffen wie Baumwolle vermischt, halten sie das Gewebe stabil. Weil sie zudem Feuchtigkeit schnell vom Körper weg transportieren, wird Polyester auch oft bei Sportbekleidung verwendet. Damit Funktionsjacken atmungsaktiv und gleichzeitig wasserfest sind, werden in die Stoffe sehr dünne Folien aus Teflon (z.B. Goretex) eingeklebt. Die feinsten Poren dieser Schichten lassen Wasserdampf entweichen, schützen aber vor den größeren Regentropfen.

Faserverbundwerkstoffe

Ganz besondere und in der Gegenwart immer wichtigere Materialien sind Faserverbundwerkstoffe, zu denen Carbon gehört. Fasern kennen wir vom Holz und aus der Papierherstellung, bei der Holz zerspannt und aufgeweicht wird. Wer versucht, Zeitungspapier in zwei Richtungen zu reißen, wird sofort sehen, in welcher Richtung die Fasern verlaufen. Wie Papier hergestellt wird kann man z.B. im Deutschen Museum nicht nur sehen, sondern auch praktisch erfahren (Ausstellung Druck und Papier). Papier selber von Hand zu schöpfen vermittelt eine konkrete Vorstellung vom Material. Gleichzeitig lassen die Maschinen zur Papier- und Zeitungsherstellung, z.B. eine riesige Papiermaschinenwalze aus Carbon, die Dimensionen der industriellen Produktion erahnen.



Papier schöpfen

Insbesondere bei Sportartikeln werden Faserverbundwerkstoffe verwendet: So besteht ein moderner Ski z.B. aus einem Kern aus Holz, der den Ski anhaltend elastisch hält. Darüber können mehrere Schichten von Glas- und Carbonfasern folgen, die mit einem Kunstharz verklebt sind. Diese Schichten sorgen für die Steifigkeit. Ein Belag aus Polyethylen sorgt für das Gleitvermögen und die Stahlkante für die Kraftübertragung (Ausstellung Chemie in Freizeit und Sport).

Die Eigenschaften von Holz weiterentwickeln

Holz ist ein natürlicher Materialverbund aus Zellstoff und organischen Bestandteilen wie Harzen, Fetten, Ölen, Gerbstoffen, mit hervorragenden Eigenschaften: Es ist fest, elastisch, leicht, und Wärme dämmend. An Astlöchern kann man besonders gut sehen, wie sich die Fasern

ausrichten, um beispielsweise einen Ast stabil im Stamm zu halten. Sie verlaufen nicht nur in einer Richtung, sondern sind den Erfordernissen angepasst. Allerdings muss man Holz als Material nehmen, wie es gewachsen ist. Bei Faserstoffen, die wir selber herstellen, können wir die Fasern so legen, wie sie gebraucht werden.



Tansanische Flasche



Holz hat aufgrund seiner Faserstruktur spezifische Eigenschaften

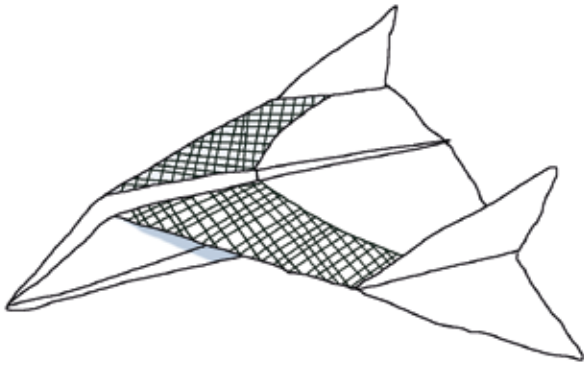
Carbon – ein Werkstoff der Zukunft

Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (Carbon/CFK) erreicht durch Einbettung von Carbonfasern in eine Matrix, die aus Kunstharz besteht, eine enorme Festigkeit und Belastbarkeit. Die Matrix hält die Fasern in Position, die Fasern geben die Festigkeit. Faserverbundwerkstoffe können mehr leisten als Metalle oder Holz, durch den Vorteil, dass die Fasern nach Bedarf gelegt werden können, um Belastbarkeit, Festigkeit, Leitfähigkeit dort zu verstärken, wo sie benötigt werden. Gleichzeitig ist Carbon leichter als Metall.

Eine ideale Ergänzung zu Fortbildungen über Werkstoffe sind Ausstellungen mit anschaulichen Exponaten, insbesondere solchen zu solchen Werkstoffen. Dort können Experten Fragen zum Thema ausführlich erläutern, etwa wie Carbon hergestellt wird und wo es bereits Verwendung findet. Im günstigsten Falle enthält die Ausstellung mehrere Mitmachstationen, mit deren Hilfe man die Eigenschaften des Werkstoffs selbst erproben kann.

Eine eintägige Fortbildung kann z.B. im Deutschen Museum für Gruppen gebucht werden, ebenso die Programme für Kindergartengruppen und für Grundschulklassen, wie im Folgenden dargestellt.

**Der Stoff aus dem die Dinge sind:
Papier, Keramik, Metall, Carbon und mehr**



55b

09:30 – 10:00 Uhr	Woraus ist das? – Materialien im Alltag Kurze Vorstellungsrunde mit Einstimmung
10:00 – 10:30 Uhr	In der Gießerei Vorführung in der Ausstellung Metalle
10:30 – 11:15 Uhr	Warum sind Flugzeuge meistens aus Metall?
11:15 – 11:30 Uhr	kurze Denkpause
11:30 – 12:30 Uhr	Papier und Keramik im Alltag mit Vorführung der Ziegeleianlage
12:30 – 13:00 Uhr	Papierschöpfen von Hand
13:00 – 14:00 Uhr	Mittagspause
14:00 – 15:00 Uhr	Leicht und unheimlich fest: Carbon, ein Werkstoff der Zukunft Führung in der Ausstellung bzw. im Deutschen Museum
15:00 – 16:00 Uhr	„Der Stoff aus dem die Dinge sind“ Kindergarten- und Grundschulprogramm
16:00 – 16:30 Uhr	Werkstoffe und Materialer- fahrung in KiTa und Grund- schule – was sagen Bildungs- plan und Lehrplan?
16:30 – 17:00 Uhr	Wie war's? Kurze Feedbackrunde, Tagungsraum Kolleg

www.deutsches-museum.de

ANDERE FORTBILDUNGS- MÖGLICHKEITEN

Bei den Beispielen für die Einbindung eines Museums in die Erarbeitung des Themas Werkstoffe/Carbon sowie in den Fortbildungsmaßnahmen wird insbesondere auf das Deutsche Museum in München Bezug genommen. Jedoch nicht nur im Deutschen Museum, sondern auch in anderen technischen Museen wie z.B. im Technoseum in Mannheim, im Technikmuseum in Magdeburg oder im Deutschen Technikmuseum Berlin in Berlin-Kreuzberg gibt es zahlreiche Möglichkeiten und Angebote, welche Ansatzpunkte für Fortbildungsmaßnahmen bieten können. In allen Bundesländern sind Verkehrsmuseen zu finden. Bundesweit gibt es auch zahlreiche Museen zu Keramik, Glas, Papier oder Textilien. Vielfältige Materialien und Herstellungsmethoden lassen sich auch in regionalen Heimatkunde- oder kleineren Spezialmuseen entdecken. Sie alle ermöglichen praktische Einblicke und können den Zugang zum Thema Werkstoffe erleichtern.

Aber nicht allein in Museen, auch in Betrieben wie z.B. Papierfabriken, Baufirmen, Schreinereien, Ziegeleien, Spenglereien und vielen anderen materialverarbeitenden Betrieben bieten sich zahlreiche Gelegenheiten, neue Werkstoffe sowie deren Verarbeitung kennen zu lernen, insbesondere natürlich in Betrieben, in denen Carbon verarbeitet wird.

In Verbindung mit den Ausführungen und praktischen Darstellungen in dieser Handreichung kann dadurch das Verständnis und Interesse bei Erzieher/innen und Grundschullehrer/innen für das Thema Werkstoffe und deren Verarbeitung und insbesondere für den zukunftsweisenden Faserverbundwerkstoff Carbon geweckt werden.

5.

FORSCHUNGSDIEEN FÜR KINDERTAGES- EINRICHTUNGEN, GRUNDSCHULEN UND FÜR ZU HAUSE

Werkstoffe sind nicht aus unserem Alltag wegzudenken. Die Gegenstände unserer Umgebung werden aus verschiedenen Materialien in unterschiedlichen Verfahren hergestellt. Dies zu thematisieren und ihr selbstverständliches Vorhandensein zu hinterfragen ist ein wichtiger Impuls, um Interesse zu vertiefen oder Neugierde zu wecken. Um mit Kindern das Thema Werkstoffe zu erkunden, wurden Ideen und Bausteine entwickelt und erprobt, die unabhängig von einer speziellen Einrichtung überall realisiert werden können:

- **das Thema sichtbar machen**
- **Ideen zu Experimentierstationen**
- **ein Suchspiel**

IDEEN ZU EXPERIMENTIERSTATIONEN

Wenn das Interesse weitergeht: Wie findet man heraus, welches Material wofür gut ist? Für die Experimente, die wir dazu vorschlagen, benötigt man verschiedene Materialien wie Holz, Glas, Keramik, Plastik, Papier, Metall oder Carbon in unterschiedlichen Formen (siehe Kapitel 6). Mit ihnen richtet man Stationen ein, die dazu dienen, ihre Merkmale nach den Kategorien Klang, Gewicht, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit zu testen und zu vergleichen.



Die Kinder mit Alltagsmaterialien (siehe Kapitel 4) auf das Thema einstimmen kann man an nahezu jedem Ort, an dem verschiedene Gegenstände aus unterschiedlichen Materialien zu finden sind: am Frühstückstisch, auf dem Parkplatz, im Hof, in der Turnhalle, im Klassenzimmer, in der Garderobe, bei Spaziergängen im Wald oder in der Stadt.

Die Kinder können daran in Begleitung von Pädagoginnen und Pädagogen sehr gut die Eigenschaften von Materialien forschend erkunden. Die Experimentierstationen können in Zusammenarbeit von Kindern und Pädagoginnen und Pädagogen, Eltern oder Kooperationspartnern wie Schreibern, Metallbetrieben etc. gefertigt werden.

Klang

**Was klingt hoch, was tief, was ist laut, was ist leise?
Was gefällt euch, was klingt gut?**

Aufgabe: Verschiedene Röhren sollen zum Klingen gebracht werden.

Station: Röhren aus Stahl/Metall, Holz, Bambus, Carbon, Glas, Plastik, Papier, 3-4 Schlegel, ein Holzrahmen (eine Art Hängexylophon, das auch selbst gebaut werden kann).

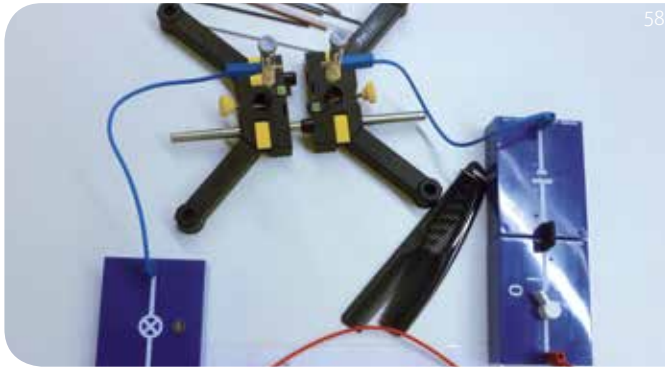


57

Gewicht

Was ist am schwersten oder am leichtesten?

Aufgabe: Die Kugeln können nach Größe und Gewicht gegeneinander ausgemessen werden. Ältere Kinder können bereits nach Gewicht sortieren.
Station: Kugeln aus den verschiedenen Materialien im selben Durchmesser (Glasmurmeln, Vollgummiball, Holzkugel, Metallkugel, etc.), eine Balkenwaage, Gewichte.



58

Elektrische Leitfähigkeit:

Wann leuchtet die Glühbirne, wann nicht?

Welches Material leitet den Strom, welches nicht?

Aufgabe: Kinder testen die verschiedenen Stäbe im Stromkreis.
Station: Bau eines Stromkreises mit Glühbirne und Platz für das Einfügen verschiedener Stäbe (Stäbe aus den verschiedenen Materialien wie Holz, Carbon, Metall, Hartplastik, usw.).



59

Wärmeleitfähigkeit

Welche Tasse wird schnell warm?

Welche Stäbe werden schnell oder langsam warm?

Was bedeutet das?

Aufgabe: Die Kinder probieren aus, wie schnell die Tassen/Becher die Hände wärmen. Mit den Stäben aus verschiedenen Materialien wird die Erfahrung noch mal vertieft. Auch Carbon, Stoff und Papier werden getestet.
Station: Stäbe und Becher aus verschiedenen Materialien, Wasserkocher mit Temperaturregler (40°C).
Wichtig: Tassen müssen immer wieder geleert werden und ebenso wie die Stäbe Zeit haben, auszukühlen.



60

Oberflächen und Strukturen verschiedener Stoffe

Wie sehen die Oberflächen der Materialien aus?

Was kann man erkennen?

Wo sieht man Fasern, wo nicht?

Findet ihr die Faserverbundwerkstoffe heraus?

Aufgabe: Die verschiedenen Gegenstände/Materialien in den Petrischalen sollen unter der Lupe oder sogar durch ein Mikroskop betrachtet und besprochen werden. Zusammen mit den Erwachsenen können die Kinder die Besonderheit von Faserverbundwerkstoffen herausfinden.
Station: Lupen, LCD- und/oder Stereomikroskope 20- und 40fache Vergrößerung, verschiedene Materialien in Petrischalen vorbereitet, z.B. textile Stoffe, Schnüre, Steine, Plastik, Glas- und Keramikscherben, Carbon, Teile eines Wespennests, Holz usw.



Brückenbau

Kann Papier stabil sein?

Hält es ein Gewicht aus?

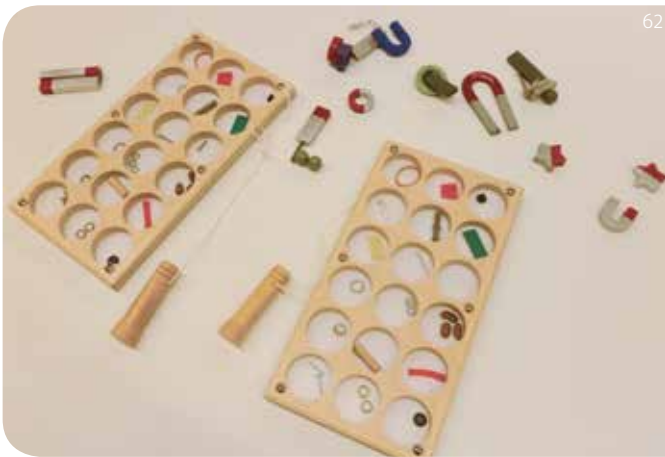
Was muss man damit machen, damit es sich nicht oder weniger biegt?

Wie tragfähig kann es sein?

Aufgabe: Die Kinder sollen aus Papier eine Brücke bauen, die ein bestimmtes Gewicht aushält. (Pappe liegt als Beispiel dabei)

Nach einer selbständigen Experimentierphase der Kinder kann man Lösungsvorschläge zeigen (Papier falten).

Station: Papier, Kleber, Stifte, Gewichte, Scheren, Beispiele aus Pappe, zwei große Ziegelsteine oder Holzblöcke als Brückenpfeiler.



Magnetismus

Was kann man mit dem Magneten machen?

Welche Stoffe sind magnetisch, welche nicht?

Was geschieht mit den magnetischen Stoffen?

Aufgabe: Die Kinder probieren aus, welche Stoffe magnetisch sind und halten das auf einem Handzettel fest. Ein mögliches Ergebnis ist die Erfahrung, dass man Sand und Metalle durch Magneten trennen kann

Station: Verschiedene Materialien und verschiedene Magnete, eine Wühlkiste, z.B. ein Magnetversuchsplatte mit Sand.



Materialquiz

Wie heißt das Material auf der Karte?

Wie heißt der Gegenstand auf der Karte?

Aus welchen Materialien ist welcher Gegenstand?

Aufgabe: Bilderkarten, auf denen verschiedene Materialien dargestellt sind, können den entsprechenden Gegenständen zugeordnet werden.

Gegenstände aus mehreren Materialien werden den passenden Ausgangsmaterialien zugeordnet.

AUSFLUG IN DAS MUSEUM ODER IN DIE STADT

Die meisten Gegenstände sind aus mehreren Stoffen hergestellt. Ein Auto zum Beispiel besteht aus sehr vielen Werkstoffen. Mit Hilfe eines Suchspiels, wie hier vorgestellt, entdecken Kinder unterschiedliche Bauteile und Werkstoffe an einem Gegenstand.

Das Materialsuchspiel

Das Spiel besteht aus Bildkarten, die auf einer Seite ein Detail eines Objektes zeigen, etwa den Türgriff eines Autos, und auf der Rückseite das ganze Auto, oder den Verschluss einer Milchtüte und auf der Rückseite die ganze Tüte. Die laminierten Bildkarten werden an Kleingruppen von zwei bis drei Kindern ausgegeben: Die Aufgabe ist, die Objekte zu finden, die Details den ganzen Objekten zuzuordnen und herauszufinden, aus welchem Material die Details sind. Für 15 Kinder sind etwa 20 Karten ausreichend. Bei der Durchführung empfiehlt es sich, im Vorfeld die Suchfläche zu begrenzen und den Kindern die Begrenzungen aufzuzeigen.

Beispiel im Deutschen Museum

Dieses Spiel mit Kindern durchzuführen ist überall dort spannend, wo Dinge aus verschiedenen Materialien zu finden sind. Im Deutschen Museum wurde es genutzt, damit die Kinder aktiv das Museum erkunden und gleichzeitig nach den Experimentierstationen schon ihr neues Wissen ausprobieren können. Zwei Ausstellungen innerhalb des Museums bieten sich besonders an: Schifffahrt und Moderne Luftfahrt. Auf den Suchkarten befindet sich hier auf einer Seite der Scheinwerfer oder der Reifen vom Fahrgestell eines Flugzeugs und auf der Rückseite das ganze Flugzeug. Auf einer anderen Karte ist auf der einen Seite der Teil einer Bootswand zu sehen und auf der Rückseite ein Boot aus Carbon.

Nachdem alle Gruppen einige Objekte gefunden und entdeckt haben, woraus sie gemacht sind, betrachtet man etwa drei bis vier dieser Objekte genauer und überlegt gemeinsam mit den Kindern, warum die Dinge ausgerechnet aus diesem Material sind. Beispiel: Ein Reifen im Fahrgestell eines Flugzeugs ist aus Gummi, da er die Landung aushalten muss. Plastik wäre zu hart und ist nicht elastisch, es würde sehr schnell abgerieben. Ein Gummireifen hingegen kann mit Luft oder anderen Gasen gefüllt werden, so dass er federt, aber gleichzeitig auch hart genug ist.



65



Bilderkarten

64

PROGRAMME FÜR KINDERGARTEN UND GRUNDSCHULE IM DEUTSCHEN MUSEUM FÜR KINDER VON 4 BIS 6 BZW. 6 BIS 8 JAHREN

Die beiden Programme „Der Stoff aus dem die Dinge sind - Keramik, Glas, Holz, Carbon und mehr“ für den Kindergarten und das Programm „Der Stoff der die Dinge ausmacht - Keramik, Glas, Holz, Carbon und mehr“ für die Grundschule unterscheiden sich im Ablauf, in der Dauer und in der Verortung im Museum.

Die Workshops für Kindergartengruppen und Grundschulklassen dauern 1½ bzw. 2 Stunden. Sie enthalten die bereits dargestellten Programmbausteine sowie als Abschluss noch die Gelegenheit, sich eigenständig in einer Ausstellung umzusehen.

Neben der Einstimmung mit Überlegungen zu Alltagsmaterialien erforschen die Kinder an fünf bzw. sieben Experimentierstationen die physikalischen Eigenschaften verschiedener Stoffe. Mit dem Suchspiel gehen sie auf Entdeckungsreise zu verschiedenen Objekten im Museum und überlegen und besprechen, aus welchem Material diese sind. Dabei wenden sie vielleicht schon Erfahrungen an, die sie beim Experimentieren gemacht haben. Die eigenständige Erkundung einer Ausstellung rundet den Workshop ab.

Die Kindergartenkinder werden in einem geschlossenen, möglichst ruhigen Raum mit Überlegungen zu Alltagsgegenständen in das Thema eingestimmt. Im Anschluss dürfen sie an fünf Stationen zu den Themen Klang, Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Magnetismus und Gewicht die verschiedenen Materialien genauer untersuchen. Am Schluss des praktischen Teils berichten die Kinder ihre Erfahrungen und die einzelnen Experimente werden gemeinsam besprochen. In der Ausstellung Luftfahrt dürfen sie mit Suchkarten Details von Exponaten suchen und herausfinden, woraus diese sind. Zwei dieser Objekte betrachten wir mit der gesamten Gruppe genauer und suchen und besprechen dort verschiedene Materialien. Die Kindergartenkinder sind die ganze Zeit in Kleingruppen zu dritt unterwegs.

Die Grundschulklassen beginnen in der Ausstellung und werden dort in einer ruhigen Ecke mit Überlegungen zu Tassen und Handschuhen aus verschiedenen Materialien in das Thema eingeführt. Warum die gleichen Gegenstände

aus unterschiedlichen Stoffen sein können, wird mit den Schulkindern schon wesentlich ausführlicher diskutiert. Im Anschluss bekommen sie Such- bzw. Fragekarten, die sich auf Gegenstände in der Ausstellung Schifffahrt beziehen, die ebenso wie die Ausstellung zur modernen Luftfahrt alle möglichen Materialien bereithält. Neben dem Objektbild enthalten die Suchkarten für die Schul Kinder auch schon eine schriftliche Frage. Nach einer Phase des selbständigen Suchens werden in einer kurzen Führung fünf bis sieben der gesuchten Objekte eingehender besprochen. Die Leitfrage nach den Gründen für genau dieses Material zieht sich durch das gesamte Programm.

Am Beispiel eines Strohbootes überlegen wir, wodurch die Eigenschaften des Materials Stroh so verändert werden, dass es im Wasser Lasten tragen kann: Ein einzelner Halm ist weich und biegsam, mehrere zusammengebunden sind fester und kaum biegsam. Diese Erfahrung wird an einer der sieben Experimentierstationen (Brückenbau) noch vertieft, die die Kinder im Anschluss erkunden. Für die Grundschul Kinder wird das Experimentieren um die Stationen „Materialquiz“ und „Oberflächen“ ergänzt. Die Kinder arbeiten nicht wie bei den Kindergartenprogrammen in Kleingruppen, sondern entscheiden von Anfang an selbst, an welchen Stationen sie forschen wollen. Am Ende kann die Möglichkeit angeboten werden, sich Werkstücke aus Carbon in der Ausstellung anzusehen.

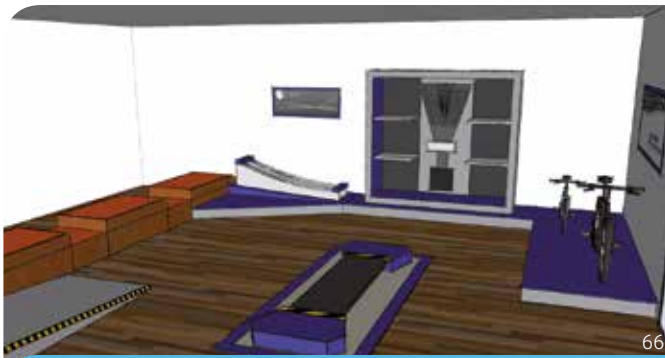


DAS KINDERREICH IM DEUTSCHEN MUSEUM

Für das Kinderreich im Deutschen Museum wurde ein Bereich entwickelt, in dem Kinder an das Thema Carbon herangeführt werden und wo sie eigenständig die Eigenschaften dieses Faserverbundstoffes entdecken können.

So gibt es zum Beispiel ein großes Erwachsenen-Fahrrad aus Carbon neben einem kleinen Kinder-Fahrrad aus Stahl. Beide Räder können angehoben werden und so ihr Gewicht verglichen werden.

In einer Vitrine wird gezeigt, dass der Werkstoff aus sehr vielen, sehr dünnen Fasern besteht und welche Produkte daraus hergestellt werden.



Die Planung für den Aufbau der Carbon-Station.

Die Carbon-Ecke im Kinderreich wurde im Jahr 2014 eröffnet und kann täglich zu den regulären Öffnungszeiten des Kinderreichs besucht werden.

AUSSTELLUNGEN UND SONDERAUSSTELLUNGEN

Vielerorts (z.B. in Museen, kulturellen oder wirtschaftlichen Einrichtungen) werden immer wieder Ausstellungen/Sonderausstellungen mit dem Themenbereich "Werkstoffe" im weiteren Sinne oder sogar zum Faserverbundwerkstoff Carbon gezeigt, die Berührungspunkte zum Thema Werkstoffe/Carbon haben. Solche Ausstellungen sind sehr gut geeignet als Teil von Fortbildungsmaßnahmen, aber auch in der praktischen Arbeit mit Kindern. In einer praktischen Erprobung im Rahmen der Sonderausstellung "Harter Stoff" im Deutschen Museum in München, in welcher der Werkstoff Carbon präsentiert wurde und in der Carbon „mit allen Sinnen erfahrbar war“ wurde deutlich, wie rasch und leicht schon Kinder im Kindergartenalter über solche Ausstellungen Zugang zu diesem Thema finden können. Sie können erfahren, in welchen Bereichen Carbon eingesetzt wird – von der Industrie über Sportgeräte bis hin zu Schallerzeugern – und lernen, mit welchen Methoden die Kohlenstofffaser verarbeitet wird. Ein Blick in die Zukunft stellt Objekte vor, in denen Carbon aufgrund seiner außergewöhnlichen Eigenschaften künftig zum Einsatz kommen könnte, im Alltag, in der Freizeit, in der Mobilindustrie usw..

Sonderausstellung „Harter Stoff“ im Deutschen Museum



Sonderausstellung „Harter Stoff“ im Deutschen Museum Demonstration der Säurebeständigkeit von Carbon



Demonstration der Festigkeit in Abhängigkeit von der Faserstruktur

Die Kinder, aber auch die Pädagoginnen und Pädagogen, bekommen Anregungen, die in Kindertageseinrichtungen, in der Schule oder zuhause aufgegriffen werden können, z.B. was wohl in Zukunft alles aus Carbon gefertigt werden könnte.

6.

BEZUGSLISTE

Materialliste (Programm im Deutschen Museum und/oder für die Stationen in Kindertageseinrichtungen, Schule oder zuhause)

Materialliste für Einführung: (Kaufhaus oder Internet-Shops)

- Tasse
- Plastikbecher
- Einmalplastikbecher
- Zeitung
- Gummihandschuhe
- Skihandschuhe
- Glas
- Edelstahlbecher
- Pappbecher
- Stoffhandschuhe
- Carbonsportgerät
- Wollhandschuhe

Material für Experimente: (Baumarkt, Internet-Shops, Bastelbedarf etc.)

Folgende Materialien sind im Vergleich: Holz, Glas, Plastik/Kunststoff, Carbon, Papier und Metall.

Klangexperiment:

- Röhren, einmal 20 cm lang und einmal 40 cm lang, aus:
 - Stahl/Metall
 - Carbon
 - Plastik
 - Bambus
 - Glas
 - Papier
- Schlegel mit Filzkopf, Holzstäbe, Schlegel mit Holzkopf und Gummi
- 2 Rahmen zum Aufhängen der Rohre

Gewichtsexperiment:

- Kugeln im selben Durchmesser/Radius aus:
 - Stahl/Metall
 - Carbon
 - Styropor
 - Holz
 - Glas
 - Papierkugel (Watte)
- Balkenwaage

Stromleitfähigkeit:

- Stäbe aus:
 - Stahl/Metall
 - Carbon
 - Plastik
 - Holz
 - Glas
 - Papier zum Rollen
- Experimentierstation Stromkreis mit Glühbirne und Platz zum Einfügen der verschiedenen Stäbe

Wärmeleitfähigkeit:

- Stäbe wie bei Strom
- Becher
- Wasserkocher mit Temperaturregler (40°C)
- Wasserbad

Magnetismus:

- Magnete
- Magnetversuchplatte

Oberflächen:

- Stereomikroskope (Schulbedarf, verschiedenste Anbieter, kosten in der Regel zwischen 150€ bis 300€, Auflicht- und Durchlichtbeleuchtung ist vorteilhaft, Durchlicht wird für die Oberflächen nicht benötigt, aber z.B. für die Vergrößerung von dreidimensionalen Objekten)
- Petrischalen (Laborbedarf)
- Verschiedenste Materialien

Online bestellen:

PHYWE:
www.phywe.de

Amazon:
www.amazon.de

Wehrfritz:
www.wehrfritz.de

Carbonscout:
www.carbonscout-shop.de

7.

LITERATUR UND BILDER

LITERATUREMPFEHLUNGEN

- Griebel W., Niesel, R.: Übergänge verstehen und begleiten. Transitionen in der Bildungslaufbahn von Kindern, Berlin, Cornelsen, 2011.
- Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen/Staatsinstitut für Frühpädagogik, Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (Hrsg.): Gemeinsam Verantwortung tragen – Bayerische Leitlinien für die Erziehung von Kindern bis zum Ende der Grundschulzeit, 31.12.2014, www.stmas.bayern.de
- Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (Hrsg.) LehrplanPlus Grundschule, 31.12.2014, www.lehrplanplus.bayern.de
- Natur-Wissen-Schaffen, Frühe technische Bildung; Astrid Wendell, Marike Daut, Andreas Eitel, Annette Schmitt. Hrsg.: Wassilios E. Fthenakis Bildungsverlag eins, 2006.
- Naturwissenschaftliche Grundbildung im Elementarbereich, Corina Rohen-Bullerdiek Hrsg. U. Carle und G. Koepfel, Bremen 2012.
- Wie gut naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt – Ergebnisse und Erfahrungen aus prima® forscher, Hrsg. Deutsche Telekom Stiftung und Deutsche Kinder und Jugend Stiftung, Mai 2011.

BILDNACHWEISE

- Bernhard Nagel, Staatsinstitut für Frühpädagogik
1, 2, 6, 9, 10, 11, 12, 22a, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 51, 54, 55
- Irina Fritz, Deutsches Museum
Titelbild, 3, 4, 5a, 48, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63
- Christine Füssl-Gutmann, Deutsches Museum
5b
- Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart
7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
- Neonpastell GmbH
21b, 22b, 27, 28, 67
- Bellinger/Blac
23a
- Institut FES
23b
- Rotobox
24a
- CarboLife technologies
24b
- Gerd Falk, MAI Carbon
25, 26
- Dagmar Winterhalter-Salvatore,
Staatsinstitut für Frühpädagogik
29, 30, 31
- AIRBUS S.A.S.
36, 50
- Deutsches Museum
21a, 40, 43, 44, 47, 48, 49, 52, 53, 55b, 65b, 64, 65, 68, 69
- Stiftung Haus der kleinen Forscher
45
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung
46
- AIRBUS S.A.S.
50
- CFX Industriedesign e.K.
66
- Bestmarke Werbeagentur
Illustrationen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Staatsinstitut für Frühpädagogik (IFP):

www.ifp.bayern.de

Deutsches Museum/Kerschensteiner Kolleg:

www.deutsches-museum.de



Staatsinstitut für
Frühpädagogik



Deutsches Museum



Kontakt:

Katharina Lechler,
Carbon Composites e.V.,
Alter Postweg 101, 86159 Augsburg,
Telefon +49 (0) 821/26841105,
E-Mail: katharina.lechler@carbon-composites.eu,
www.carbon-composites.eu

 **CARBON
COMPOSITES**