



Berliner Hochschule für Technik
Studiengang „Verpackungstechnik“

Modulhandbuch zur Entwicklung der Schülerkompetenz für nachhaltige Verpackungen

Unterstützung für Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung
von Verpackungsprojekten & Unterrichtseinheiten in der Sekundarstufen
I und II

**Gefördert unter dem AZ 35766/01 von der Deutschen
Bundesstiftung Umwelt**

von

Prof. Dr.-Ing. Hans Demanowski (Projektleiter), Dr. Leonid Sverdlov
(Projektkoordinator), M.Eng. Ronja Gamer (Masterandin)

Juni 2024

Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht der Module	1
2	Test.....	3
2.1	Wissenstandabfrage	3
2.2	Supermarkt-Check.....	3
3	Wettbewerb	4
4	Vorträge	5
4.1	Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen	5
4.2	Verpackungsdesign.....	5
4.3	Verpackungen und Nachhaltigkeit.....	6
4.4	Verpackungsrealisierung mit CAD-gesteuerten Schneideplotter.....	6
4.5	Fragmentierungsverhalten von Plastik im ufernahen Bereich	7
5	Experimentelles Arbeiten	8
5.1	Stapelfähigkeitstest	8
5.2	Falltest	8
5.3	Replikation	9
5.4	Mikroplastiknachweis	9
5.5	Thermoplastische Verformung	10
5.6	Bio-Kunststoffolie herstellen	10
5.7	Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen.....	11
5.8	Schwimmprobe	11
6	Quiz.....	12
6.1	Molki-Quiz	12
6.2	Quiz über Kunststoff und Recycling.....	12
7	Exkursionen	13
8	Arbeitsblätter.....	14
8.1	Arbeitsblatt A-1 Wissenseset	14
8.2	Arbeitsblatt A-2 Lösungen Wissenstest.....	15
8.3	Arbeitsblatt B Stapelfähigkeitstest (BCT – Box Compression Test).....	19
8.4	Arbeitsblatt C Falltest.....	20
8.5	Arbeitsblatt D Replikation.....	22
8.6	Arbeitsblatt E Mikroplastik-Nachweis	23
8.7	Arbeitsblatt F Thermoplastische Verformung.....	23
8.8	Arbeitsblatt G Bio-Kunststoffolie herstellen	24
8.9	Arbeitsblatt H Bio-Schaumstoff herstellen	24
8.10	Arbeitsblatt I Schwimmprobe	25
9	Beispiele-Curriculum.....	26

9.1	Curriculum 1 (3 Monate/12 Wochen).....	26
9.2	Curriculum 2 (2 Monate/8 Wochen)	27
10	Feedbackbogen	28
11	Quellenverzeichnis	30

Modulhandbuch zur Entwicklung der Schülerkompetenz für nachhaltige Verpackungen

Unterstützung für Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung von Verpackungsprojekten & Unterrichtseinheiten in der Sekundarstufen I und II

Hinweis

Das hier vorliegende Modulhandbuch verfolgt das Ziel Schülern, insbesondere der Sekundarstufe 1 und 2 an Gymnasien, ein tieferes Verständnis der Verpackungstechnik zu vermitteln. Im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts „Verpackung - Aufbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt“ wurden an der Berliner Hochschule für Technik Lehrmodule entwickelt, welche sich autark anwenden lassen. Die Zusammenstellung des Projekts obliegt der Eigeninitiative der Lehrkraft, die durch die autonome Auswahl der Module und deren Anzahl eine individuelle Gestaltung des Projekts ermöglicht. Zu berücksichtigen sind zudem mehrere Aspekte: Die zu Beginn beschriebene Wissensstandabfrage hilft der Projektleitung den Erfolg des Projektes zu verifizieren und sollte deshalb obligatorisch sein. Peer-Involvement, also die Wissensvermittlung durch Gleichaltrige, ist eine sehr gute Methode, wodurch sich Aufgaben mit oder Präsentationen vor Mitschülern als besonders effektiv erweisen. Am Ende des Modulhandbuchs wird ein Projekt exemplarisch dargestellt, mit dem Ziel eine Übersicht zur Veranschaulichung bereit zu stellen, die Umsetzbarkeit in einer zeitlich begrenzten Umgebung aufzuzeigen sowie ein umfassendes Verständnis für eine erfolgreiche Umsetzung des Projektes zu fördern. Zusätzlich wird am Ende des Modulhandbuchs ein Feedbackbogen bereitgestellt, welcher freiwillig von der Lehrkraft genutzt werden kann, um einen Mehrwert für spätere Projekte generieren. Manche Module erfordern eine ausführliche Arbeitsanweisungen, welche im Abschnitt „Arbeitsblätter“ zu finden sind.

1 Übersicht der Module

MODUL	MODULNAME	BESCHREIBUNG	LEHRVERANSTALTUNG/ UNTERRICHTSEINHEIT
01	Wissensstandabfrage	Prüfung des Vor- und Nachwissens der Schüler	Test
02	Supermarkt-Check	Suchen und Finden von positiven und negativen Verpackungsbeispielen	Außerschulische Aktivität
03	Wettbewerb	Kreierung oder Optimierung von Verpackungen mit anschließender Präsentation	Sonstiges
04	Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen	Vortrag über Funktionen von Verpackungen	Vortrag
05	Verpackungsdesign	Vortrag über die Gestaltung und Konstruktion von Verpackungen	Vortrag
06	Verpackungen und Nachhaltigkeit	Vortrag des Unternehmens GREENZERO AX GmbH über Nachhaltigkeit im Verpackungssektor	Vortrag
07	Verpackungsrealisierung mit CAD-gesteuerten Schneideplotter	Vortrag über die Funktionalität eines CAD-gesteuerten Schneideplotters	Vortrag

08	Umweltbundesamt, Gewässer-Simulation und Spurenanalytik	Vortrag des UBA über dessen Tätigkeit und Aufgaben hinsichtlich der Auswirkung von Abfällen	Vortrag
09	Stapelfähigkeitstest	Prüfung der Stabilität von gestapelten Kartons	Experimentelles Arbeiten
10	Falltest	Prüfung der Stabilität von fallenden Kartons in hinsichtlich der Gefahrgutverordnung	Experimentelles Arbeiten
11	Replikation	Nachbauen von präsentierten Verpackungen für das Verständnis der Komplexität der Konstruktionen	Experimentelles Arbeiten
12	Mikroplastiknachweis	Bestimmung von Mikroplastik in Kosmetika	Experimentelles Arbeiten
13	Thermoplastische Verformung	Tiefziehen einer PET-Flasche auf hitzestabiler Form	Experimentelles Arbeiten
14	Bio-Kunststoffolie herstellen	Herstellung einer Folie aus Stärke	Experimentelles Arbeiten
15	Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen	Herstellung von Schaumstoff aus Stärke	Experimentelles Arbeiten
16	Schwimmprobe	Nachahmung eines vereinfachten Recyclingprozesses	Experimentelles Arbeiten
17	„Molki“-Quiz	Online-Quiz über Milchverpackungen und Nachhaltigkeit	Quiz
18	Quiz über Kunststoff und Recycling	Online-Quiz über Abfallbewertung von Verpackungen	Quiz
19	Exkursion	Beispiel für eine Exkursion zu außerschulischen Partnern mit verpackungstechnischer Relevanz	Außerschulische Aktivität

2 Test

2.1 Wissenstandabfrage

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	01
NAME	Wissenstandabfrage
KATEGORIE	Test
DAUER	Ca. 15 Minuten
LERNINHALT	<p>Der Test wird im Zuge der Einführung in das Projekt mit den Schülern durchgeführt und sollte ohne Ankündigung vorgenommen werden. Damit wird das unverfälschte Vorwissen der Schüler in Bezug auf Verpackungen getestet. Jeder Schüler sollte den Test selbstständig und ohne Hilfsmittel absolvieren.</p> <p>Zum Projektabschluss wird derselbe Test nochmal wiederholt. Damit kann das Projekt von der Lehrkraft eigeninitiativ evaluiert werden, indem die Ergebnisse beider Tests miteinander verglichen werden. Somit kann eine Wissenssteigerung durch das Projekt bemessen werden.</p>
VORAUSSETZUNGEN	Ausdruck des Tests und Stift
ZUGRIFF	Im Abschnitt Arbeitsblätter befindet sich unter Punkt A die Vorlage Wissenstandabfrage und deren Lösung. Zudem können die Vortage und Lösungserläuterungen unter dem Link https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung aufgerufen werden

2.2 Supermarkt-Check

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	02
NAME	Supermarkt-Check
KATEGORIE	Außerschulische Aktivität
DAUER	Ca. 30 Minuten (Supermarkt-Check) + 45-60 Minuten (Auswertung u.a. als Hausaufgabe)
LERNINHALT	<p>Die Schüler sollen einen genauen Blick auf Verpackungen in einem Supermarkt werfen. Die Auswahl des Supermarktes obliegt der Lehrkraft selbst. Dabei sollen die Schüler Beispiele von positiven und negativen Verpackungen finden, sie fotografieren und ihre Ergebnisse anschließend präsentieren und begründen. Dabei können sie die Vielfalt an Verpackungen und Verpackungsgütern aus einer anderen Perspektive analysieren und ihre Ideen speziell für den Wettbewerb (s. Modul 03) einbringen. Diese direkte Beteiligung ermöglichte nicht nur einen intensiven Austausch unter den Schülern, sondern förderte auch ein tieferes Verständnis für Verpackungen im Hinblick auf ökologische Nachhaltigkeit und Marketingstrategien.</p>
VORAUSSETZUNGEN	Genehmigung des Supermarkts erforderlich

3 Wettbewerb

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	03
NAME	Wettbewerb (Empfehlung: Ergebnisse als Smartphone-Videos einreichen lassen)
KATEGORIE	Sonstiges
DAUER	Ca. 20 Minuten (Ankündigung und Erläuterung) + 120 -180 Minuten (Bearbeitung u.a. als Hausaufgabe)
LERNINHALT	Im Rahmen dieses Moduls haben Schüler die Möglichkeit durch den Wettbewerb nicht nur ihre kreativen Fähigkeiten zu entfalten und sich intensiv mit dem Thema Verpackungsdesign auseinanderzusetzen, sondern auch einen kollaborativen Lernprozess zu erleben. Dies kann in Verbindung mit dem zuvor durchgeführten Supermarkt-Check (Modul 02) geschehen, bei welchem positive und negative Verpackungsbeispiele identifiziert werden. Die Schüler wählen ein negatives Beispiel aus und bearbeiten es unter Berücksichtigung relevanter Verpackungsaspekte, um dessen negative Eigenschaften zu eliminieren. Die Aufgabe kann individuell, als Team oder in Gruppen gelöst werden, wobei die Ergebnisse in Form von selbst erstellten Videos präsentiert werden können. Hilfreich dabei ist Modul 04 „Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen“, um eine theoretische Grundlage zu bilden oder nach der Präsentation, um die tatsächliche Verbesserung zu validieren. Die Entscheidung, ob es Preisgelder gibt und über die Art der Prämierung wird den Schulen selbst überlassen.
VORAUSSETZUNGEN	Modul 04, optional Modul 02
ZUGRIFF	Themenvorschlag und prämierte Projektwettbewerb-Videos (Auswahl) können unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung aufgerufen werden.

4 Vorträge

4.1 Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	04
NAME	Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen?
KATEGORIE	Vortrag mit anschließender Diskussion
LEHRFORM	Live-Vortrag, ggf. Video
DAUER	Ca. 45 - 60 Minuten
LERNINHALT	Die Schüler erhalten eine Einführung in die Verpackungstechnik und deren wichtige Kriterien, was anhand von Beispielen erläutert wird (vgl. beispielhaftes Video mit Prof. Dr.-Ing. Hans Demanowski, Professor an der BHT, Dauer: 39 min.). Dabei werden viele verschiedene Themen diskutiert: Verbraucherseite, Sichtbarkeit, Handbarkeit und Dosierung von Verpackungen, Eigenschaften, Nutzen, Lagerung und Sicherheit von Verpackungen, Sicherheit für Verbraucher sowie Entsorgung, Recycling und Verwertung von Verpackungen. Abschließend werden typische Verpackungsbeispiele demonstriert und erläutert, um sie gemäß dem Titel der Veranstaltung als gute oder schlechte Verpackung zu kategorisieren. Das Video kann ggf. statt eines Live-Vortrages gezeigt werden.
VORAUSSETZUNGEN	Referent, alternativ: Technische Ausstattung zum Abspielen des Videos, internetfähiges Endgerät
HINWEIS	Alternativ können passende echte Verpackungsbeispiele aus dem Umfeld genommen werden und einzeln oder in Gruppen diskutiert und präsentiert werden. Dies kann auch in Kombination mit Modulnummer 02 und 03 erfolgen.
ZUGRIFF	Das Video ist abrufbar unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung

4.2 Verpackungsdesign

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	05
NAME	Verpackungsdesign
KATEGORIE	Vortrag mit anschließender Diskussion
LEHRFORM	Live-Vortrag, ggf. Video
DAUER	Ca. 45 Minuten
LERNINHALT	Die Grundlagen des Verpackungsdesigns werden vermittelt (vgl. beispielhaftes Video mit Prof. Dipl.-Ing. Stefan Junge, Professor an der BHT, 29 min.). Insbesondere wird auf Gestaltung und Konstruktion eingegangen, aber auch auf marketingpolitische Ziele mittels Verpackungsdesign. Zielgruppen und Zielmärkte werden betrachtet, außerdem die Funktionalität und Ästhetik der Konstruktionen. Darüber hinaus werden die Wiedererkennungswerte der Marken von Unternehmen und die

	Bedeutsamkeit des Designs hinsichtlich neuartiger Produkteinführungen erläutert.
VORAUSSETZUNGEN	Live-Referent, ggf. technische Ausstattung zum Abspielen des Videos, internetfähiges Endgerät
HINWEIS	Alternativ können echt Verpackungsbeispiele aus dem Umfeld verwendet und einzeln oder in Gruppen diskutiert und präsentiert werden. Passende Übungen befinden sich in Modul 09 und 11.
ZUGRIFF	Das Video ist abrufbar unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung

4.3 Verpackungen und Nachhaltigkeit

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	06
NAME	Verpackungen und Nachhaltigkeit
KATEGORIE	Vortrag mit anschließender Diskussion
LEHRFORM	Live-Vortrag, alternativ Video
DAUER	Ca. 45 Min
LERNINHALT	Nachhaltigkeitsaspekte im Verpackungswesen werden diskutiert (vgl. Video mit Dr. Natalia Mikosch, GREENZERO AX GmbH, 18 min.). Faktoren, die in die Erstellung von Ökobilanzen einfließen, werden erläutert. Der Vortrag soll folgende Aspekte von Verpackungen umfassen: Die Lebenszyklen, Marketingstrategien, Auswirkungen der Produktion, die Verwendung von grünem Strom sowie Aspekte von Rohstoffauswahl, Entsorgung und Recycling. Im weiteren Verlauf können Mythen und Fakten über Verpackungen beleuchtet und anhand echter Beispiele erklärt und mit Zahlen und Daten validiert werden.
HINWEIS	Alternativ können geeignete echte Verpackungsbeispiele aus dem Umfeld verwendet und einzeln oder in Gruppen diskutiert und präsentiert werden.
VORAUSSETZUNGEN	Live-Referent, ggf. technische Ausstattung zum Abspielen des Videos, internetfähiges Endgerät
ZUGRIFF	Das Video ist abrufbar unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung

4.4 Verpackungsrealisierung mit CAD-gesteuerten Schneideplotter

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	07
NAME	Verpackungsrealisierung mit CAD-gesteuerten Schneidplotter
KATEGORIE	Vortrag mit anschließender Diskussion
LEHRFORM	Video
DAUER	Video (3 min.) + ca. 20-30 Minuten (Diskussion ggf. Vorführung Schul-Schneidplotter oder Alternative)

LERNINHALT	Im Kurzvideo präsentiert und erklärt Katharina Kaiser, Laboringenieurin an der BHT, die Funktionalität eines Schneidplotters. Tiefergehend werden die Funktionen anhand von Beispielen gezeigt. Dabei handelt es sich um Dateien, welche von den Schülern des Projektes eigens hierfür angefertigt wurden. Auch das anschließende Zusammenstecken bzw. Kleben der selbst konstruierten Verpackungen wird durch die Schüler demonstriert.
VORAUSSETZUNGEN	Technische Ausstattung zum Abspielen des Videos, internetfähiges Endgerät, CAD-gesteuerter Schneidplotter (wenn vorhanden) oder Alternative (ggf. bei einer Partnerfirma)
HINWEIS	Wenn ein CAD-gesteuerter Schneidplotter an der Schule vorhanden ist, kann das eigene Personal die Maschinen gegebenenfalls selbst präsentieren und Beispiele von Verpackungen schneiden lassen.
ZUGRIFF	Das Video ist abrufbar unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung

4.5 Fragmentierungsverhalten von Plastik im ufernahen Bereich (Umweltbundesamt)

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	08
NAME	Umweltbundesamt, alternativ vergleichbare regionale Institution
KATEGORIE	Vortrag und Pilotanlagen-Führungen
LEHRFORM	Live-Vortrag, ggf. Video mit anschließender Diskussion
DAUER	Live-Vortrag, ggf. Video (ca. 32 Minuten) + ca. 10-15 Minuten (Diskussion)
LERNINHALT	Das UBA wird im Beispielvideo von Dipl.-Ing. Stefan Meinecke vorgestellt. Der allgemeine Tätigkeitsbereich sowie die einzelnen Aufgaben des UBA werden genauer erläutert. Schwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> - Auswirkungen von Plastikmüll auf die Umwelt - Analysen zur Plastikfragmentierung und Mikroplastikbildung - Link zum Schülervideo über die MINT-Mission Abschließend erhalten die Schüler eine Führung an den Pilotanlagen des UBAs (separate Videos)
HINWEIS	Alternativ können die Videoinhalte auch direkt diskutiert werden.
VORAUSSETZUNGEN	Referent, ggf. Technische Ausstattung zum Abspielen des Videos, internetfähiges Endgerät
ZUGRIFF	Das Video ist abrufbar unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung

5 Experimentelles Arbeiten

5.1 Stapelfähigkeitstest

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	09
NAME	Stapelfähigkeitstest
KATEGORIE	Verpackungsprüfung
DAUER	ca. 120 Minuten
LERNINHALT	Zu Beginn wird vor den Schülern demonstriert, wie viel Gewicht eine geschlossene Faltschachtel trägt. Das ist wichtig für Transport- und Lagerungsprozesse Da es keine Vorgaben bezüglich der Größen gibt, sollte dies zuvor festgestellt werden. Da Faltschachteln aus Wellpappe eine höhere Stapelbelastbarkeit aushalten, kann auch ein schwächeres Material verwendet werden, um keine hohen Gewichte zu verwenden. Alternativ kann bei der Verwendung einer Faltschachtel auch eine Tonne mit hohem Füllvolumen verwendet werden, um diese mit Wasser zu füllen und das vorab bemessene Wasser als Gewicht zu verwenden. Dies eignet sich in einem Labor sowie draußen. Jeder Versuch ist dann beendet, wenn die Faltschachtel das Gewicht nicht mehr hält und dann irreversibel beschädigt ist. Demnach müssen für jeden neuen Versuch neue Faltschachteln verwendet werden.
VORAUSSETZUNGEN	Gleichgroße Faltschachteln aus unterschiedlichen Kartonagen oder Pappe, Platte, Gewichte oder Tonne mit Wasser, Cutter
ARBEITSANWEISUNG	Die Beispielvideos sind unter dem Link abrufbar https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt B.

5.2 Falltest

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	10
NAME	Falltest
KATEGORIE	Verpackungsprüfung
DAUER	Ca. 120 Minuten
LERNINHALT	Die Schüler sollen den Sinn von Fallprüfungen verstehen, wie sie z.B. für Gefahrgüter vorgenommen werden. Zur Vereinfachung werden jedoch leicht zu beschaffende Faltschachteln verwendet, befüllt und aus unterschiedlichen Fallhöhen (0,8 m, 1,2 m, 1,8 m) in unterschiedlichen Fallpositionen (auf den Boden, auf das Oberteil, auf die längste Seite, auf die kürzeste Seite, auf eine Ecke) abgeworfen. Dabei darf der Packungsinhalt (im Beispiel: 1 Kg Reis, der mindestens 95% der Schachtel ausfüllt) nicht austreten. Die jeweilige Aufschlagstelle ist an der Verpackung zu markieren, Mängel werden dokumentiert. Das wird durch eine fortlaufende Nummerierung der verwendeten Schachteln erleichtert.
VORAUSSETZUNGEN	Faltschachteln, 1 kg Reis, Papier und Stift für die Dokumentation

ARBEITSANWEISUNG	Das Beispielvideos ist unter dem Link abrufbar https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt C.
-------------------------	---

5.3 Replikation

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	11
NAME	Replikation
KATEGORIE	Verpackungsprüfung
DAUER	Ca. 60 Minuten
LERNINHALT	Die Schüler betrachten eine Faltschachtel und erfassen deren Maße. Anschließend sollen die Schüler eigenständig eigene Kopie der untersuchten Schachtel herstellen. Diese kreative Aufgabe schärft das räumliche Vorstellungsvermögen und fördert die individuelle Kreativität. Die Komplexität variiert je nach der von der Lehrkraft gewählten Faltschachtel. Dabei bieten sich einfache (Müslipackung) oder komplexe Strukturen an (Ferrero-Küsschen-Verpackung). Alternativ können die Schüler sich während des Supermarkt-Checks (siehe Modul 2) selbst Beispiele aussuchen und ihre Mitschüler herausfordern. Im Anschluss präsentieren die Schüler ihre selbst entworfenen Zuschnitte. Diese praxisnahe Herangehensweise ermöglicht eine Verbindung zwischen theoretischen Überlegungen und praktischer Umsetzung und trägt somit zu einem vertieften Verständnis bei. Zusätzlicher Mehrwert entsteht, wenn die Schüler ein eigenes Design auf die erstellte Faltschachtel zeichnen.
VORAUSSETZUNGEN	Festeres Papier (80-200 g/m ²), Schere, Stift, Lineal, Klebeband oder Kleberstift, Beispiel-Faltschachtel
ARBEITSANWEISUNG	Eine genaue Arbeitsanweisung und Realisierungsbeispiele befinden sich im Arbeitsblatt D.

5.4 Mikroplastiknachweis

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	12
NAME	Mikroplastiknachweis
KATEGORIE	Materialforschung
DAUER	ca. 20 Minuten
LERNINHALT	Dieser Versuch befasst sich mit der Größe und dem Vorkommen von Mikroplastik sowie der Bestimmung von Mikroplastik in selbst mitgebrachten (alternativ: vorgegebenen) Kosmetika. Ziel des Versuchs ist es festzustellen, ob Mikroplastik in den untersuchten Produkten vorhanden ist. Der Versuch zielt darauf ab, Erkenntnisse über die Bestandteile von Produkten zu gewinnen (ohne spezifische Auswertung).
ARBEITSANWEISUNG	Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt E.

5.5 Thermoplastische Verformung

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	13
NAME	Thermoplastische Verformung
KATEGORIE	Materialforschung
DAUER	ca. 60 Minuten, alternativ BHT-Laborvideos (Vortrag, Experiment; ca. 30 min)
LERNINHALT	Wird eine Verpackungsfolie unter Erwärmung in eine vertiefte Form gebracht, spricht man von thermoplastischer Verformung (oder umgangssprachlich „Tiefziehen“). In diesem Experiment werden die Schüler dazu angeregt, Kunststoff mit Hitze eigenständig zu bearbeiten, um vorgegebene Ergebnisse zu erhalten. Die Schüler sollen dabei tiefergehendes Verständnis über die Eigenschaften von Kunststoffen erhalten, wobei der Fokus auf der Anwendung von Wärme für die Formveränderung liegt.
VORAUSSETZUNGEN	Heißluftföhn, Stabile Form aus hitzebeständigem Material, PET-Flasche, Cutter
ZUGRIFF	Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt F. BHT-Laborvideos (Vortrag, Experiment) sind abrufbar unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung
VORAUSSETZUNGEN	Optional internetfähiges Endgerät, konventionelles Peeling Produkt und/oder selbst mitgebrachte Kosmetika, Wasser, 1-Liter-Flasche
ARBEITSANWEISUNG	Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt F.

5.6 Bio-Kunststoffolie herstellen

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	14
NAME	Bio-Kunststoffolie herstellen
KATEGORIE	Materialforschung
DAUER	ca. 120 Minuten
LERNINHALT	Durch die Verwendung von Maisstärke können die Schüler in diesem experimentellen Szenario einen Biokunststoff selbst herstellen. Das Ziel besteht darin, eine Folie mit vergleichbaren Eigenschaften wie die einer herkömmlichen Kunststoffolie zu entwickeln. Zudem lernen die Schüler etwas über die Herstellung von Biokunststoffen, chemische Reaktionen, experimentelles Arbeiten, physikalische und thermische Eigenschaften von Materialien. Darüber hinaus wird die Kreativität der Schüler gefördert.
VORAUSSETZUNGEN	Becherglas (250 ml), Standzylinder, Uhrglas, Glasstab, Pipette, Topf, Tablett, Elektroheizplatte (Herd), Briefwaage, 2,5 g Stärke, 20 ml Wasser, 2,5 ml Glycerin Lösung (42 %ig), 1-2 ml Lebensmittel-farbstoffe

ARBEITSANWEISUNG | Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt G.

5.7 Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	15
NAME	Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen
KATEGORIE	Materialforschung
DAUER	ca. 30 Minuten
LERNINHALT	In diesem Experiment lernen die Schüler, wie sie aus herkömmlichen Zutaten einen Bio-Schaumstoff herstellen können. Der Schaumstoff soll mit herkömmlichen Schaumstoffen vergleichbare Eigenschaften haben. Zudem lernen die Schüler etwas über die Herstellung von Biokunststoffen, chemische Reaktionen, experimentelles Arbeiten, physikalische und thermische Eigenschaften von Materialien. Darüber hinaus wird die Kreativität der Schüler gefördert.
VORAUSSETZUNGEN	Kleine Schüssel, flacher kleiner Teller, Esslöffel, Teelöffel, Backofen, Messer, Stärke, Backpulver, Gelatine, Wasser, Speiseöl
ARBEITSANWEISUNG	Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt H.

5.8 Schwimmprobe

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	16
NAME	Schwimmprobe
KATEGORIE	Materialforschung
DAUER	ca. 60 Minuten
LERNINHALT	Hierbei handelt es sich um ein Experiment, mit welchem den Schülern der Recyclingprozess veranschaulicht werden kann. Das Verständnis für eine Möglichkeit der Trennung verschiedener Kunststoffe wird durch die Beobachtung des jeweiligen Schwimmverhaltens bei Zugabe von Salz zum Wasser geweckt. Dieses Bewusstsein wird durch Alltagsbezüge zu Umweltauswirkungen und Recyclingpraktiken weiter vertieft.
VORAUSSETZUNGEN	Kleines Glas, ein Teelöffel, Schere, wasserfeste Stifte, Wasser, Salz, je eine Verpackung aus Polypropylen (PP), Polystyrol (PS) und Polyester (PET), möglichst alle farblos und in ähnlicher Dicke zum Zerschneiden, Salz mit Löffel im beschrifteten Schälchen oder Glas. Wasser in Messbechern bereitstellen.
ARBEITSANWEISUNG	Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt I.

6 Quiz

6.1 Molki-Quiz

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	17
NAME	Molki-Quiz
KATEGORIE	Sonstiges
LEHRFORM	Quiz
DAUER	ca. 5 Minuten
LERNINHALT	In diesem (externen) Online-Quiz werden die Schüler zu spezifischen Aspekten von Milchverpackungen befragt, wobei der Fokus auf den Auswirkungen von Verpackungen auf die Milch, nachhaltig gewählten Verpackungsmaterialien und dem Zusammenhang zwischen Milchverpackungen und dem CO ₂ -Ausstoß liegt. Der Fragebogen ist abrufbar unter dem unten bereitgestellten Link.
VORAUSSETZUNGEN	Internetfähiges Endgerät für Zugriff auf Website
QUELLE	[1]

6.2 Quiz über Kunststoff und Recycling

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	18
NAME	Quiz über Kunststoff und Recycling
KATEGORIE	Sonstiges
LEHRFORM	Quiz
DAUER	ca. 3 Minuten
LERNINHALT	Der unten aufgeführte Link führt zu einem (externen) Online-Quiz über Plastikverpackungen und Recycling der Kunststoffverpackungsindustrie. Das Quiz beinhaltet verschiedene Aspekte von Plastikverpackungen und des Recyclingprozesses, wie beispielsweise Materialien, Recyclingmethoden, Umweltauswirkungen von Plastikverpackungen und Initiativen zur Verbesserung des Recyclingprozesses. Darüber hinaus wird die internationale Abfallbewertung erläutert. Das Wissen der Teilnehmer über diese Themen wird getestet und verbessert.
VORAUSSETZUNGEN	Internetfähiges Endgerät für Zugriff auf Website
QUELLE	[2]

7 Exkursionen

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Exkursion
KATEGORIE	Außerschulische Aktivität
HINWEIS	Die Integration außerschulischer Lernorte und Multiplikatoren stellt eine bedeutende Bereicherung des schulischen Bildungskontextes dar. Konkrete Einblicke in Berufs- und Forschungswelten werden möglich, die traditionelle Lehrerrolle und die Einengung durch das Schulgebäude werden vermieden. Perspektiven und Themen außerhalb des vorgegebenen Rahmenlehrplans werden erlebbar gemacht. Die Lehrkraft sollte eigeninitiativ Unternehmen oder Institutionen im Kontext der Verpackungsbranche finden und eine Zusammenarbeit anfragen. Die unten aufgeführten Beispiele dienen als Anregungen für potenzielle Kooperationspartner.
ABLAUF	Die Lehrkraft muss mit dem ausgewählten Unternehmen in Kontakt treten und einen Besuch arrangieren. Dabei können die Vorteile für das Unternehmen vorgestellt werden, wie zum Beispiel auf dortige Ausbildungsplätze aufmerksam zu machen. Wird ein Besuch gestattet, muss ein Zeitplan mit dem Unternehmen oder der Institution vereinbart werden, um im weiteren Verlauf einen detaillierten Zeitplan für die Exkursion, der die An- und Abreise, die Aktivitäten vor Ort und eventuelle Vorträge oder Führungen berücksichtigt. Organisatorische Details wie Genehmigungen, Transportmittel und Kosten sind vorab mit der Schule und den Schülern zu klären. Letztere müssen rechtzeitig über die Exkursion, deren Ziel und Ablauf informiert werden, ggf. sind Einverständniserklärungen der Eltern einzuholen. Während der Exkursion sollen die Fragen der Schüler möglichst direkt vom empfangenden Unternehmen beantwortet werden. Eine abschließende Reflexion mit den Schülern soll deren Eindrücke, Erkenntnisse und Erfahrungen vertiefen. Hier lassen sich auch Bewertungsmöglichkeiten in Form von Reflexionsschreiben integrieren.
VORSCHLÄGE	<ul style="list-style-type: none"> - Supermärkte am Schulort, um den Supermarkt-Check durchzuführen - Institutionen wie Hochschulen, welche Verpackungstechnik oder ähnliche Fächer anbieten (zum Beispiel die Berliner Hochschule für Technik, Hochschule der Medien Stuttgart, HTWK Leipzig, ...) - Institutionen wie Ämter (zum Beispiel das Deutsche Patent- und Markenamt (DPMA), das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das Umweltbundesamt (UBA), ...) oder alternativen auf Länder- oder Landkreisebene - Unternehmen im Verpackungskontext, auch Unternehmen der Recycling- und Umweltbranche, Verpackungshersteller, produzierende und abpackende Unternehmen etc. (zum Beispiel ALBA Wertstoffmanagement GmbH, Tetra Pak, SIG, Schott oder MM Board) <p><u>Vorschlag Institutionensuche [3]</u></p>

8 Arbeitsblätter

8.1 Arbeitsblatt A-1 Wissenstest

<https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung>

Frage 1	In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? <i>bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)</i> a. Papiertonne b. Gelbe Tonne c. Wertstofftonne d. Restmülltonne
Frage 2	Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen bei privaten Haushalten aus? <i>bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)</i> a. Glas b. Aluminium c. Holz d. Kunststoff e. Papier/Pappe/Karton
Frage 3	Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden? <i>bitte passende Antwort auswählen</i> a. <50% b. ca. 50% c. ca. 75% d. ca. 95% e. 100%
Frage 4	Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 6 (schlechteste) — Vermeiden (wo möglich) — Verbrennen — Wiederverwenden (Mehrweg) — Kompostieren — Deponieren — Recyclen
Frage 5	Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? <i>bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)</i> a. 1 - 5 mm b. 5 - 10 mm c. < 0,01 mm d. 0,01 - 1 mm e. < 5000 µm
Frage 6	Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt <i>bitte passende Antwort auswählen</i> a. Kunststoffverpackungen b. synthetische Bekleidung c. Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel d. Reifenabrieb
Frage 7	Aus welchen Rohstoffen kann man Bio-Kunststoffe gewinnen? <i>bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)</i> a. Holz b. Erdöl c. Kartoffeln d. Mais

Frage 8	<p>Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland? <i>bitte passende Antwort auswählen</i></p> <p>a. unter 40 % b. ca. 50 % c. über 60 %</p>
Frage 9	<p>Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose</p> <p>a. unbedenklich b. bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung</p>
Frage 10	<p>Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter</p> <p>a. enthalten gleiche Nährstoffe b. die Konservendose hat mehr Nährstoffgehalt c. die Konservendose hat weniger Nährstoffgehalt</p>

8.2 Arbeitsblatt A-2 Lösungen Wissenstest

<https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung>

Frage 1	<p>In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? <i>bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)</i></p> <p>a. Papiertonne b. Gelbe Tonne c. Wertstofftonne d. Restmülltonne</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Schichtaufbau des Getränkekartons</p> <p>Die Getränkekartons werden aus Verbundstoffen hergestellt: Karton – Kunststoff ggf. auch Aluminium</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Gelbe Tonne (auch der Gelbe Sack) dient zur Entsorgung von Verpackungen und Verbundstoffen.</p> <p>Wertstofftonne dient zur Entsorgung von Kunststoffen, Metallen und Verbundstoffen (egal ob Verpackung oder nicht).</p> </div> </div>
Frage 2	<p>Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen bei privaten Haushalten aus? <i>bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)</i></p> <p>a. Glas b. Aluminium c. Holz d. Kunststoff e. Papier/Pappe/Karton</p>
	<p>Verpackungsabfallmengen in Deutschland im Jahr 2020 (Mio. Tonnen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insgesamt: 18,8 Mio. Tonnen / 225,8 kg pro Kopf • von privaten Endverbrauchern: 8,7 Mio. Tonnen / 104,9 kg pro Kopf

Frage 3 **Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden?**
bitte passende Antwort auswählen

- a. <50%
- b. ca. 50%
- c. ca. 75%
- d. ca. 95%**
- e. 100%



Frage 4 **Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 6 (schlechteste)**

- 1 Vermeiden (wo möglich)
- 4 Verbrennen
- 2 Wiederverwenden (Mehrweg)
- 5 Kompostieren
- 6 Deponieren
- 3 Recyclen

Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle

Vermindern	😊	Reduce / Reuse / Recycle
Wiederverwerten	😊	Reduce / Reuse / Recycle
Recyclen	😊	Reduce / Reuse / Recycle die Rohstoffe bleiben im Kreislauf
Verbrennen	😞	- Verlust der Rohstoffe, giftige Abgase/ Asche + Energiegewinn
Kompostieren	😞	- Verlust der Rohstoffe, Kompostqualität Problem - Industrielle Kompostierung 50°-70°C, 9 bis 12 Wochen
Deponieren	😞	- Umweltbelastung und Gefahren - Letzte abfallwirtschaftliche Option

Frage 5 **Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"?**
bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)

- a. 1 - 5 mm
- b. 5 - 10 mm
- c. < 0,01 mm**
- d. 0,01 - 1 mm**
- e. < 5000 µm

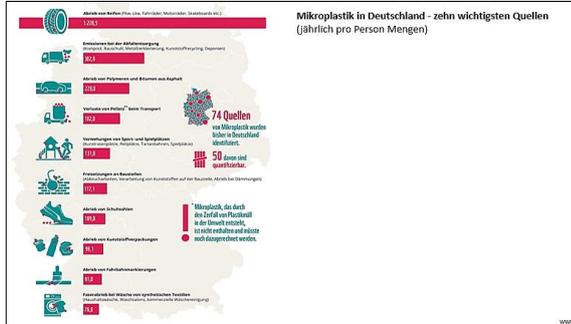


Frage 6

Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt

bitte passende Antwort auswählen

- a. Kunststoffverpackungen
- b. synthetische Bekleidung
- c. Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel
- d. **Reifenabrieb**

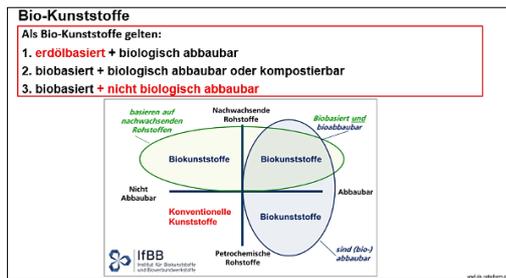


Frage 7

Aus welchen Rohstoffen kann man Bio-Kunststoffe gewinnen?

bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich)

- a. **Holz**
- b. **Erdöl**
- c. **Kartoffeln**
- d. **Mais**



Bio-Kunststoffe

Als Ausgangsstoffe für biobasierte Kunststoffe dienen vor allem Stärke und Cellulose aus Mais, oder Kartoffeln (stärkehaltige Pflanzen) sowie Hölzer, aus denen Cellulose gewonnen werden kann.

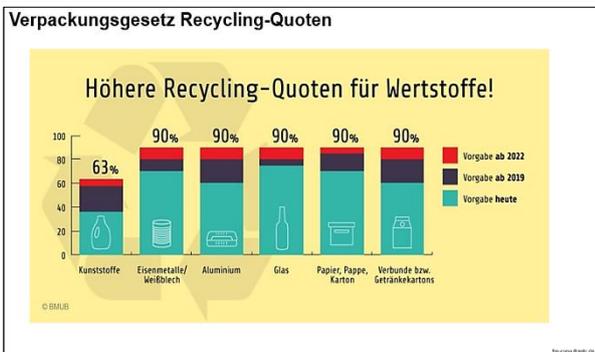
Außerdem Erdöl!
Die Begriffe „Bio-Kunststoffe“ oder „Biopolymere“ sind nicht einheitlich definiert.

Frage 8

Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland?

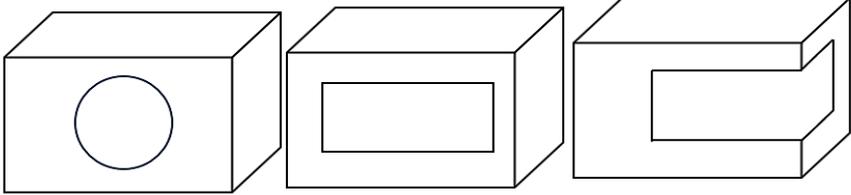
bitte passende Antwort auswählen

- a. unter 40 %
- b. ca. 50 %
- c. **über 60 %**



Frage 9	<p>Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose</p> <p>a. unbedenklich b. bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung</p> <hr/> <p>Bisphenol-A (BPA) als Risikosubstanz in der Konservendose</p> <p>Um das Metall vor Korrosion zu <u>schützen</u> wird für die Konservendosen eine Kunststoffbeschichtung (Epoxylack) benutzt. Diese Kunststoffbeschichtung beinhaltet Chemikalien wie Bisphenol A (BPA) die sehr leicht in die Lebensmittel übergehen können.</p>  <p>Bisphenol A (BPA) steht unter Verdacht den Hormonstoffwechsel und Fruchtbarkeit negativ zu beeinflussen. Außerdem kommen Befürchtungen, dass das Immunsystem von Föten im Mutterleib durch Bisphenol A (BPA) geschädigt werden kann.</p> <p style="text-align: right;"><small>freemove.com</small></p>
Frage 10	<p>Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter</p> <p>a. enthalten gleiche Nährstoffe b. die Konservendose hat mehr Nährstoffgehalt c. die Konservendose hat weniger Nährstoffgehalt</p> <hr/> <p>Konservendosen vs. Glasbehälter</p> <p>Gemüse im Glas oder in der Konserve müssen mindestens zweimal erhitzt werden, um es haltbar zu machen. Dabei gehen 20 bis 50 % der Vitamine verloren.</p>  <p>Die Dosen schützen den Inhalt vor Licht, und damit auch Vitamine und Mineralstoffe. Das Dosengemüse schneidet besser als Gemüse aus dem Glas ab.</p> <p style="text-align: right;"><small>makel-english.com</small></p>

8.3 Arbeitsblatt B Stapelfähigkeitstest (BCT – Box Compression Test)

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Stapelfähigkeitstest (BCT – Box Compression Test)
VORAUSSETZUNG	Gleichartige Faltschachteln aus Kartonagen oder Pappe, Platte, Gewichte oder Tonne mit Wasser, Cutter
HINWEIS	Zu Beginn wird den Schülern demonstriert, wie viel Gewicht eine geschlossene Faltschachtel trägt. Da es keine Vorgaben bezüglich der Größen gibt, sollte dies zuvor ausprobiert werden. Faltschachteln aus Wellpappe haben eine höhere Stapelbelastbarkeit, deshalb kann auch ein schwächeres Material verwendet werden, um keine zu hohen Gewichte zu verwenden zu müssen. Mangels professioneller Prüftechnik kann alternativ auch eine Tonne mit hohem Füllvolumen verwendet werden, um eine Faltschachtel zu belasten, indem erstere schrittweise mit Wasser befüllt wird, bis die Schachtel zusammenbricht und irreversibel beschädigt ist (Vorversuch erforderlich!). Die bis dahin verwendete Wassermenge in Kg ist das Prüfergebnis. Das sollte am besten in einem Labor oder draußen durchgeführt werden, da die Tonne kippen und Wasser auslaufen könnte. Für jeden neuen Versuch müssen neue Faltschachteln verwendet werden, da die schon geprüften nicht mehr verwendbar sind. Eine entsprechende Menge an Schachteln sollte deshalb vorab beschafft werden.
ABLAUF	<p>Die Schüler erhalten einzeln oder in Teams jeweils einige Faltschachteln (gleiche Größe) und einen Cutter. Zu Beginn wird die Belastbarkeit einer einzelnen Faltschachtel geprüft, die Belastung bei Zusammenbruch wird notiert. Jedes Team darf nun ein Fenster in eine Faltschachtel gleicher Bauart einschneiden. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass sich die Bearbeitungen voneinander unterscheiden. Mögliche Aussparungen können auch von der Lehrkraft vorgegeben werden. Hier werden drei Beispiele aufgeführt:</p>  <p>Die Aussparungen sollten mindestens eine Seite betreffen, dürfen aber über mehrere Seiten, Kanten und Ecken beliebig ausgewählt werden.</p>
ERGEBNIS	Um die Stapelfähigkeit der Faltschachtel im Anschluss zu prüfen, können die Schüler das Ausgangsgewicht verwenden, um die Belastbarkeit der bearbeiteten Schachtel zu prüfen. Der Test wird als erfolgreich bewertet, wenn die Schachtel mit dem Ausgangsgewicht intakt bleibt. Das hängt sehr stark von der Form der Einschnitte ab und soll demonstrieren, dass die konkrete Schachtelkonstruktion erheblichen Einfluss auf deren Festigkeit hat.

8.4 Arbeitsblatt C Falltest

DATENFELD NAME	Beschreibung Falltest
VORAUSSETZUNG	Faltschachteln aus Wellpappe (z.B: FEFCO 0201, Einwellige, zweiseitige Wellpappe mit einer B-Welle oder ähnlich), fester Boden wie oben beschrieben, Ersatzmaterial für Gefahrgut (z.B. Reis in einem Kunststoffbeutel, 1kg) Klebeband für die Faltschachtel und zum Markieren der Fallhöhe. Das Schachtelvolumen sollte so gewählt werden, dass die Befüllung mit dem Reis ca. 95% erreicht.
VORWISSEN	Falltests werden durchgeführt, um die dynamische Stabilität einer Verpackung zu prüfen und den sicheren Transport des Inhalts zu gewährleisten. In diesem Beispiel wird der Falltest für die Prüfung von Gefahrgut nachgestellt, welcher in der ADR (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße) beschrieben wird. Dieser hat bestimmte Prüfparameter, die eingehalten werden müssen, um die Anerkennung vom zuständigen Amt zu erlangen. In diesem Experiment kann davon abgewichen werden, da die Parameter nicht geprüft werden, sie sollten aber realistisch und nachvollziehbar dargestellt werden. Für dieses Beispiel werden (für Gefahrgüter eher untypische) Faltschachteln verwendet, da sie am einfachsten zu beschaffen sind. Die Verpackungen werden in drei Gruppen unterteilt, je nach Gefahrgut (Verpackungsgruppe I = hohe Gefahr, Verpackungsgruppe II = mittlere Gefahr, Verpackungsgruppe III = geringe Gefahr). Diese ist für den Versuch frei wählbar.
PRÜFPARAMETER	<p>Prüfparameter für Verpackungen aus Papier oder Pappe laut ADR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei festem Fahrgut soll die Befüllung bei mind. 95% liegen - 24 Stunden klimatisch konditioniert bei $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ und $50\% \pm 2\%$ relative Luftfeuchtigkeit. Die beiden anderen Möglichkeiten sind $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ und $65\% \pm 2\%$ relative Luftfeuchtigkeit oder $27\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ und $65\% \pm 2\%$ relative Luftfeuchtigkeit – kann dies nicht gewährleistet werden, muss in der Versuchsdokumentation „nicht unter Laborbedingungen“ notiert werden. Die Regeln müssen nicht eingehalten werden, sollten den Schülern aber zur Kenntnis gebracht werden, um den Prüfprozess anschaulich zu machen - Schachteln werden mit fünf Fallversuchen geprüft: 1. flach auf den Boden, 2. flach auf das Oberteil, 3. flach auf die längste Seite, 4. flach auf die kürzeste Seite, 5. auf eine Ecke - die Fallhöhe ist abhängig von der Verpackungsgruppe: Verpackungsgruppe I = 1,8 m, Verpackungsgruppe II = 1,2 m, Verpackungsgruppe III = 0,8 m - die Aufprallplatte darf nicht federnd und muss horizontal, eben, massiv und starr sein - beispielhafte Auswertung: „Wenn eine Verpackung für feste Stoffe einer Fallprüfung unterzogen wurde und dabei mit dem

	<p>Oberteil auf die Aufprallplatte aufgetroffen ist, hat das Prüfmuster die Prüfung bestanden, wenn der Inhalt durch eine Innenverpackung oder ein Innengefäß (z.B. Kunststoff-sack) vollständig zurückgehalten wird, auch wenn der Verschluss unter Aufrechterhaltung seiner Rückhaltefunktion nicht mehr staubdicht ist.“ [4, S. 6.1.5.3 Fallprüfung]</p>
<p>ABLAUF</p>	<p>Vorab soll den Schülern den Sinn von Fallprüfungen für den sicheren Gefahrguttransport erklärt werden. Die Schüler können für diesen Versuch die Gefahrenklasse selbst festlegen, um die jeweiligen Prüfparameter, vor allem die Fallhöhe, auszuwählen. Anschließend sollen die Faltschachteln mit dem alternativen Gefahrgut befüllt werden. Das Füllgut soll die Verpackung zu mindestens 95% ausfüllen. Ist das Objekt für die Prüfung bereit, muss ein geeigneter Ort gefunden werden, der Prüfparametern entspricht. Um die korrekte Fallhöhe zu gewährleisten, kann diese mit Klebeband an einer angrenzenden Wand markiert werden. Danach werden die Fallversuche wie oben beschrieben durchgeführt. Nach jedem Versuch wird die Stelle markiert, mit welcher die Schachtel aufgetroffen ist, beobachtete Mängel werden festgehalten. Um die Dokumentation zu vereinfachen, bietet es sich an, die Seiten der Schachtel durchzunummerieren. Wird eine Kante getroffen, so werden die zwei anliegenden Seiten erfasst, wird eine Ecke getroffen, werden die drei anliegenden Seiten notiert. Für jeden einzelnen Fallversuch ist eine neue, in gleicher Weise vorbereitete Schachtel zu verwenden.</p>
<p>ERGEBNIS</p>	<p>Am Ende der Versuchsreihe soll die Schüler prüfen, ob die Verpackung noch intakt ist und laut der ADR das Gefahrgut ausreichend geschützt wurde.</p>

8.5 Arbeitsblatt D Replikation

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Replikation
VORAUSSETZUNG	Papier (80-200 g/m ²), Schere oder Cutter, Stift, Lineal, Klebeband oder Klebestift, beliebige Faltschachtel(n) als Muster
HINWEIS	Zum Nachbau der Faltschachteln kann normales Druckerpapier verwendet werden, eine etwas höhere Papierqualität oder leichter Karton erleichtern jedoch die Handhabung. Zu dickes Papier kann allerdings zu Problemen beim Falten führen. Bei zu festem Papier kann die Faltstelle mit der Rückseite einer Schere vorbereitet (eingedrückt; gerillt) werden, indem mit Hilfe eines Lineals entlang der gewünschten Knicklinie die stumpfe Seite der Schere über das Papier gezogen wird, ohne es dabei zu beschädigen.
ABLAUF	<p>Die Lehrkraft präsentiert eine oder mehrere beliebige Faltschachteln. Die Dauer und Komplexität hängen vom Aufbau der konkreten Faltschachteln ab. Diese dürfen von den Schülern zuvor genauer betrachtet und ausgemessen werden. Die Aufgabe besteht darin, die Konstruktion nachzubauen. Sind alle Schüler fertig, wird die anfangs präsentierte Faltschachtel an den Klebepunkten geöffnet, auseinander gefaltet und glatt gelegt, so dass die zugrundeliegende Schnittkontur sichtbar wird.</p> <p>Ein zusätzlicher Mehrwert kann erreicht werden, wenn die Schüler ein eigenes Design auf ihre nachgebauten Faltschachteln zeichnen (Realisierungsbeispiele s. unten).</p>
ERGEBNIS	Der Zuschnitt der ursprünglichen Faltschachtel wird mit den Ergebnissen der Schüler verglichen.

8.6 Arbeitsblatt E Mikroplastik-Nachweis

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Mikroplastik-Nachweis
VORAUSSETZUNG	Kaffeefilter, Wasser, 1-l-Flasche, Peeling mit Mikroplastik (siehe Inhaltsstoffe „Polyethylen“, „Polypropylen“, „Polyethylenterephthalat“ oder „Polyamid“), optional: selbst mitgebrachte Kosmetika von Schüler*innen zum Beispiel: Peelings, Zahnpasta, Shampoo mit Glitzereffekten, Haarfestiger
HINWEIS	bei „Mikroplastik“ handelt es sich um Partikel kleiner 5 Millimeter, die teilweise nicht sichtbar sind
ABLAUF	Die 1-l-Flasche wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und ein ca. 10 cm langer Strang (Tube!) des ausgewählten Produktes hinzugegeben. Anschließend wird das Gemisch bis zur vollständigen Auflösung durch Schütteln vermischt. Die Dispersion wird nun durch einen Kaffeefilter gegossen, wobei der Schaum zurückgehalten ist.
ERGEBNIS	War Mikroplastik im Produkt enthalten, so erkennt man nun die im Filter verbliebenen Rückstände.
QUELLE	[5]

8.7 Arbeitsblatt F Thermoplastische Verformung

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Thermoplastische Verformung
VORAUSSETZUNG	Heißluftföhn, stabile Form aus hitzebeständigem Material, dünnwandige PET-Flasche (Einweg), Cutter
HINWEIS	Die Form sollte die Temperatur des Heißluftföhns unbeschadet aushalten. Sie sollte so groß sein, dass sie in die PET-Flasche (ohne Boden) passen würde. Sie muss eine konvexe (eiförmige) Form haben, da sich der Kunststoff ohne Unterdruck nicht auf die konkaven Stellen (Vertiefungen) absetzen würde („Tiefziehen“).
ABLAUF	Zu Beginn wird der Boden der Einweg-PET-Flasche mit einem Cutter abgeschnitten. Danach wird die hitzebeständige Form in die Flasche eingebracht. Die PET-Flasche wird mit dem Heißluftföhn gleichmäßig erwärmt und schrumpft auf die konvexen (nach außen gewölbten) Stellen der Form. Wenn die verwendete Form eine glatte Oberfläche hat, in der sich das erwärmte PET nicht festsetzt, kann sie anschließend mit dem Cuttermesser wieder herausgeschnitten werden.
ERGEBNIS	Der Kunststoff legt sich auf die Form und nimmt deren konvexe Formen an. Die ursprüngliche Form der Flasche mit ihren Strukturen ist ebenfalls irreversibel verschwunden.
QUELLE	[6, S. 50]

8.8 Arbeitsblatt G Bio-Kunststoffolie herstellen

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Bio-Kunststoffolie herstellen
VORAUSSETZUNG	Becherglas (250 ml), Standzylinder, Uhrglas, Glasstab, Pipette, Topf, Tablett, Elektroheizplatte (Herd), Briefwaage, 2,5 g Stärke, 20 ml Wasser, 2,5 ml Glycerinlösung (42 %ig), 1-2 ml Lebensmittelfarbstoffe
HINWEIS	Der Versuch sollte in einem Labor stattfinden, um eine sichere Umgebung zu gewährleisten.
ABLAUF	Stärke, Wasser, Lebensmittelfarbe und Glycerinlösung gemäß den obigen Mengenangaben im Becherglas mischen. Das Becherglas mit dem Uhrglas bedecken und in einem Wasserbad mindestens 15 Minuten unter regelmäßigem Rühren kochen. Das Gemisch sollte dabei flüssig bleiben (bei Bedarf mehr Wasser hinzugeben und nochmal aufkochen). Anschließend wird das Gel mit Hilfe eines Glasstabes als dünne Schicht auf ein Tablett aufgetragen und zum Trocknen über Nacht bei Raumtemperatur gelagert.
ERGEBNIS	Die Auswertung kann am nächsten Tag bzw. zum nächsten Projekttermin erfolgen. Das getrocknete Gel wird zu einer Folie. Im weiteren Verlauf kann geprüft werden, ob das Ziel – die Erzeugung einer mit herkömmlichen Produkten vergleichbaren Kunststoffolie – erreicht wurde.
QUELLE	[7]

8.9 Arbeitsblatt H Bio-Schaumstoff herstellen

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen
VORAUSSETZUNG	Schüssel, Teller, Ess- und Teelöffel, Messer, Backofen, 1 EL Stärke, 0,5 TL Backpulver, 0,25 TL Gelatine, 1,5 EL Wasser, Speiseöl
ABLAUF	Während der Ofen auf 180°C vorgeheizt wird, ist ein gestrichener Esslöffel Stärke mit dem Backpulver und der Gelatine gut zu vermischen. Unter ständigem Rühren wird danach Wasser hinzugefügt. Parallel dazu wird ein Teller eingefettet, auf welchem das Gemisch anschließend verteilt wird. Nach dem Hineinstellen des gefüllten Tellers wird der Backofen ausgeschaltet und das Gemisch beobachtet. Der Teller soll nach circa 10 Minuten aus dem Ofen entnommen und das Gemisch nach Abkühlung vorsichtig vom Teller gelöst werden.
ERGEBNIS	Die chemische Reaktion lässt ein schaumstoffähnliches Produkt entstehen, welches nach dem Entnehmen aus dem Backofen geformt werden kann. Vergleichbare Produkte werden z.B. als Polstermaterial oder als Formschalen verwendet.
QUELLE	[7]

8.10 Arbeitsblatt I Schwimmprobe

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Schwimmprobe
VORAUSSETZUNG	Kleines Glas, ein Teelöffel, Schere, wasserfeste Stifte, Wasser, Salz, je eine Verpackung aus Polypropylen (PP), Polystyrol (PS) und Polyethylenterephthalat (PET), möglichst alle farblos und in ähnlicher Dicke zum Zerschneiden, Salz mit einem gesonderten Löffel im beschrifteten Schälchen. Wasser in Messbechern.
HINWEIS	Dieser Versuch imitiert den Recycling- bzw. Trennungsprozess von Kunststoffen wie er zum Beispiel beim Recycling von Getränkeflaschen verwendet wird.
ABLAUF	Die Materialien werden von den Schülern in gleichgroße Stücke geschnitten (ca. 1 cm ²) und mit einem wasserfesten Stift beschriftet, damit die Materialien später identifiziert werden können. Danach sollen die unterschiedlichen Schwimmigenschaften der Stückchen, die scheinbar gleich aussehen, überprüft werden. Um dem Effekt der Oberflächenspannung von Wasser entgegenzuwirken, müssen die Schnipsel zunächst unter Wasser gedrückt werden. PP schwimmt auf Leitungswasser, PS und PET gehen unter. Durch Zugabe von Salz zum Wasser erhöht man die Dichte der Flüssigkeit, sie wird schwerer. Beobachtet wird, dass nun PS aufsteigt, während PET weiter am Boden des Messbechers verbleibt. So können diese drei Kunststoffsorten getrennt werden.
ERGEBNIS	Die drei geprüften Kunststoffsorten können mittels Bädern unterschiedlicher Dichte getrennt werden.
QUELLE	[6, S. 45]

9 Beispiele-Curriculum

Die folgenden Beispiele sollen eine Orientierung geben, wie die Module je nach Zeitkontingent (8 oder 12 Wochen) kombiniert werden können. Die angegebenen Zeiten schließen die Vor- und Nachbereitungszeit sowie eventuelle Fahrtzeiten nicht mit ein. Beispiele für Exkursionsziele sind im Kapitel „Exkursionen“ unter dem Punkt „Vorschläge“ zu finden.

Die Durchführungsübersichten des DBU Projekts „Verpackung – Aufbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt“ sind unter folgenden Link abrufbar <https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung>

9.1 Curriculum 1 (3 Monate/12 Wochen)

WOCHE	MODUL(E)	DAUER PRO MODUL	GESAMTDAUER
1	Einführung 01 – Wissensstandabfrage 06 – Verpackung und Nachhaltigkeit 04 – Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen	10 min 15 min 15 min 60 min	1 h 40 min
2	03 – Wettbewerbsankündigung 02 – Supermarkt-Check	30 min 1-2 h	1 h 30 min – 2 h 30 min
3	05 – Verpackungsdesign (Video mit anschließender Diskussion) 11 – Replikation 03 – Bearbeitung Wettbewerbsaufgabe	45 min 60 min 30 min	2 h 15 min
4	09 – Stapelfähigkeitstest	120 min	2 h
5	Exkursion 1 (relevante Institution)	–	–
6	08 – Umweltbundesamt (Videos mit anschließender Diskussion) 07 – Verpackungsrealisierung CAD (Video + Diskussion ggf. Vorführung Schul-Schneideplotter) 17 – Molki-Quiz 18 – Quiz über Kunststoff und Recycling 03 – Bearbeitung Wettbewerbsaufgabe	45 min 10 min (+30 min) 5 min 5 min 60 min	2 h 5 min – 2 h 35 min
7	12 – Mikroplastiknachweis 16 – Schwimmprobe	20 min 60 min	1 h 20 min
8	Exkursion 2 (relevante Institution)	–	–
9	13 – Thermoplastische Verformung 15 – Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen	60 min 30 min	1 h 30 min
10	Exkursion 3 oder 14 – Biokunststoffolie herstellen	_ / 120 min	_ / 2 h
11	03 – Wettbewerb: Präsentation der Ergebnisse	120 min	2 h
12	Abschlussveranstaltung 01 – Wissensstandabfrage 03 – Wettbewerb: Prämierung Feedbackrunde	10 min 10 min 20 min 20 min	1 h

9.2 Curriculum 2 (2 Monate/8 Wochen)

WOCHE	MODUL(E)	DAUER PRO MODUL	GESAMTDAUER
1	Einführung 01 – Wissensstandabfrage 06 – Verpackung und Nachhaltigkeit 04 – Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen	10 min 15 min 15 min 60 min	1 h 40 min
2	03 – Wettbewerbsankündigung 02 – Supermarkt-Check	30 min 1-2 h	1 h 30 min - 2 h 30 min
3	05 – Verpackungsdesign (Vortrag mit anschließender Diskussion) 11 – Replikation 03 – Bearbeitung Wettbewerbsaufgabe	45 min 60 min 2-4 h	1 h 43 min
4	09 – Stapelfähigkeitstest	2 h min	2 h
5	Exkursion 1	-	-
6	12 – Mikroplastiknachweis 16 – Schwimmprobe oder 13 – Thermoplastische Verformung 15 – Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen	20 min 60 min oder 60 min 30 min	1 h 20 min oder 1 h 30 min
7	Exkursion 2	-	-
8	Abschlussveranstaltung 01 – Wissensstandabfrage 03 – Wettbewerb: Prämierung Feedbackrunde	10 min 10 min 20 min 20 min	1 h

10 Feedbackbogen

1. Allgemeine Informationen	
1. Name der Lehrkraft	
2. Name der Schule	
3. Unterrichtsfach	
4. Welche Module wurden auserwählt? (Modulnummern angeben)	
2. Aktuelle Lehrpraxis	
1. Inwiefern wurde das Thema der Verpackungstechnik schon in Ihrem Unterricht behandelt?	<input type="checkbox"/> regelmäßig
	<input type="checkbox"/> gelegentlich
	<input type="checkbox"/> selten
	<input type="checkbox"/> nie
2. Welche spezifischen Aspekte der Verpackungstechnik decken Sie in Ihrem Unterricht ab? (Mehrfachauswahl möglich)	<input type="checkbox"/> Materialkunde
	<input type="checkbox"/> Konstruktionsprinzipien
	<input type="checkbox"/> Nachhaltigkeit
	<input type="checkbox"/> Herstellungsprozesse
<input type="checkbox"/> Gestaltung von Verpackungen	
3. Lehrmodul	
1. Wie hoch ist Ihr Interesse an einem verpackungstechnischen Lehrmodul für Schulen?	<input type="checkbox"/> sehr hoch
	<input type="checkbox"/> hoch
	<input type="checkbox"/> neutral
	<input type="checkbox"/> gering
	<input type="checkbox"/> kein Interesse
2. Welche Themen oder Aspekte fehlen im Lehrmodul?	
3. Welche Unterstützung würden Sie sich wünschen, um die Verpackungstechnik effektiver in Ihren Unterricht zu integrieren?	
4. Welche Anpassungen würden Sie vorschlagen, um das Lehrmodul besser an die Bedürfnisse der Schulen anzupassen?	

6. Gibt es sonstige Anmerkungen oder Vorschläge, die Sie bezüglich des verpackungstechnischen Lehrmoduls machen möchten?	
7. Wie aufwendig empfanden sie die Selbstorganisation und Planung?	<input type="checkbox"/> sehr hoch <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> gar nicht
3. Schüler	
1. Wurde das Projekt von den Schülern als gut/erfolgreich bewertet? Wenn nein, warum nicht?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein:
2. Welches Modul hat den Schülern am besten gefallen und warum?	
3. Welches Modul hat den Schülern am wenigstens gefallen und warum?	
4. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie die Teilnahme weiterempfehlen?	<input type="checkbox"/> sehr hoch <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> gar nicht
Vielen Dank für Ihr Feedback! Senden Sie gerne den ausgefüllten Feedbackbogen an Link XY!	

11 Quellenverzeichnis

- [1] P. W. | L. Nord-West, „Molki Quiz 2 | Verpackungen“, Learning Snacks. Zugriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.learningsnacks.de/share/243121>
- [2] Newsroom, „Quiz zu Kunststoff und Recycling - 7 Fragen & Antworten“, Newsroom.Kunststoffverpackungen. Zugriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://newsroom.kunststoffverpackungen.de/2021/06/14/quiz-plastik-verpackung-recycling-neu/>
- [3] „Elementare Vielfalt - Ausbildungsbörse“, Ausbildungsbörse. Zugriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.elementare-vielfalt.de/ausbildungsboerse/suche.html>
- [4] Bundesanzeiger Verlag, „Fallprüfung (Anlage 6.1.5.3) Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)“. Zugriffen: 13. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F%2A%5B%40attr_id%3D%27bgbl213015_Anlageband.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F%2A%5B%40attr_id%3D%27bgbl213015_Anlageband.pdf%27%5D__1718256378933
- [5] Hannover.de, „Mikroplastik im Visier Kunststoff in Kosmetika“. Zugriffen: 8. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Umweltinformation/Umweltbildung-BNE-der-Landeshauptstadt-Hannover/Bildungsangebote-f%C3%BCr-Schulen-und-Kitas/Bildungsprogramme/Leben-ohne-Plastik/Kunststoff-in-Kosmetika>
- [6] Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V. (FCI), „Unterrichtsmaterial Experimente für pfiffige Forscher“. Zugriffen: 8. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/unterrichtsmaterial-grundschule-experimente-fuer-pfiffige-forscher.pdf>
- [7] LizzyNet gGmbH, „Verpackungs-Experimente und praktische Anleitungen“. Zugriffen: 9. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lizzynet.de/wws/9.php#/wvs/56728356.php>