



Berliner Hochschule für Technik
Studiengang „Verpackungstechnik“

**„Verpackung – Aufbau der Schülerkompetenz
für eine nachhaltige Welt“**

**Abschlussbericht über die Entwicklung
eines Bildungskonzeptes für Schulen**

**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	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	1
2.1	Hintergrund und Motivation	1
2.2	Zielsetzung der Forschung	5
2.3	Eingrenzung des Projektes	5
3	Methodik und theoretischer Rahmen für die Lehrmodulentwicklung	5
3.1	Auswahl der Forschungsmethoden	5
3.2	Aufbau der Projekteinsätze	6
3.2.1	Inhalte der Lehrmodule	7
3.2.2	Wettbewerb	7
3.2.3	Evaluationen	8
3.2.4	Wissensstandabfrage	9
4	Projektrealisierungen und Erkenntnisse bei der Umsetzung	10
4.1	Projektdurchgänge	10
4.1.1	Projekteinsatz 1 - Ostrom-Humboldt-Oberstufe	10
4.1.2	Projekteinsatz 2 - Dreilinden Gymnasium	12
4.1.3	Projekteinsatz 3 - Janusz-Korczak-Schule	13
4.1.4	Projekteinsatz 4 - Sophie-Scholl-Schule	14
4.1.5	Projekteinsatz 5 - Carl-von-Ossietzky-Gymnasium	15
4.2	Auswertung der Projekte als Grundlage für die Lehrmodulentwicklung	16
4.3	Adaption der Projekthinhalte: Anpassung und Alternativen im Schulkontext	18
4.4	Integration in bestehende Lehrpläne	18
4.5	Peer-Involvement	19
5	Entwicklung des Modulhandbuchs (Anhang A)	19
5.1	Aufbau der Lehrmodule	19
5.2	Auswahl von Lehrmethoden, Materialien und Aufgaben	20
5.3	Auswahl von praktischen Übungen	20
5.4	Externe Aktivitäten	22
5.5	Übersicht über das Handbuch	22
5.6	Modulaufbau	23
5.7	Arbeitsblätter und Vorlagen	24
6	Fazit	26
7	Ausblick	26
8	Anhang	27
8.1	Anhang A: Modulhandbuch	27
8.1.1	Übersicht der Module	27
8.1.2	Test	29
8.1.3	Wettbewerb	30

8.1.4	Vorträge	31
8.1.5	Experimentelles Arbeiten	34
8.1.6	Quiz	38
8.1.7	Exkursionen	39
8.1.8	Arbeitsblätter	40
8.1.10	Feedbackbogen	50
8.2	Anhang B: Wissensstandabfrage.....	52
8.3	Anhang C: Veranstaltungsinhalte	54
8.4	Anhang D: Fragebogen zur Einsatzbewertung.....	58
8.5	Anhang E: Wissensstandabfragen	59
9	Quellenverzeichnis	64

Verzeichnis von Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1:	Evaluationsscheibe für das Pilotprojekt.....	8
Abbildung 2:	Wissensstandabfrage OHO.....	9
Abbildung 3:	Veranstaltungsübersicht zum Piloteinsatz OHO	11
Abbildung 4:	Auswertung der Evaluationsscheibe	11
Abbildung 5:	Wissensstandabfrage OHO.....	12
Abbildung 6:	Veranstaltungsaufteilung DLG	12
Abbildung 7:	Wissensstandabfrage DLG.....	13
Abbildung 8:	Veranstaltungsaufteilung JKS	13
Abbildung 9:	Wissensstandabfrage JKS	14
Abbildung 10:	Veranstaltungsaufteilung SSS	15
Abbildung 11:	Wissensstandabfrage SSS	15
Abbildung 12:	Veranstaltungsaufteilung CvO.....	16
Abbildung 13:	Wissensstandabfrage CvO.....	16
Abbildung 14:	Übersicht der Wissensstandabfragen.....	17
Abbildung 15:	Fragebogen zur Einsatzbewertung	58
Tabelle 1:	Übersicht der Module	22
Tabelle 2:	Beispiel einer Modulbeschreibung	24
Tabelle 3:	Beispiel eines Arbeitsblatts.....	24
Tabelle 4:	Wissensstandabfrage OHO.....	59
Tabelle 5:	Wissensstandabfrage DLG	60
Tabelle 6:	Wissensstandabfrage JKS	61
Tabelle 7:	Wissensstandabfrage SSS	62
Tabelle 8:	Wissensstandabfrage CvO.....	63

1 Zusammenfassung

Das Projekt „Verpackung - Aufbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt“ hatte die Erstellung eines Lehrmoduls für Schüler verschiedener Altersstufen zum Ziel, das in unterschiedlichem Rahmen an Schulen im deutschsprachigen Raum eingesetzt werden kann, um kompetente und eigenständige Einschätzungen und Entscheidungen der Teilnehmer zu fördern. Die Schüler sollen in die Lage versetzt werden, vorgefundene Verpackungslösungen selbständig zu bewerten, damit sie umweltschonende und nachhaltige Lösungen identifizieren und bevorzugen können. Darüber hinaus sollen sie ermutigt werden, eigene kreative Ansätze zu überlegen und diese ggf. auch an Hersteller heranzutragen.

Die öffentlich zumeist nicht wahrgenommene Komplexität der Thematik soll dabei altersgerecht und interessant vermittelt werden. Hierfür wurde eine geeignete Mischung verschiedener Lehrformen (Laborversuche, Exkursionen, Vorträge, Wettbewerbe) entwickelt, die die Schüler an das Thema heranführt, ohne sie zu überfordern.

Das optimierte Ergebnis wurde in Form eines Modulhandbuches (Lehrplanes) zusammengefasst, das Lehrer im deutschsprachigen Raum zur eigenständigen Umsetzung des Programms befähigen soll. Hierzu wurden auch ergänzende Anschauungsmaterialien und Unterstützungen bereitgestellt. Das Lehrprogramm wurde so aufgebaut, dass es problemlos an die unterschiedlichen Schulsysteme und Basislehrpläne der einzelnen Bundesländer angepasst werden kann. Die durchführenden Lehrer erhalten ebenfalls methodische Hinweise und Hilfestellung bei der Umsetzung von Inhalten, für die spezielle Technik bzw. besondere Ansprechpartner erforderlich sind, die es nicht überall gibt.

2 Einleitung

2.1 Hintergrund und Motivation

„Bildung für nachhaltige Entwicklung kann das Wissen, das Bewusstsein und die Handlungskompetenz vermitteln, die Menschen in die Lage versetzen, sich selbst und die Gesellschaft zu transformieren.“ - Stefania Giannini, stellvertretende UNESCO-General-direktorin für Bildung. [1, S. 8]

Im Jahr 2015 haben die Vereinten Nationen die globale Nachhaltigkeitsagenda namens Agenda 2030 beschlossen, in welcher strukturgebend 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung verabschiedet wurden (Sustainable Development Goals kurz: SDGs). Diese SDGs sollen die Erde durch ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit tragfähig für die zukünftigen Generationen machen. [2] Genauer wird im vierten der 17 Bildungsziele die „Chancengerechte und hochwertige Bildung“ beschrieben. Im Unterpunkt 4.7 werden die Länder aufgefordert, bis 2030 zu gewährleisten, dass „alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung.“ [3, S. 18]

Im Zuge dessen wurde von der UNESCO das Weltaktionsprogramm BNE 2030 entwickelt. In Deutschland wurde daraus ein nationaler Plan, in welchem 2017 mit mehr als 300 Akteuren aus unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen Ziele und Handlungsempfehlungen abgeleitet wurden, welche bis zum Jahr 2030 erreicht werden sollen. [4] Dem dient auch die ¹ Entwicklung

eines verpackungstechnischen Lehrmoduls im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekts „Verpackung - Aufbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt“ in Kooperation mit der Berliner Hochschule für Technik (BHT). Das Projekt wurde von der DBU im Zeitraum 12/2020 bis 04/2024 mit einem Betrag von 275.000 € gefördert. [5] Hierin ist eine Aufstockung der ursprünglichen Förderung von 250.000 € um 10% zum Ausgleich der Hindernisse aufgrund der Corona-Pandemie enthalten.

Aufgrund der vielfachen Assoziation von Verpackungen und Nachhaltigkeit erweist es sich als wesentlich, Schülern fundierte Kenntnisse zu vermitteln und sie für die Zusammenhänge zwischen Verpackungen und Nachhaltigkeit zu sensibilisieren. Trotz der wachsenden Relevanz der ökologischen Nachhaltigkeit fehlt den Schülern oft das Bewusstsein der Umweltauswirkungen von Verpackungen. Diese Bildungslücke konnte durch die bestehenden Lehrpläne der deutschen Bundesländer noch nicht geschlossen werden. Das hier beschriebene Projekt soll einen Beitrag dazu leisten. Um das Konzept zu erproben und weiterzuentwickeln, wurden in fünf ausgewählten Schulen Lehrmodule „in enger Zusammenarbeit [mit] den Lehrern, den Schulleitern und der Senatsverwaltung für Bildung“ [6] in einem Zeitrahmen von drei bis neun Monaten durchgeführt. Das Interesse der Schulen war so groß, dass nicht alle Bewerbungen berücksichtigt werden konnten.

Das Thema Verpackung wird in der Gesellschaft kontrovers diskutiert und selten sachgerecht betrachtet. Verpackungen gelten oft als Ursache der Vermüllung und störend, obwohl sie wichtige und unverzichtbare Aufgaben in Produktion, Distribution und Konsumption erfüllen. Dazu gehört der Schutz der verpackten Güter, um sie vor Beschädigung und vorzeitigem Verderb zu schützen. Ohne angemessene Verpackung wären die meisten industriellen und landwirtschaftlichen Produktionsprozesse der modernen Welt nicht darstellbar. Im großen Durchschnitt umfasst die Verpackung dabei nur etwa 4% des Gesamtproduktes und sorgt dafür, dass die übrigen 96% weitgehend vor Verderb und Verlust geschützt werden. Dieser Schutz sorgt unmittelbar für die Vermeidung von Warenverlusten und entlastet somit die Umwelt. Vor dem 2. Weltkrieg verdarben in einzelnen Ländern z.B. bis zu 30% der landwirtschaftlichen Erzeugung, weil sie nicht richtig verpackt werden konnten. In manchen Regionen ist das noch heute so.

Neben der wichtigen Schutzfunktion erfüllen moderne Verpackungen weitere Aufgaben. Von wesentlicher Bedeutung ist beispielsweise die Unterstützung von Logistikprozessen. Durch geeignete Verpackungen werden Produkte erst lagerfähig und verteilbar, was – zusammen mit der bereits genannten Schutzfunktion - unmittelbare Voraussetzung jeder modernen Massenproduktion ist. Eine dadurch ermöglichte zentralisierte Fertigung von Gütern trägt ebenfalls zur Entlastung der Umwelt bei, weil Energieeffizienz und die Verwertung eingesetzter Rohstoffe wesentlich höher sind als bei dezentraler Produktionsweise, was die Belastungen durch einen höheren Logistikaufwand in den meisten Fällen mehr als aufwiegt.

Durch für Logistikprozesse optimierte Verpackungen können erhebliche Umweltentlastungen realisiert werden, z.B. indem Transportkapazitäten durch angepasste Abmessungen der Verpackungen voll ausgenutzt werden. Dadurch kann z.B. die Anzahl notwendiger LKW-Fahrten reduziert werden.

Eine weitere Verpackungsfunktion ist die Marketingfunktion, die für Vermarktung und Vertrieb von Waren unverzichtbar ist. Dabei kommt es leider auch zu unangemessenen Übertreibungen, die zu unnötigen Umweltschäden führen können. Das ist z.B. dann der Fall, wenn Verpackungen allein aus Marketinggründen überdimensioniert, mit unangemessenem Materialeinsatz produziert oder nur halb gefüllt werden. Solche Probleme zu erkennen und

nicht ressourcenschonend verpackte Produkte zu identifizieren ist wesentliches Lernziel für die Schülerinnen und Schüler.

Verpackungen erfüllen ebenfalls wichtige Informationsfunktionen. Das reicht von einfachen Produktkennzeichnungen über Hinweise auf Inhalts- oder Gefahrstoffe über gesetzliche Kennzeichnungsanforderungen, die Logistik unterstützende Markierungen, Serialisierung von Produkten bis hin zur korrekten Entsorgung.

Schließlich erlangt auch die Entsorgungsfunktion von Verpackungen zunehmende Bedeutung. Die Schülerinnen und Schüler sollen in diesem Zusammenhang eigenständig erkennen, welche Verpackungen wie entsorgt werden müssen, welche Verpackungen Wiederverwertung und Recycling besonders unterstützen und vor welchen Herausforderungen Entsorgungs- und Recyclingunternehmen stehen. Durch richtige Produktauswahl und sachgerechte Entsorgung der Verpackungen sollen die Schüler in die Lage versetzt werden, umweltschonende Prozesse zu fördern und zu unterstützen. Darüber hinaus soll ihre Kreativität gefördert werden, um eines Tages vielleicht selbst besonders umweltschonende Verpackungslösungen zu entwickeln. Hierfür wurde im Rahmen des Schulungsprogramms ein kreativer Wettbewerb vorgesehen.

Neben den allgemeinen Merkmalen von Verpackungen sollen auch detailliertere Erkenntnisse zu den verwendeten Packstoffen und Verpackungssystemen vermittelt werden. Die in der Gesellschaft vorherrschende, stark verkürzte Diskussion hierzu ist leider in vielen Fällen ungenau und oft sogar direkt falsch. Die Schüler sollen deshalb zu einer differenzierten Betrachtung im Sinne einer maximalen Umweltschonung befähigt werden. Der völlige Verzicht auf Verpackungen, wie ihn – fälschlicherweise, denn auch sie beziehen verpackte Produkte, die allerdings vor dem Verkauf entpackt werden – die „Unverpackt“-Läden propagieren, trägt dazu in der Regel aus den bereits genannten Gründen nicht bei und bewirkt eher das Gegenteil. Nicht in jeder Situation sind Mehrwegverpackungen die beste Wahl, genau wie Kunststoffverpackungen oft die umweltfreundlichste Lösung darstellen, aber trotzdem verteufelt werden. Das Problem wird medial maximal aufgebauscht, einfach weil Verpackungen zum Alltag gehören und am Ende von Konsumprozessen übrigbleiben und als störend wahrgenommen werden. Die vielen positiven Effekte angemessener Verpackungen werden dabei zumeist übersehen, was zu einem stark verzerrten Gesamtbild führt.

Auch gesetzliche Regulierungen sind nicht in jedem Falle zielführend. Die geforderte stoffliche Verwertung stellt z.B. insbesondere (aber nicht nur) im Bereich von Kunststoffverpackungen einen intrinsischen Widerspruch dar. Diese wurden über Jahrzehnte für einen ressourcenschonenden Materialeinsatz optimiert, also – wie im Falle von Verpackungsfolien – z.B. durch mehrschichtigen Aufbau gewichtsminimiert, ohne ihre Barriereigenschaften zu verlieren [7, S. 14], wodurch allerdings Mehrstoffsysteme entstehen, die schwer zu recyceln sind. Um das Recycling zu unterstützen, müsste auf den Mehrschichten-Aufbau zugunsten von Einstofflösungen verzichtet werden, was aber – wegen der dann erforderlichen höheren Materialdicken – den Rohstoffeinsatz drastisch erhöht. Sehr bedenkenswert ist auch der – unpopuläre – Ansatz, Kohlenwasserstoffe zunächst einer Verpackungsverwendung zuzuführen und sie erst danach zu verheizen. Das klingt wie „Müllverbrennung“, ist aber sinnvoller, als Erdöl und Erdgas ohne weitere Nutzung direkt zu verbrennen, was immer noch der Standard ist. Die Schüler sollen solche Probleme erkennen und ökologisch sinnvolle Entscheidungen zu treffen lernen. Insbesondere sollen sie in die Lage versetzt werden, Greenwashing zu identifizieren, um nicht ungewollt besonders umweltschädliche Verfahren zu unterstützen.

Hierzu gehören auch vermeintlich kompostierbare Verpackungen. Sie werden in den allerwenigsten Fällen wirklich kompostiert, weil entsprechende Unternehmen aufgrund der damit verbundenen Probleme meist die Annahme verweigern. Das hat seine Ursache in dem

viel höheren Zeitaufwand, den solche Kunststoffe für die Kompostierung benötigen, so dass – werden sie mit normalen Bio-Abfällen gemischt – Kunststoffreste im Kompost landen, was zu Reklamationen führt. Oft werden kompostierbare Kunststoffe auch falsch entsorgt, indem sie in Recyclingkreisläufe (Gelber Sack) eingespeist werden, wo sie zu einer weiteren Verschlechterung der Rezyklate führen.

Auch die oft plakativ herausgestellte Verschmutzung der Umwelt, z.B. der Meere, durch Mikroplastik wird in der Regel der Verpackung angelastet, obwohl es sich dabei eher um ein Problem der unsachgemäßen Entsorgung handelt, das in den meisten entwickelten Ländern gar nicht besteht. Hier wird durch geeignete Entsorgungssysteme verhindert, dass Abfälle einfach in Flüsse und Meere geworfen werden, wenngleich das im Einzelfall vorkommen mag. Der größte Verursacher von Mikroplastik in der Umwelt ist Reifenabrieb von Fahrzeugen aller Art, der übrigens – aufgrund des höheren Gewichts – bei Elektrofahrzeugen gravierender ist als bei anderen. Berechnungen zufolge würde das weltweit für Kunststoffverpackungen eingesetzte Erdgas und Erdöl die gesamte Kraftfahrzeugflotte der Welt um lediglich 300 Km bewegen können, weil der für Verpackungen genutzte Anteil der gesamten Kohlenwasserstoffproduktion bei lediglich 1,4 % liegt. Der starke Fokus auf Verpackungskunststoffe stellt also unter Umweltaspekten eine Verzerrung dar.

Leider gibt es auch immer wieder Beispiele für umweltschädliche Verpackungen. Diese gilt es zu eliminieren und durch nachhaltige Lösungen zu ersetzen. Die in den meisten Fällen verkürzte öffentliche Wahrnehmung trägt leider selten dazu bei und fördert eher Greenwashing-Ansätze, die bei näherer Betrachtung gar nicht nachhaltig sind. Ein schlimmes Beispiel sind mit Packpapier laminierte Kunststofffolien, wie sie bei einigen Discountern zur Lebensmittelverpackung verwendet werden. Sie sehen zwar oberflächlich „ökologisch“ aus, sind aber überhaupt nicht recyclingfähig, weil weder der eingesetzte Kunststoff noch das verwendete Papier zurückgewonnen werden können (gerade Papier wäre normalerweise sehr gut recycelbar). Obendrein wird der Verbraucher dadurch vor Entsorgungsprobleme gestellt: In welches Recyclingsystem gehören solche Verpackungen, in die Papiersammlung oder in den gelben Sack? Eigentlich sind solche Folien Restmüll, werden aber als besonders umweltschonend beworben.

Ohne sachliche, faktenbasierte Betrachtung sind sinnvolle Entscheidungen nicht möglich. Das soll den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern in leicht fassbarer Form vermittelt werden. Als Multiplikatoren können sie anschließend eine große Wirkung entfalten und dazu beitragen, die Prozesse des täglichen Lebens – die fast immer mit verpackten Produkten verbunden sind – bewusster und nachhaltiger zu gestalten.

Im Rahmen des Projektes wurde nach Wegen gesucht, die wissenschaftlichen Erkenntnisse dem Wissensstand von Schülern verschiedener Altersstufen so anzupassen, dass sie einen Wissenszuwachs erhalten, ohne damit überfordert zu werden. Im Projektverlauf wurden deshalb verschiedene Lernansätze erprobt. Neben reinen Vortragsveranstaltungen spielten Laborversuche, Exkursionen und Wettbewerbe eine Rolle. Sie wurden – basierend auf der wissenschaftlichen Ausbildung von Studenten – an die Bedürfnisse der Schüler angepasst und in mehreren Stufen optimiert. Auch die Mischung der einzelnen Komponenten wurde im Laufe des Projektes angepasst, um Überforderung und Ermüdung zu vermeiden.

Die Ergebnisse wurden in Form eines Modulhandbuchs für Lehrer und ergänzender Anschauungsmaterialien zusammengefasst. Sie sollen die eigenständige Umsetzung des Programms an beliebigen Schulen in der Fläche ermöglichen. Dabei wurde auf die unterschiedliche Struktur der Lehrpläne in den einzelnen Bundesländern geachtet. Die erarbeiteten Unterlagen lassen sich leicht an verschiedene Bedingungen anpassen und sind auch im Umfang veränderbar.

2.2 Zielsetzung der Forschung

Ziel des Projektes war die Ermittlung optimaler Methoden der Wissensvermittlung in Bezug auf Verpackungen, insbesondere im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit. Zudem steht die Förderung von Erfindergeist und Kreativität der Schüler durch Wettbewerbe, Produktbewertungen und Erstellung von Empfehlungen zur Durchführung interdisziplinärer Schulprojekte im Fokus. [7, S. 1]

Wesentliches Ergebnis war das Konzept eines Lehrmodulplans, dessen Entwicklung und Strukturierung sowie die Bereitstellung von unterstützenden Materialien. Außerdem wurden Hilfen zur eigenständigen Gestaltung von Projektvarianten entsprechend den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten entwickelt. Hierbei standen Überlegungen im Fokus, wie sich dieses Modul in die bereits bestehenden Lehrpläne der verschiedenen Bundesländer integrieren lässt. Zusätzlich wurde eine Liste an außerschulischen Partnern zusammengestellt, an welche sich Lehrende eigeninitiativ wenden können. Diese Partner können unter anderem in den Bereichen der Nachhaltigkeit, Produktion und Entsorgung von Verpackungen tätig sein. Eine Herausforderung bestand im Anspruch, dass Lehrende und Referenten ohne Vorkenntnisse im Bereich der Verpackungstechnik autonom das Wissen weitergeben können. Das soll u.a. durch beispielhafte Videos von Vorlesungen, Experimentieranleitungen und Projektberichte unterstützt werden. Um die Wirksamkeit des Lehrmoduls zu validieren, wurde ein Test erstellt, der den Wissensstand der Schüler vor und nach dem Modul abfragt. Schließlich wurde ein umfassendes Verzeichnis verschiedener Kooperationspartner, einschließlich Unternehmen, Behörden und wichtiger Institutionen, im gesamten Bundesgebiet erstellt, um die Organisation von Exkursionen in unmittelbarer Nähe von Bildungseinrichtungen zu erleichtern. Zudem wurden alternative Laborversuche entwickelt, um Schulen die Möglichkeit zu bieten, vergleichbare Experimente unabhängig von ihrer technischen Ausstattung durchzuführen.

2.3 Eingrenzung des Projektes

Als primäre Zielgruppe des Projektes wurden die Sekundarstufe 1 und Arbeitsgemeinschaften, sowie die Sekundarstufe 2 an integrierten Sekundarschulen definiert. „Die Dauer der Projekterprobung an einer ausgewählten Schule beträgt je nach Voraussetzungen und örtlichen Anforderungen 3 – 9 Monate.“ [6] Insbesondere Schüler der siebten bis zwölften Klasse an Gymnasien oder Gesamtschulen wurden angesprochen. Zur Umsetzung notwendig sind Lehrkräfte, die mit einer Eigenmotivation die Themen der Nachhaltigkeit, insbesondere der ökologischen, in Verbindung mit Verpackungstechnik in ihren Unterricht integrieren möchten. Dabei können „übergeordnete Fragestellungen [...] insbesondere im fächerverbindenden (Projekt-)Unterricht über Fachgrenzen hinweg transdisziplinär von Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden.“ [8, S. 15]

3 Methodik und theoretischer Rahmen für die Lehrmodulentwicklung

3.1 Auswahl der Forschungsmethoden

Zur Zielerreichung wurde ein Mixed-Methods-Ansatz gewählt, welcher „einen Weg [eröffnet], die spezifischen Begrenzungen von qualitativer und quantitativer Forschung durch die Nutzung komplementärer Stärken der jeweils anderen Forschungstradition in den Blick zu nehmen“. [9, S. 11] Die ursprünglich ausgewählten Methoden wurden im Projektverlauf durch weitere ergänzt. Hierzu zählen u.a. Beobachtungen. Sie zählen zu den qualitativen

Forschungsmethoden und somit zur „passive[n] Form der Datenbeschaffung“. [10, S. 17] Dabei unterscheidet man zwischen einer offenen und verdeckten Beobachtung. „Bei der offenen Beobachtung weiß die beobachtete Person, dass sie beobachtet wird. [...] Bei der verdeckten Beobachtung fühlt sich die beobachtete Person unbeobachtet und verhält sich deshalb ganz natürlich.“ [10, S. 19] Verdeckte Beobachtungen sind aufgrund des Datenschutzes allerdings problematisch. [11] Deshalb wurden offene Beobachtungen bevorzugt. Als weitere qualitative Forschungsmethode wurden Befragungen sowohl der Schüler als auch der beteiligten Lehrkräfte durchgeführt. Neben persönlichen Gesprächen wurden vor allem standardisierte Fragebögen verwendet. Die angewandte quantitative Forschungsmethode konzentrierte sich insbesondere auf die Wissensstandabfrage (vor Beginn / nach Abschluss. Die daraus resultierenden Daten sind im entsprechenden Abschnitt dieses Berichtes dokumentiert.

Der Projektarbeit wurde durch einen eigens einberufenen Fachbeirat mit Vertretern aus Industrie, Bildungswesen und Verbänden unterstützt. Mitglieder dieses Fachbeirates waren:

- Dr. Tatjana Schütze, Leiterin der Schülerforschungszentrums Berlin e.V., Lehrerin an der Lise-Meitner-Schule, Berlin
- Harry Funk, Referent für Klimabildung und für Bildung für nachhaltige Entwicklung in Berliner Schulen, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie, Berlin
- Prof. Dr. Rüdiger Tiemann, Lehrstuhlinhaber für Didaktik der Chemie, Humboldt-Universität zu Berlin
- Winfried Batzke, Geschäftsführer Deutsches Verpackungsinstitut e. V.
- Georg Abel, Bundesgeschäftsführer der VERBRAUCHER INITIATIVE e.V.

Darüber hinaus wurde mit einzelnen Unternehmen, die auch gelegentlich als Sponsoren in Erscheinung traten, kooperiert. Besonders zu nennen sind:

- Deutsches Patent- und Markenamt, Außenstelle Berlin
- EDEKA-Markt-Minden-Hannover-GmbH
- Umweltbundesamt
- Bundesinstitut für Risikobewertung
- Alba Berlin GmbH
- Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik

3.2 Aufbau der Projekteinsätze

In den folgenden Abschnitten werden die Inhalte der Teilprojekte erläutert und die Veränderungen beim jeweils folgenden Projekt beschrieben. Wichtige Elemente, die gesondert erläutert werden, sind die Evaluierung, die Wissensstandabfrage sowie der Wettbewerb. Auch die Initiierung der Projekteinsätze wird genauer erläutert. In Anlehnung an den Artikel „Projekte an Schulen – Mit Plan zum Ziel“ [12] wurde das Projekt so aufgebaut, dass Zielsetzungen und Prozessevaluationen mit aufgenommen wurden.

Vor Beginn des ersten Projektes erfolgte eine „Recherche- und Strukturierungsphase, Entwicklung des Evaluationskonzepts“ [13, S. 3]. Hierbei wurden Überlegungen zur Integration des Projektes in die bestehenden Fächer, aber auch in die für Berlin-Brandenburg relevanten Bildungsniveaus berücksichtigt. [14] Die Anpassung an Rahmenlehrpläne der verschiedenen Bundesländer wird im Kapitel 4.3. beschrieben. Neben den Vorträgen von Lehrenden und Mitwirkenden von Schlüsselinstitutionen und Unternehmen wurde „für eine effiziente

Wissensvermittlung [...] unter anderem das Peer -Involvement Konzept durch Einbeziehung von Studierenden angewendet.“ [15, S. 3] Die Wissensvermittlung durch etwa Gleichaltrige hat aufgrund des leichteren Zugangs Vorteile. Das Konzept zur Förderung der Interaktion der Schüler wird in Kapitel 4.5 erläutert, da es modulübergreifend eingesetzt werden kann.

3.2.1 Inhalte der Lehrmodule

Die wesentlichen Inhalte waren jeweils gleich, allerdings wurden die Schwerpunkte und Zeitplanungen im Projektverlauf modifiziert. Folgende Kategorien waren enthalten:

- Vorträge von Personen mit verpackungstechnischem Wissen wie Lehrende der BHT oder Mitwirkende aus der Branche
- Exkursionen zu Schlüsselinstitutionen der Verpackungsindustrie oder einer relevanten Branche mit Verpackungsbezug
- Experimente und Versuche mit Verpackungen und Verpackungsmaterial
- Wettbewerb mit Supermarkt-Check
- Evaluationen

Zu den Vorträgen zählen Vorlesungen von Professoren des verpackungstechnischen Studiengangs der BHT sowie Workshops mit Fachleuten unterschiedlicher Unternehmen. Die genaue inhaltliche Beschreibung findet sich im Modulhandbuch. Während einige Vorträge während der gesamten Projektdauer beibehalten wurden, wurden andere angepasst oder fielen weg. Wie Änderungen erfolgten, wird im Kapitel 3.2 genauer erläutert. Die Exkursionen fanden in Zusammenarbeit mit Unternehmen wie dem DPMA, Akteuren aus der Entsorgungswirtschaft oder dem Bundesumweltamt statt. Die Auswahl der Experimente erfolgte mit dem Ziel, den Schülern ein haptisches Erlebnis zu bieten und ein vertieftes Verständnis für die Komplexität von Verpackungskonstruktionen zu vermitteln. Beim Supermarkt-Check mit dem darauffolgenden Wettbewerb zur Verpackungsoptimierung wurde auf Beobachtungsgabe und Kreativität der Schüler gesetzt. Die einzelnen Projektdurchgänge wurden jeweils anhand von Pre- und Posttests evaluiert. Diese Wissensstandabfrage wird gesondert im Punkt 3.2.4 beschrieben. In einer abschließenden Projektreflexion wurde außerdem gemeinsam mit Schülern und Lehrkräften ein Fazit gezogen. Diese Evaluationsmaßnahmen werden im Kapitel 3.2.3 genauer beschrieben.

3.2.2 Wettbewerb

Zu jedem Projekt fand ein Wettbewerb statt. Teilnehmende Schüler konnten sich individuell oder in Gruppen engagieren. Wettbewerbe stellen eine effektive Möglichkeit dar, talentierte Schüler zu identifizieren und zu unterstützen [16], aber auch Interesse und Leistungsbereitschaft zu fördern. Basis war jeweils ein einführender Supermarkt-Check, bei dem positive und negative Verpackungsbeispiele gefunden werden sollten. Dieser Teil fand – nach Absprache mit der Marktleitung – in einem realen Supermarkt statt. Die Ergebnisse wurden anschließend diskutiert und leiteten zum Wettbewerb über, bei dem eine konkrete Aufgabe gestellt wurde, bestehende Verpackungen zu überdenken oder neue zu entwerfen. Hierbei erwies sich die Erstellung kleiner Smartphone-Videos als die bevorzugte Präsentationsform. Die Aufgabe durfte in Einzelarbeit oder als Gruppe gelöst werden, wobei

sich am häufigsten der Zusammenschluss als Tandem ergab. Die Teilnehmermotivation wurde in Absprache mit den jeweiligen Schulen durch Preisgelder gefördert, die z.T. von externen Unternehmen gestiftet wurden. [17, S. 5] Während der Wettbewerb vor allem im ersten Projektdurchgang zu kompliziert war und schlecht angenommen wurde, fand er nach schülergerechten Modifikationen großen Anklang, wozu vor allem das bei den Schülern beliebte und geschickt gehandhabte Präsentationsmittel Smartphonevideo beigetragen hat. Technisch-fachliche Aspekte bei den Inhalten wurden nicht überbetont, um die Motivation nicht zu beeinträchtigen.

3.2.3 Evaluationen

Die Evaluierung des Projektes wurde in erster Linie anhand einer Wissensstandabfrage realisiert. Im Pilotprojekt wurde dafür eine Evaluationszielscheibe verwendet. Dabei sollten die Segmente „Themengebiete“, „Ich habe etwas gelernt“, „Durchführung“, „Eigene Kreativität“, „Aufgabenstellung des Wettbewerbes“ und „Art der Wissensvermittlung“ nach Schulnoten bewertet werden.

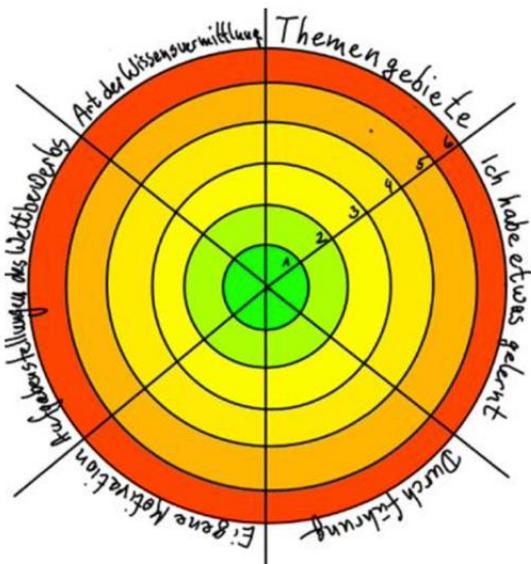


Abbildung 1: Evaluationsscheibe für das Pilotprojekt

Der innere Kreis bildet dabei die Note 1 ab, der äußere Ring die Note 6. Die Auswertung erfolgte durch eine Onlineplattform. Diese Evaluationsmethode wurde aufgrund fehlender Interaktion mit den Schülern in den darauffolgenden Projekten gegen besser handhabbare Fragebögen ausgetauscht (s. Anhang C). Darüber hinaus mussten die Schüler jeweils einen Bericht erstellen, welcher ein detailliertes Fazit beinhaltete. Bei der Bewertung des Projekts mittels Fragebogen sollten u.a. Aspekte wie die Art der Wissensvermittlung, die Einbindung von Studenten in den Lernprozess, die Komplexität der Wettbewerbsaufgaben, der Unterhaltungswert, der Erfolg der Veranstaltung sowie die Relation von Aufwand und Nutzen in Form einer fünf- bis sechsstufigen Skala mit Kommentarmöglichkeit beurteilt werden. Nur im Pilotprojekt wurden zwei weitere Evaluationsmethoden genutzt: drei Abschlussinterviews, welche im Rahmen einer Bachelorarbeit [18] durchgeführt wurden, sowie ein Reflexionsschreiben einer Lehrkraft aus pädagogischer Sicht. Da sich im späteren Verlauf die

Wissensstandabfrage und der Fragebogen bewährt haben, wurden nur diese beibehalten (s. Anhang A).

3.2.4 Wissensstandabfrage

Die Abfrage fand jeweils unangekündigt am Anfang und am Ende jedes einzelnen Projektdurchgang statt. Die Schüler konnten sich also nicht darauf vorbereiten. Die Abfrage beinhaltet zehn Fragen, das Ergebnis wurde nach einem Punktesystem ermittelt. Die Fragen und die entsprechenden Antwortmöglichkeiten sind detailliert in den Anhängen A und D aufgeführt. Einige Fragen wurden im Projektverlauf modifiziert, z.B. wenn sie zuvor uneindeutig waren oder schlecht verstanden wurden. Die Auswertung erfolgte mit Diagrammen, hier exemplarisch wird die Auswertung der Ostrom-Humboldt-Oberstufe (OHO) dargestellt. Die Y-Achse repräsentiert den durchschnittlichen Wert richtiger Antworten aller Schüler. Die X-Achse steht für die unterschiedlichen Fragen der Wissensstandabfrage. Anfangs (blau)- und Schlussbefragung (orange) wurden farblich differenziert und datiert.

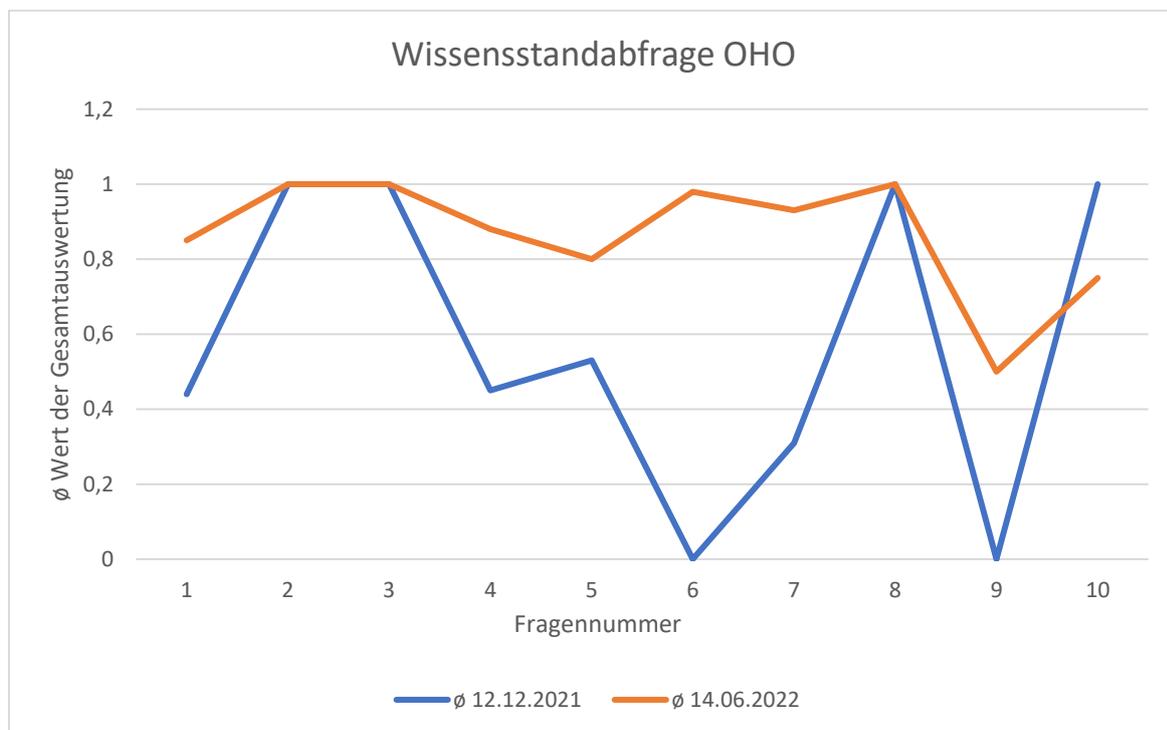


Abbildung 2: Wissensstandabfrage OHO (s. Anhang D)

4 Projektrealisierungen und Erkenntnisse bei der Umsetzung

4.1 Projektdurchgänge

Folgende Schulen haben das Projekt durchlaufen:

1. Pilotprojekt: Ostrom-Humboldt-Oberstufe (OHO), Verbund Wilhelm-von-Humboldt Gemeinschaftsschule, Klassenstufe 12 von Dezember 2021 bis Juli 2022 (die Erprobung des ersten Projektes fand unter den Bedingungen der Covid-19-Pandemie statt)
2. Dreilinden Gymnasium Berlin (DLG), Klassenstufen 10 - 12 von September bis Dezember 2022 (ebenfalls unter Pandemie-Bedingungen)
3. Janusz-Korczak-Schule Berlin (JKS), Klassenstufe 8 von Januar bis März 2023 (noch unter Pandemie-Einschränkungen)
4. Sophie-Scholl-Schule Berlin (SSS), Klassenstufe 7 von April bis Juli 2023
5. Carl-von-Ossietzky-Gymnasium Berlin (CvO), Klassenstufen 9-10 von September bis Dezember 2023
6. Gymnasium Tiergarten (TG), Klassenstufe 10 von Januar bis Februar 2024. Dieses Projekt wurde nicht in den Vergleich miteinbezogen, da aufgrund der notwendigen Verkürzung keine vergleichbaren Parameter vorhanden sind.

Nach der Vorstellung des Konzepts und dem einführenden Wissenstest wurden die in der Inhaltsübersicht aufgelisteten Projektthemen wie Vorträge von Hochschullehrern, Studenten, Unternehmen oder Behörden, Laborversuche und der Wettbewerb umgesetzt. Praktische Übungen wurden in Form von Experimenten realisiert, z.B. das Packstoffexperiment zur Belastbarkeit verschiedener Packstoffe in verschiedenen Packmittelkonstruktionen oder die Verarbeitung von Kunststoffen. Im Digitallabor wurden die Schüler unter Mitwirkung fachkundiger Studenten an CAD-Software herangeführt. Um das Wissen zu vertiefen, gab es im Rahmen des Projektes mehrere, von Projekt zu Projekt teils unterschiedliche Exkursionen zu Partnern wie dem DPMA oder zum Umweltbundesamt (UBA). Als Highlight konnten ausgewählte Schüler eines Durchgangs an der jährlich stattfindenden Exkursion des Studiengangs Verpackungstechnik der BHT teilnehmen. Dies hat sich aufgrund der rechtlichen Anforderungen (Minderjährige!) jedoch als sehr schwierig herausgestellt und wurde nicht wiederholt. Abbildung 3 zeigt eine typische Gewichtung der einzelnen Lehrmethoden. Sie hat sich im Projektverlauf geändert, weil Erkenntnisse der Frage- und Feedbackbögen eingearbeitet wurden. Tendenziell wurden der Anteil der Vorträge vermindert und dafür Laborarbeiten und Exkursionen stärker ausgebaut, weil sie besser angenommen wurden.

4.1.1 Projekteinsatz 1 - Ostrom-Humboldt-Oberstufe

Das Projekt wurde im Rahmen des Ergänzungskurses „Studium und Beruf“ [19, S. 20] der Oberstufe des Gymnasiums eingesetzt. Durch die Einschränkungen der Covid-Pandemie wurden einzelne Vorträge online gehalten, die Teilnehmerzahl musste reduziert und praktische Tätigkeiten konnten nur in verringerter Anzahl durchgeführt werden. [15, S. 2] Den praktischen Teil machten vor allem Laborexperimente aus, da auch Exkursionen nur stark

eingeschränkt möglich waren. Die 13 Schüler der Klassenstufe 12 konnten an insgesamt 20 Veranstaltungen an 12 Terminen teilnehmen, deren Verteilung von Theorie und Praxis und in Online- und Präsenzterminen in Abbildung 3 [15, S. 3] dargestellt ist. Die Aufgabe des Wettbewerbs an der OHO war die „Entwicklung einer neuen Box“ [15, S. 4] für die Produkte der HelloFresh Deutschland SE & Co. KG oder die Entwicklung eines neuen Mechanismus für Interzero GmbH & Co. KG [15, S. 4] innerhalb eines Zeitraums von circa neun Wochen. Das Pilotprojekt wurde durch die in Kapitel 3.2.3 beschriebenen fünf Evaluierungsmaßnahmen ausgewertet. Da es sich um den Piloten handelte, war die hohe Anzahl der Maßnahmen sinnvoll und notwendig, um frühzeitig möglichst viele Daten zur Optimierung der Folgeprojekte zu gewinnen.

Gelobt wurde von den Schülern die thematische Relevanz. Sowohl bei der Wissensvermittlung als auch bei der Projektorganisation gefielen den Schülern die praktischen Arbeiten, die differenzierte Form des Unterrichts und die Teilnahme an der Abschlussprüfung einer Masterarbeit (dies konnte allerdings nur einmalig ermöglicht werden). Auch der Wettbewerb wurde gutgeheißen, von den Schülern allerdings als zu anspruchsvoll beschrieben und wurde folglich auch ohne Ergebnis abgebrochen, da die Schüler sowohl inhaltlich als auch zeitlich überfordert waren. (17 S. 30) Kritisiert wurde die Zeitplanung. Aufgrund der Verbesserungsvorschläge wurde der Fokus mehr auf praktische Arbeiten, Exkursionen sowie eine erhöhte studentische Präsenz verschoben. Dieses Problem wurde bei den folgenden Projektdurchgängen behoben. Die schulischerseits beteiligte Lehrkraft beurteilte das Projekt als „sehr positiv [...] abwechslungsreich, spannend und [...] große[n] Gewinn“. (17 S. 40)

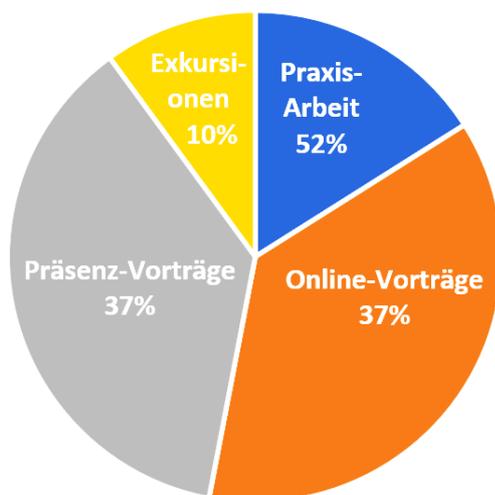


Abbildung 3: Veranstaltungsübersicht zum Piloteinsatz OHO

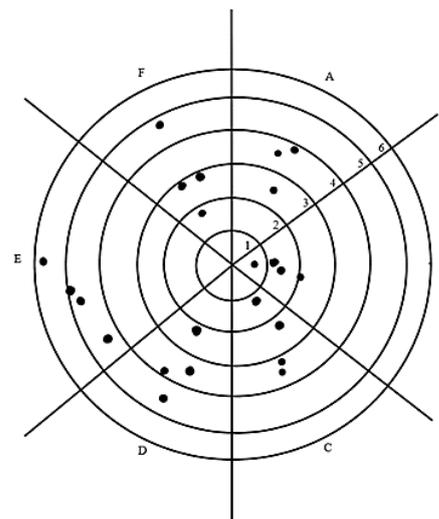


Abbildung 4: Auswertung der Evaluations-scheibe

Die Wissensstandabfrage (Abbildung 5) ergab eine deutliche Verbesserung. Die genauen Werte sind der Anlage A zu entnehmen.

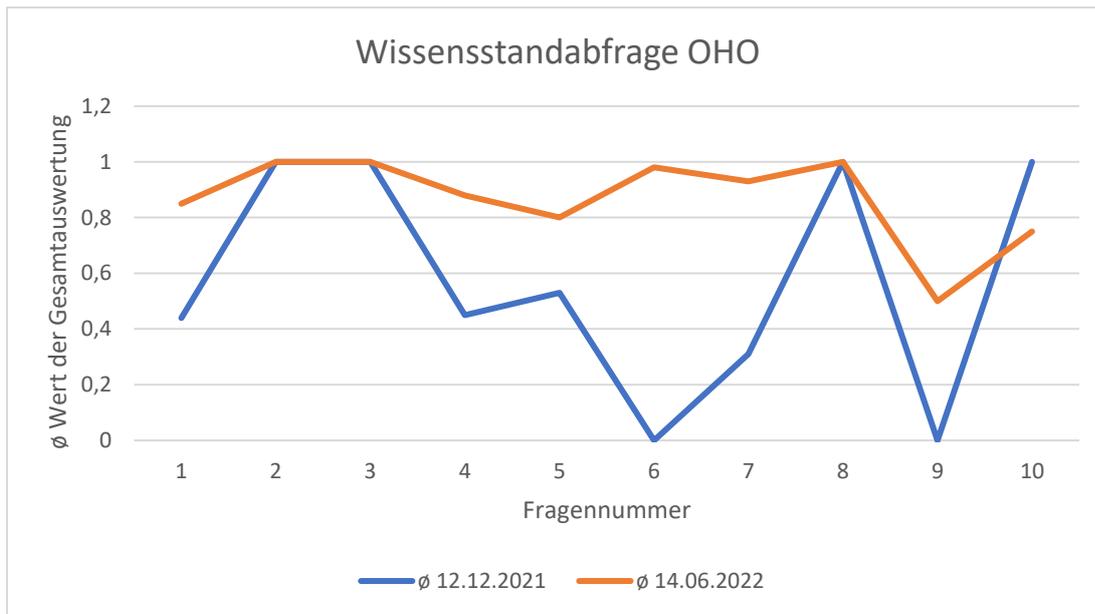


Abbildung 5: Wissensstandabfrage OHO (s. Anhang D)

4.1.2 Projekteinsatz 2 - Dreilinden Gymnasium

Am Dreilinden-Gymnasium sollte die „Übertragung des Konzepts auf weitere Schule(n)“ [15, S. 14] beginnen. Ausgewählt wurden zwölf Schüler der Klassenstufen 10, 11 und 12 des DLG, welche an dem Projekt in drei statt neun Monaten, von September bis Dezember 2022, teilnahmen. Das Projekt wurde zudem auf den Anfang des Schuljahres gelegt, von September bis Dezember, um dem schulischen Mehraufwand gegen Ende des Schuljahres auszuweichen. Ausgehend von der Erprobung an der OHO und den Evaluationen wurde das Programm entsprechend geändert. Wie man in Abbildung 6 erkennen kann, hat sich – verglichen mit Abbildung 3 - der praktisch-experimentelle Teil von 16% auf 50% vergrößert.

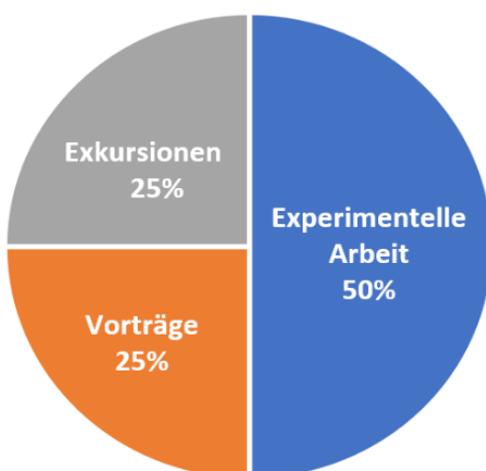


Abbildung 6: Veranstaltungsaufteilung DLG

Die Vorträge wurden auf 25% reduziert. „Zwecks einer effizienten Wissensvermittlung wurde das Peer-Involvement Konzept durch Einbezug studentischer Vorträge, Präsentationen und Support vorgesehen.“ [15, S. 16] Die Wissensstandabfrage wie in Abbildung 7 präsentiert zeigt erneut eine massive Steigerung. Es lässt sich feststellen, dass jede Frage im zweiten Test um mindestens 16% besser beantwortet wurde und keine weniger als 70% richtige Antworten

erhielt. Als Fazit nannten die Schüler den „Erwerb vieler neuer Kenntnisse und Wissensbereicherung [, einen guten] Einblick in das Campusleben, Hochschulvorlesungen und Labore [,] Abwechslung vom Schulunterricht [, eine] effiziente Wissensvermittlung [, einen hohen] Spaßfaktor [und eine] „gute Organisation“. [17, S. 10] Auch die Evaluation des projektverantwortlichen Lehrers lobte das Projekt, da die außerschulischen Aktivitäten „nachhaltig im Gedächtnis [bleiben] und [...] zur persönlichen Karriere- und Zukunftsplanung [beitragen ...]“ [17, S. 10]

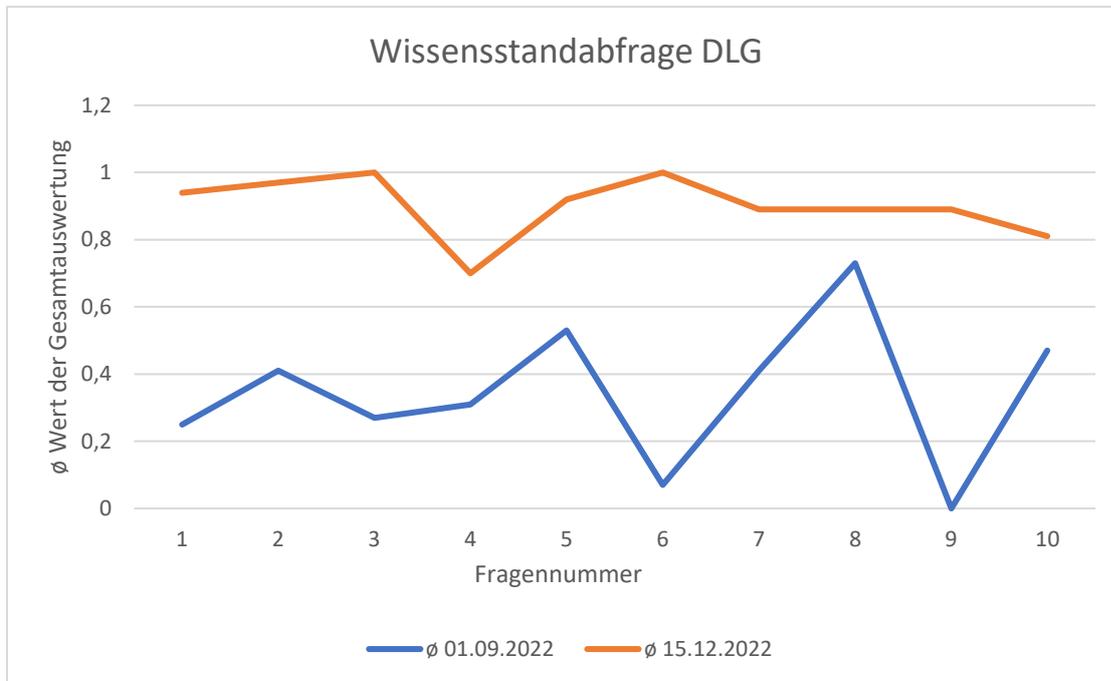


Abbildung 7: Wissensstandabfrage DLG (s. Anhang D)

4.1.3 Projekteinsatz 3 - Janusz-Korczak-Schule

Im Rahmen des Projekteinsatzes in Kooperation mit der JKS wurden die Schlussfolgerungen aus den vorangegangenen Auswertungen berücksichtigt. An diesem dreimonatigem Projekteinsatz von Januar bis März 2023 nahmen 16 Schüler der Klassenstufe 8 teil.

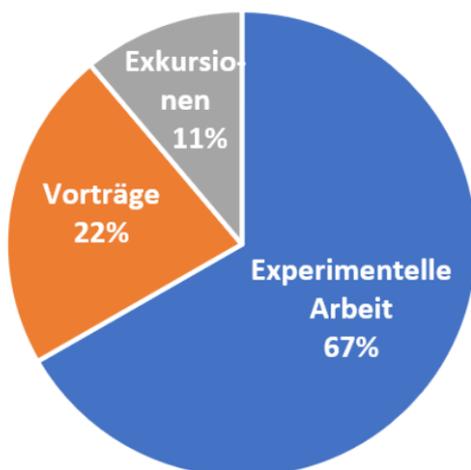


Abbildung 8: Veranstaltungsaufteilung JKS

Aufgrund der Erfahrungen aus dem vorherigen Projekt wurde unter anderem die Dauer der Vorträge von 120 auf zunächst 90 Minuten, später sogar auf 60 Minuten verkürzt. Außerdem wurde die Aufteilung zugunsten praktischer Anteile weiter verändert (Abbildung 8). Die Wissensstandabfrage der JKS veranschaulicht eine beeindruckende Steigerung bei allen gestellten Fragen (Abbildung 9). Die Analyse des Projektes ergab ein ähnlich positives Ergebnis wie das des DLG. Gelobt wurde die Projektorganisation, aber auch die Wichtigkeit der Thematik, die Gestaltung des Projektes durch das Arbeiten in Laboren und mit Studenten sowie der damit einhergehende Spaßfaktor. Kritisiert wurden auch hier insbesondere die zeitlichen Aspekte wie „Projektaktivitäten nach dem regulären Schulunterricht ohne genügenden Zeitpuffer [und] lange Fahrtzeiten“ [17, S. 16].

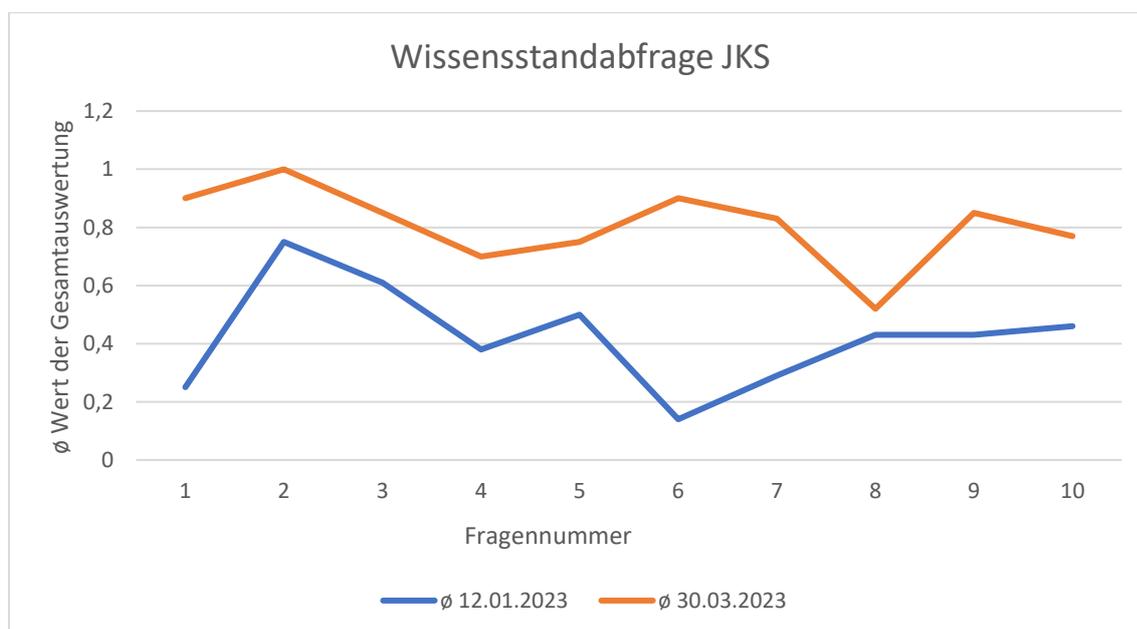


Abbildung 9: Wissensstandabfrage JKS (s. Anhang D)

4.1.4 Projekteinsatz 4 - Sophie-Scholl-Schule

An dem dreimonatigem Projekteinsatz an der SSS nahmen 25 Schüler der Klassenstufe 7 von Mitte April bis Mitte Juli 2023 teil. Der Projekteinsatz wurde diesmal vor den Schulunterricht gelegt. „Damit wurde mit Unterstützung der gastgebenden Schule auf die Beschwerden [aus den vorherigen Durchgängen] hinsichtlich einer (zu) großen Belastung am Ende langer Schultage reagiert.“ [17, S. 17] Das wirkte sich äußerst positiv aus, eine „lebhaftere Beteiligung der Schüler [...und] viel bessere[n] Aufnahme des Programms“ waren zu beobachten [17, S. 17]. Die SSS hat ein MINT-Wahlprofil, welches als Rahmenthema für die „Klasse 7 Forscherwerkstatt – wie arbeiten Naturwissenschaftler?“ [20] vorgibt. Somit ist anzunehmen, dass die Schüler bereits eine gewisse Affinität in Bezug auf Technik haben. Die thematische Aufteilung wurde im Wesentlichen beibehalten (Abbildung 10). Die Wissensstandabfrage der SSS zeigt beim ersten Test ein sehr geringes Niveau, wobei einige Fragen von fast allen 25 Schülern falsch beantwortet wurden. Der Abschlusstest hatte dann ein erheblich besseres Ergebnis, was den Nutzen des Programms belegt, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich diesmal im Vergleich zu den vorangegangenen Durchgängen um fast doppelt so viele Schüler handelte und diese im Schnitt fünf Jahre jünger waren. In der Abschlussevaluation wurden die gleichen Punkte positiv hervorgehoben wie in den vorangegangenen Projekteinsätzen. Die

Schüler kritisierten die zu kurze Zeit im Digital-Labor (CAD) und „für die Ausarbeitung von Wettbewerbsaufgaben“ [21]. Die Preisgelder im Wettbewerb wurden auf Wunsch der Schule angepasst (reduziert).

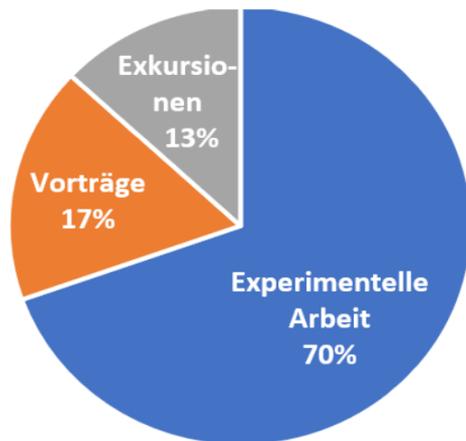


Abbildung 10: Veranstaltungsaufteilung SSS

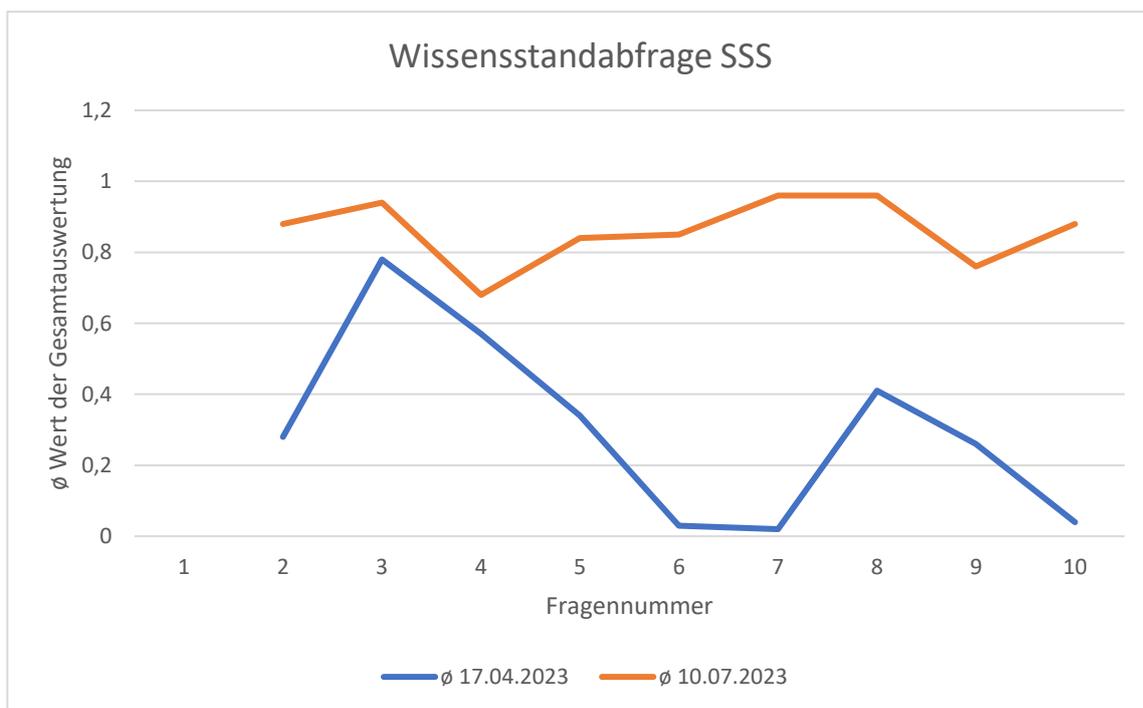


Abbildung 11: Wissensstandabfrage SSS (s. Anhang D)

4.1.5 Projekteinsatz 5 - Carl-von-Ossietzky-Gymnasium

Der fünfte Projekteinsatz fand in Zusammenarbeit mit dem CvO statt und erstreckte sich über den Zeitraum September bis Dezember 2023 mit 24 teilnehmenden Schülern der 9. und 10. Klasse. Die Wissensstandabfrage wurde aufgrund der Erfahrungen noch einmal leicht modifiziert und dient nun als endgültige Referenz für alle folgende. Die inhaltliche Aufteilung war weiterhin stark praxisorientiert (Abbildung 12), wobei aufgrund der nach der Pandemie wieder besseren Möglichkeiten mehr Exkursionen stattfanden. Das Preisgeld wurde auf Wunsch der Schule wieder auf das Niveau des Pilotprojekts angehoben, das Projekt allerdings

ohne Ergebnis abgebrochen, da die Schüler sowohl inhaltlich als auch zeitlich überfordert waren. Gelobt wurden die Arbeiten in den Hochschullaboren, die Vorträge sowie alternative Formen des Unterrichts. Kritisiert wurden die zeitlichen Bedingungen. (Noch) mehr Exkursionen wurden gewünscht. Die Auswertung des Wissensstandtest (Abbildung 13) zeigt, dass zwar einige Fragen schon vor Beginn des Projektes von vielen Schülern richtig beantwortet wurden, aber insbesondere bei den zuvor falsch beantworteten Fragen eine erhebliche Wissenssteigerung eintrat.

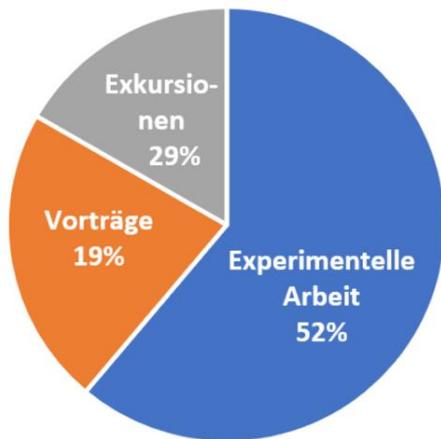


Abbildung 12: Veranstaltungsaufteilung CvO

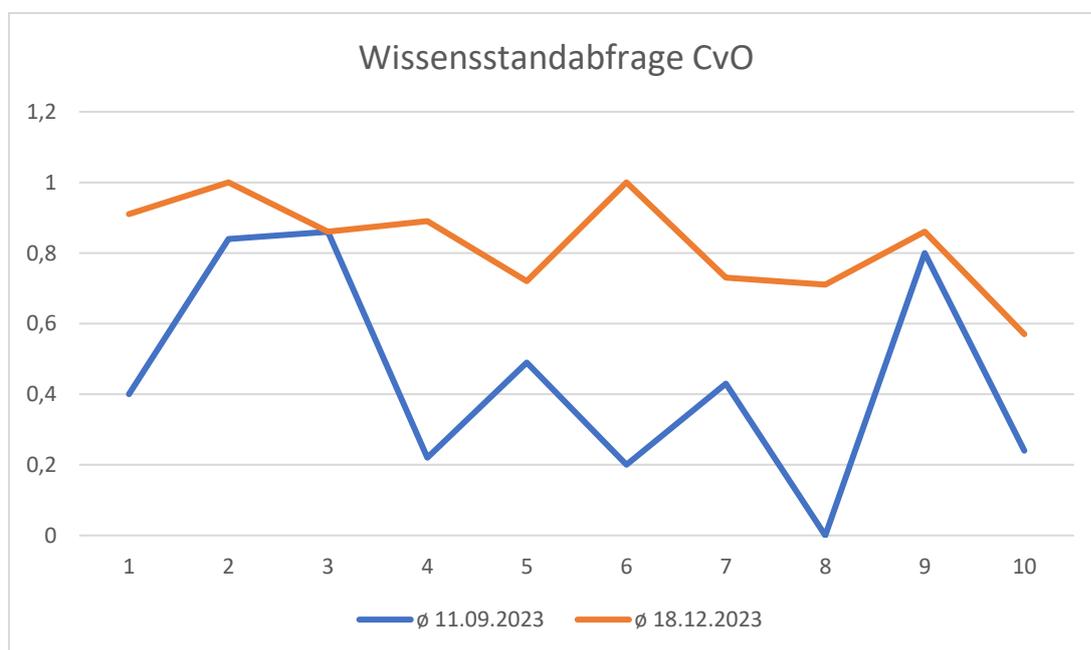


Abbildung 13: Wissensstandabfrage CvO. (s. Anhang D)

4.2 Auswertung der Projekte als Grundlage für die Lehrmodulentwicklung

Der gewählte iterative Ansatz hat sich bewährt, um im Ergebnis einen verpackungstechnischen Modulplan (Lehrplan) zu entwickeln. Wichtig waren die Rückmeldungen der Schüler, der

beteiligten Lehrer und die Ergebnisse der Wissenstests. Übereinstimmend wurden die Vorträge und das praktische Arbeiten im Labor bewertet. In vier von fünf Evaluierungen wurden Exkursionen und die studentische Wissensvermittlung als besondere Highlights herausgestellt. Zwei Auswertungen ergaben positive Rückmeldungen bezüglich der alternativen Form des Schulunterrichts sowie der außerschulischen Lernorte.

Kritisiert wurden insbesondere zeitliche Aspekte. Dabei wurden der knappe Zeitpuffer und z.T. die lange Fahrzeit bemängelt. Auch die Zeit für die Ausarbeitung der Wettbewerbsaufgaben wurde mitunter als zu knapp bemängelt.

Als positiv und als spannend wahrgenommene Vorträge wurden auf Video festgehalten, um Teilnehmer zukünftiger Projekte (Lehrer, ggf. Schüler) daran teilhaben zu lassen. Dieses Material wird online zur Verfügung gestellt. Nicht alle Laborversuche lassen sich überall durchführen, weshalb im verpackungstechnischen Modulhandbuch gleichwertige alternative Experimente vorgeschlagen werden, die sich leichter umsetzen lassen. Exkursionen müssen von den durchführenden Lehrkräften gemäß den örtlichen Gegebenheiten eigeninitiativ organisiert werden. Um den Peer-Involvement Effekt, welcher durch die mitwirkenden Studierenden entstand, ebenfalls in zukünftige Projekte einfließen zu lassen, könnten stattdessen z.B. Interaktionen von Schülern niedrigerer und höherer Klassenstufen stattfinden.

Die Zeitplanung hatte einen größeren Einfluss auf den Projekterfolg als zuvor angenommen. Der vor den regulären Schulunterricht gelegte Durchgang hatte deutlich mehr Erfolg als die Durchgänge nach Schulschluss.

In Abbildung 14 werden die Wissensstandabfragen der einzelnen Schulen verglichen. Die blauen Balken zeigen das Vorwissen, die orangenen das Ergebnis nach dem jeweiligen Ende der Maßnahme.

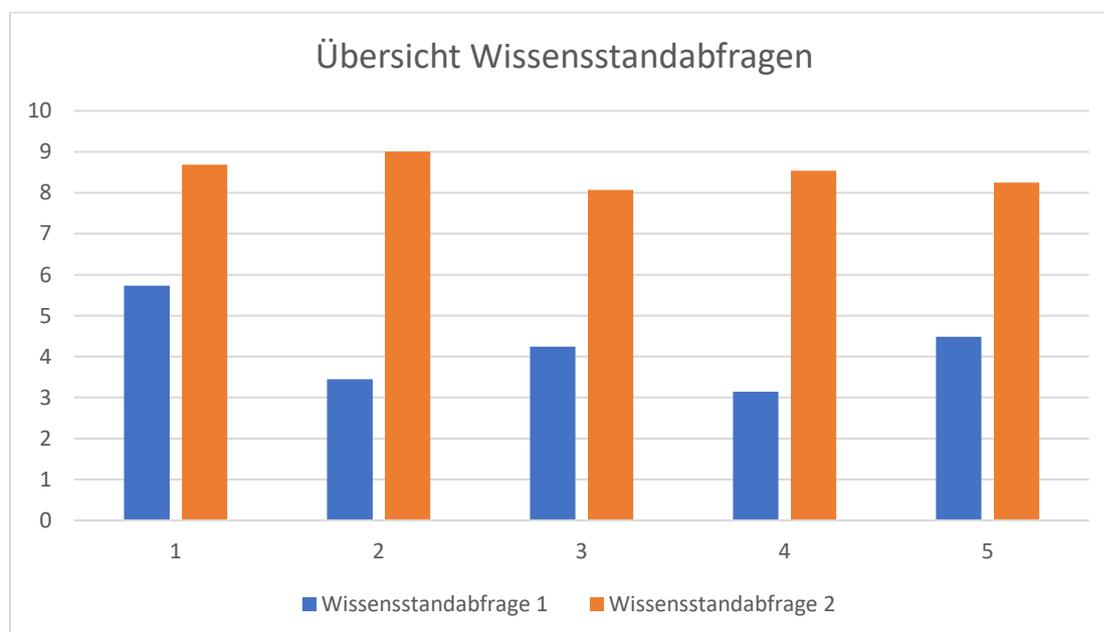


Abbildung 14: Übersicht der Wissensstandabfragen

4.3 Adaption der Projektinhalte: Anpassung und Alternativen im Schulkontext

Die Herausforderung bei der Entwicklung des Modulhandbuchs bestand darin, eine von der BHT unabhängige Umsetzung zu ermöglichen, die an jeder Schule durchführbar ist. Hierfür wurden im Projektverlauf u.a. beispielhafte Videoaufzeichnungen erstellt. Da einige der eingesetzten Geräte und Hilfsmittel der Hochschule nicht an allen Schulen frei verfügbar sind, mussten äquivalente Vorschläge entwickelt werden. Der interdisziplinär mit Experten besetzte Projektbeirat regte außerdem an, die einzelnen Lehrmodule möglichst kompakt und verständlich zu beschreiben, um die ausführenden Lehrkräfte nicht zu stark zu belasten und womöglich zu demotivieren. Die Exkursionen als wesentlicher Baustein müssen vor Ort organisiert werden. Die ursprünglich angedachte Auflistung möglicher regionaler Partner wurde unterlassen, weil sie – um nicht rasch zu veralten - ständig aktualisiert werden müsste, was nicht leistbar ist. Dennoch wurden ausgehend von den konkret im Projekt durchgeführten Exkursionen einige mögliche Partner vorgeschlagen. Diese Partner sind dabei prototypisch zu betrachten und sollen die Auswahl vor Ort vereinfachen. Dies wird in Kapitel 4.4 genauer erläutert.

4.4 Integration in bestehende Lehrpläne

Um das Modul adäquat in den Unterricht an Gymnasien, vorzugsweise in den Sekundarstufen 1 und 2, zu integrieren, waren die (Rahmen-)Lehrpläne zu beachten. Diese Lehrpläne sind von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich aufgebaut, da „[die] mit den Schulgesetzen vorgegebenen Bildungsziele [...] durch Lehrpläne oder Bildungspläne, für die das Kultusministerium des jeweiligen Landes zuständig ist, konkretisiert [werden].“ [21] Thematisch kohärente Fächer wie Biologie, Chemie und Physik werden jedoch an allen Gymnasien permanent angeboten. Ergänzend gibt es an allen Schulen naturwissenschaftliche bzw. technische Fächer unter unterschiedlichen Titeln. Die Fachspezifizierung des Lehrers ist für die Initiierung und Durchführung eines verpackungstechnischen Projektes sekundär. Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass auch Lehrkräfte aus Fächern wie Deutsch oder Politik mit Begeisterung teilgenommen haben. Größeres Vorwissen wird zur Umsetzung des Modulplanes nicht benötigt. Auf den Online-Bildungsservern der Bundesländer wird die BNE explizit ausgeschrieben, welches fächerübergreifend in den Unterricht zu implementieren ist.

„Im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) bilden die 17 Ziele der Agenda 2030 die inhaltliche Grundlage, aus der sich Themen für Schule und Unterricht ableiten lassen. Mit der Bildung für nachhaltige Entwicklung wird allerdings kein neues Unterrichtsfach etabliert. [...] Zur Umsetzung einer so verstandenen BNE sollen alle Fächer, Lernbereiche und Aufgabengebiete sowie außerunterrichtliche Projekte, Programme usw. einen Beitrag leisten.“ [22, S. 11]

Da das Bildungsziel der BNE explizit eine Integration des Projektes außerhalb der Rahmenlehrpläne betont, kann das Programm sowohl länderübergreifend als auch fächerübergreifend gestartet werden.

Voraussetzung für den Erfolg sind motivierte Lehrkräfte und Schüler. Ein gewisses Risiko könnte in eventuell fehlender Flexibilität im schulischen Kontext liegen, z.B. falls adäquate Arbeitsgemeinschaften oder Schulfächer fehlen, die den nötigen zeitlichen Rahmen zulassen. Auch begrenzte Kapazitäten und Ressourcen für praktische oder außerhochschulische Aktivitäten können eine Herausforderung sein.

4.5 Peer-Involvement

Wissensvermittlung durch Personen im gleichen oder ähnlichen Alter erzeugt eine größere Wirksamkeit und Aufmerksamkeit und ist somit erfolgreicher. „Gerade die Gleichrangigkeit und die Vertrautheit in der Gruppe soll eine offene Auseinandersetzung [...] ermöglichen, was in hierarchischen Settings mit Erwachsenen schwierig ist.“ [23, S. 8] Zudem kann die Interaktion mit Peers die Motivation und das Engagement der Schüler steigern. Die Möglichkeit, das Gelernte mit Gleichaltrigen zu teilen und anzuwenden, schafft eine dynamische Lernumgebung, die den Lernprozess interessanter und motivierender gestaltet. Die Interaktion mit Gleichaltrigen fördert das soziale Lernen. Schüler können nicht nur fachliches Wissen erwerben, sondern auch soziale Kompetenzen wie Teamarbeit, Kommunikation und Empathie entwickeln. Diese sozialen Fähigkeiten sind entscheidend für eine umfassende Bildung [24, S. 321–345]. Durch die aktive Einbeziehung der Teilnehmer (wie z.B. beim Supermarkt-Check mit anschließender Präsentation) kann der Austausch unter den Schülern gefördert werden. Ein weiterer Ansatz in diesem Sinne war auch die Einbeziehung von Studenten, die ein ähnliches Alter wie die Teilnehmer hatten, in einzelnen Modulen.

5 Entwicklung des Modulhandbuchs (Anhang A)

5.1 Aufbau der Lehrmodule

Das Modulhandbuch befindet sich in der Anlage zu diesem Bericht. Im Folgenden werden die Inhalte der Module beschrieben. Dabei werden zunächst die jeweilige Zielstellung und hilfreiche Hinweise gegeben. Außerdem werden mögliche Kombinationen der Lerninhalte mit geschätztem Zeitbedarf und Aufwand vorgeschlagen.

Dem Modulhandbuch wurde eine Übersicht vorangestellt, die den Titel, das Thema, die Lernorte, die Zielgruppe, die Lernziele, den zeitlichen Rahmen, das benötigte Vorwissen, das benötigte Arbeitsmaterial sowie die Lerninhalte der einzelnen Bausteine umfasst. Das erfolgte in Anlehnung an bewährte Modulhandbücher der BHT [25] bzw. der Freien Universität Berlin [26]. Dazu zählen folgende Kategorien:

- Vorträge von Personen mit verpackungstechnischem Wissen wie Lehrende der BHT oder Mitwirkende aus der Branche
- Exkursionen zu Schlüsselinstitutionen der Verpackungsindustrie oder einer angrenzenden Branche
- Experimente und Versuche mit Verpackungen und Verpackungsmaterial
- Wettbewerb
- (Evaluationen)

Die einzelnen Module wurden nach übergeordneten Gruppen kategorisiert, welche die Auswahl erleichtern sollen. Dabei wurden unter anderem Kategorien wie Materialforschung und Verpackungsprüfung für die Experimente ausgewählt.

5.2 Auswahl von Lehrmethoden, Materialien und Aufgaben

Das Unterrichtsmaterial wurde auf Basis der im Projekt verwendeten Bausteine zusammengestellt. Ergänzt wird dies durch Videos, Wettbewerbsvorschläge, die Wissensstandabfrage, den Evaluierungsbogen sowie Ideen für praktische Übungen vor Ort und mögliche Exkursionspartner. Die Materialien werden online zugänglich sein. Im Internet gibt es unabhängig davon auch zahlreiche andere Tests, die spannend für die Schüler sein können. Sie sind im Modulhandbuch unter dem Punkt „Quiz“ zu finden.

Um auch in der Fläche geeignete Partner vorzuschlagen, wurden im Modulhandbuch die Empfehlungen und Suchvorschläge erstellt.

Auf praktische Übungen und die Auswahl von Material und Vorbereitungsmaßnahmen wird im folgenden Kapitel genauer eingegangen.

5.3 Auswahl von praktischen Übungen

Im Laufe der Einzelprojekte wurden alle praktischen Übungen ausführlich erprobt. Dazu zählen die Packstoffexperimente mit Papier, Pappe, Karton und Kunststoffen, der Workshop im Digitallabor für Verpackungsdesign und -herstellung und die damit einhergehende Realisierung am CAD-Schneideplotter. Da nicht alle experimentellen Arbeiten in jeder zukünftig teilnehmenden Schule umgesetzt werden können, wurden für die Packstoffexperimente einfach umsetzbare Alternativen entwickelt. Die Experimente wurden in drei Kategorien aufgeteilt und unterscheiden sich durch das zu verwendende Material: Papier/Pappe/Karton, Kunststoffe und Biokunststoffe. Sie bilden damit einen wichtigen Bereich der Packstoffe ab. Die ebenfalls wichtigen Packstoffe Metall und Glas konnten aufgrund praktischer Erwägungen nicht berücksichtigt werden. Sie kommen jedoch in den Vortragsteilen vor und können auch in die Exkursionsplanung einfließen. Eine Übersicht der praktischen Aufgaben ist im Folgenden aufgelistet:

1. Packstoffexperimente Papier/Pappe/Karton

1. Stapelprüfung: Bei diesem Versuch sollen die Schüler die Stabilität und Widerstandsfähigkeit von Faltschachteln aus Karton untersuchen, um ein tieferes Verständnis für die strukturellen Eigenschaften von Verpackungsmaterialien zu erhalten. Optional können die Schüler selbst gefertigte Öffnungen in die Schachteln schneiden, um den Schwierigkeitsgrad zu steigern. Der Schwerpunkt liegt auf der Evaluierung der Stapelfähigkeit der Schachteln und den individuellen Konstruktionselementen, die die Gesamtstabilität beeinflussen.
2. Falltest: Der Falltest stellt eine gängige Prüfmethode dar, um die Sicherheit von Produkten in einer Verpackung zu beurteilen. In diesem Beispiel wird die Fallprüfung eines Gefahrguts simuliert, was ein typisches Szenario für diese Prüfung ist. Die Durchführung des Tests ermöglicht es den Schülern, die Auswirkungen von Stürzen auf die Integrität der Verpackung zu verstehen und potenzielle Gefahren zu minimieren.

3. Replikation: Innerhalb dieses praxisorientierten Experiments haben die Schüler die Möglichkeit, den Aufbau einer Faltschachtel zu erfassen und deren Komplexität zu erforschen. Im Rahmen dieser Aufgabe sind sie herausgefordert, aus einem Blatt Papier die durch die Lehrkraft vorgestellte Faltschachtel nachzubauen. Dieser Prozess fördert nicht nur das handwerkliche Geschick der Schüler, sondern ermöglicht auch ein tieferes Verständnis für die Gestaltungsaspekte und räumlichen Dimensionen von Faltschachteln.

2. Packstoffexperimente Kunststoffe

1. Mikroplastik-Nachweis: Bei diesem Versuch geht es um das Auffinden von Mikroplastik in Produkten. Dabei werden Erkenntnisse über die Bestandteile von Produkten gewonnen. [27] Dieses Experiment ist einfach umsetzbar. Eine in der Wissensstandabfrage gestellte Frage erhält hier einen praktischen Bezug.
2. Thermoplastische Verformung: Wird eine Folie unter Wärmeeinwirkung und Druckluft oder Vakuum in eine vertiefte Form gebracht, spricht man von thermoplastischer Verformung oder Thermoformen (bzw. umgangssprachlich „Tiefziehen“). Die Schüler sollen thermoplastischen Kunststoff mit Hitze eigenständig bearbeiten. Sie sollen dabei tiefergehendes Verständnis über die thermischen Eigenschaften von Kunststoffen und ihre Verformung entwickeln. [28, S. 50]
3. Schwimmprobe: Hierbei handelt es sich um ein Experiment, mit welchem den Schülern der Recyclingprozess veranschaulicht wird. Das Verständnis für die Notwendigkeit der sortenreinen Trennung von Kunststoffen wird dabei durch die Beobachtung des Schwimmverhaltens gefördert. Dieses Bewusstsein wird durch Alltagsbezüge zu Umweltauswirkungen und Recyclingpraktiken weiter vertieft. [28, S. 44]

3. Herstellung von Packstoffen und Packmitteln

1. Bio-Kunststofffolie: Durch die Verwendung von Stärke können die Schüler in diesem experimentellen Szenario einen Biokunststoff selbst herstellen. Das Ziel besteht darin, eine Folie mit vergleichbaren Eigenschaften wie die einer herkömmlichen Kunststofffolie zu entwickeln. [29]
2. Bio-Schaumstoff herstellen: In Anlehnung an das vorherige Projekt können die Schüler zudem aus Stärke auch Bio-Schaumstoff herstellen. Das ist mit einfachen, herkömmlichen Haushaltsmitteln realisierbar. [29]

5.4 Externe Aktivitäten

Externe Aktivitäten stellen einen wichtigen Bestandteil der Projekte dar. Hierbei sollen ein Supermarkt für den Supermarkt-Check und je nach örtlichen Gegebenheiten Unternehmen oder Institutionen, welche mit Verpackungen in Verbindung stehen, besucht werden. Die Schüler sollen dabei die Vielschichtigkeit von Verpackungen und ihre Anforderungen erkennen. Für die Schüler ist der Supermarkt-Check, der den Wettbewerb vorbereitet, besonders lehrreich. Sie sollen die Vielfalt an Verpackungen aus einer anderen Perspektive kennenlernen und analysieren und ihre Ideen später in den Wettbewerb einbringen.

Zu den Highlights der an der BHT durchgeführten Durchgänge zählten unter anderem Besuche im DPMA, dem UBA, beim Bundesinstitut für Risikobewertung und bei Unternehmen wie der ALBA Group. Die Exkursionen wurden von allen Beteiligten stets positiv bewertet. An anderen Orten gibt es sicherlich andere, geeignete Partner, die für Exkursionen aufgesucht werden können. Da der Lernerfolg eminent war, sollten Exkursionen unbedingt in das Programm eingebaut werden. Auch die Unternehmen sind zumeist an solchen Kontakten interessiert, weil sie sich präsentieren und z.B. Auszubildende akquirieren können. Nahezu jedes produzierende Unternehmen kann auch Verpackungsprozesse zeigen. Die Kooperationsbereitschaft ist in der Regel hoch. Im Modulhandbuch werden Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen beispielhaft vorgestellt.

5.5 Übersicht über das Handbuch

Das hier vorgestellte Bildungsprojekt beinhaltet die systematische Vermittlung von Fachkenntnissen im Bereich der Verpackung und deren ökologischer Nachhaltigkeit und richtet sich bevorzugt an Schüler der Sekundarstufe 1 und 2 an Gymnasien, doch können auch andere Zielgruppen profitieren. Durch die Implementierung eines Wettbewerbs sollen neben der Wissensvermittlung auch kreative Fähigkeiten gefördert und die Komplexität konstruktiver Aspekte vermittelt werden. Der – grundsätzlich variable - zeitliche Umfang des Projekts erstreckt sich über mindestens drei Monate, wovon ein Monat der Vorbereitung gewidmet ist. Spezifische Anforderungen für praktische Übungen und wesentliche Inhalte der Vorträge werden in den entsprechenden Unterlagen detailliert erläutert.

Das Projekt erfordert kein spezifisches Vorwissen. Im Modulhandbuch (siehe Anhang) werden zusätzlich die Kategorien der Module und der Lehrveranstaltungen aufgelistet. Das Modulhandbuch hat folgenden Aufbau:

Tabelle 1: Übersicht der Module

MODUL	MODULNAME	BESCHREIBUNG
01	Wissensstandabfrage	Prüfung des Wissens der Schüler vor bzw. nach dem Kurs
02	Supermarkt-Check	Suchen und Finden von positiven und negativen Verpackungsbeispielen
03	Wettbewerb	Kreieren oder Optimierung von Verpackungen mit anschließender Präsentation
04	Was sind gute, was sind schlechte Verpackungen?	Vortrag über die Funktionen von Verpackungen anhand von Beispielen
05	Verpackungsdesign	Vortrag über die Gestaltung und Konstruktion von Verpackungen

06	Verpackungen und Nachhaltigkeit	Vortrag eines Unternehmens wie z.B. GREENZERO AX GmbH über Nachhaltigkeit im Verpackungssektor
07	Verpackungsrealisierung mit CAD-gesteuerten Schneideplotter	Einführung in die Funktionalität eines CAD-gesteuerten Schneideplotters (ggf. durch Alternative substituieren)
08	Umweltbundesamt, Gewässer-Simulation und Spurenanalytik	Vortrag des UBA über dessen Tätigkeit und Aufgaben hinsichtlich der Auswirkung von Abfällen oder Substitut
09	Stapelfähigkeitstest	Prüfung der Stabilität von gestapelten Schachteln aus Karton oder Pappe
10	Falltest	Prüfung der Stabilität von fallenden Schachteln
11	Replikation	Nachbauen von präsentierten Verpackungen für das Verständnis der Komplexität der Konstruktionen
12	Mikroplastiknachweis	Bestimmung von Mikroplastik in Kosmetika
13	Thermoplastische Verformung	Thermoformen einer PET-Flasche auf hitzestabiler Form; ggf. Substitut
14	Bio-Kunststoffolie herstellen	Herstellung einer Folie aus Stärke
15	Bio-Schaumstoff aus Stärke herstellen	Herstellung von Schaumstoff aus Stärke
16	Schwimmprobe	Nachahmung eines vereinfachten Recyclingprozesses
17	„Molki“-Quiz	Online-Quiz über Milchverpackungen und Nachhaltigkeit
18	Quiz über Kunststoff und Recycling	Online-Quiz über Abfallbewertung von Verpackungen
19	Exkursion	Beispiel für eine Exkursion zu weiteren außerschulischen Partnern mit verpackungstechnischer Relevanz

5.6 Modulaufbau

Die Struktur der Module gewährleistet eine klare und übersichtliche Darstellung, wobei durch die ausführliche Beschreibung des Lerninhalts den Lehrkräften ein grundlegendes Verständnis der formulierten Lernziele vermittelt wird. In jedem Modul ist ein Unterpunkt mit dem Titel „Zugriff“ integriert. Dieser Unterpunkt dient dazu, dem Leser aufzuzeigen, wo er detaillierte Informationen über den Inhalt des Moduls sowie weitere Quellen finden kann. Um das Gesamtkonzept eingehender zu erläutern, wird nachfolgend das erste Modul im Detail beschrieben. Die weiteren Modulbeschreibungen befinden sich mit identischer Struktur im Modulhandbuch (Anhang).

Tabelle 2: Beispiel einer Modulbeschreibung

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	01
NAME	Wissensstandabfrage
KATEGORIE	Wissensstandabfrage
LEHRFORM	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 allein und ohne Hilfsmittel absolvieren.</p> <p>Zum Projektabschluss wird der selbe Test noch einmal 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 festgehalten werden.</p>
VORAUSSETZUNGEN	Ausdruck des Tests und Stift oder Computer
ZUGRIFF	Der Test kann als PDF-Dokument unter https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung heruntergeladen werden.

5.7 Arbeitsblätter und Vorlagen

Wie im vorherigen Abschnitt werden auch die Arbeitsblätter, welche zu den praktischen Aufgaben der Module gehören, beschrieben. Jedem Experiment wird ein detailliertes Arbeitsblatt zugewiesen. Nachfolgend wird beispielhaft ein Arbeitsblatt erläutert:

Tabelle 3: Beispiel eines Arbeitsblatts

DATENFELD	BESCHREIBUNG
NAME	Stapelfähigkeitstest (BCT – Box Compression Test)
VORAUSSETZUNG	Gleichgroße Faltschachteln aus Kartonagen oder Pappe, Platte, Gewichte oder Tonne mit Wasser, Cutter
HINWEIS	Zu Beginn wird vor den Schülern demonstriert, wie viel Gewicht eine geschlossene Faltschachtel trägt. 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 am besten in einem Labor oder draußen, da die Möglichkeit

	<p>besteht, dass die Tonne kippt. 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.</p>
<p>ABLAUF</p>	<p>Die Schüler erhalten einzeln oder in Teams jeweils ein paar Faltschachteln (gleiche Größe) und einen Cutter. Zu Beginn wird die Belastbarkeit einer einzelnen Faltschachtel geprüft. Jedes Team darf nun ein Fenster in die Faltschachtel einarbeiten. 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> <div data-bbox="475 577 1262 757" style="text-align: center;"> </div> <p>Die Aussparungen sollten mindestens eine Seite betreffen, dürfen aber über mehrere Seiten, Kanten und Ecken beliebig ausgewählt werden.</p>
<p>ERGEBNIS</p>	<p>Um die Stapelfähigkeit der Faltschachtel im Anschluss zu prüfen, können die Schüler das Ausgangsgewicht verwenden, um die Belastbarkeit der Schachtel zu prüfen.</p>

Um das Peer-Involvement als übergreifendes Thema mit aufzunehmen, können gemeinsames Erarbeiten von Zusammenfassungen oder Auswertungen der durchgeführten Exkursionen und Experimente gewählt werden. Die Erkenntnisse können gemeinschaftlich präsentiert werden, um so einen interaktiven Wissensaustausch vor den Mitschüler zu fördern.

Als Beispiel für die Variabilität wird nachfolgend ein Projekt aus ausgewählten Modulen beschrieben. Die Auswahl dieser Module basiert auf ihrer direkten Relevanz für das Gesamtthema. Damit wird sichergestellt, dass zukünftige Projektteilnehmer von einer ausgeglichenen Zusammensetzung theoretischer Konzepte, praktischer Anwendungen und interdisziplinärer Perspektiven profitieren. Darüber hinaus unterstützt eine begrenzte Auswahl die effiziente Nutzung der verfügbaren Zeitressourcen und fördert die tiefgehende Auseinandersetzung mit den ausgewählten Modulen. Vorträge sollen etwa 20%, Exkursionen 30% und experimentelles Arbeiten 50% des Projektes ausmachen. Die Vorträge schaffen theoretisches Wissen, enthalten aber auch die obligatorische Wissensstandabfrage. Die Exkursionen sind ebenfalls beispielhaft beschrieben. Die tatsächliche Durchführung hängt von der Eigeninitiative der Lehrkräfte ab. Das experimentelle Arbeiten ist die praxisnahe Anwendung des erworbenen Wissens und fördert die Entwicklung praktischer Fähigkeiten.

In Anlehnung der Evaluationen, welche essenziell für die Projekte und diese Arbeit sind, wird ebenfalls ein Feedbackbogen entwickelt, welcher sich auf die Handhabung konzentriert. Zudem ist die Bewertung des Inhalts sowie die Identifikation fehlender Materialien und Unterstützungen vorgesehen, um dem Projekt die Möglichkeit zu geben gegebenenfalls optimiert zu werden.

6 Fazit

Im Rahmen des von der DBU geförderten Projekts wurde ein umfassendes Bildungspaket im Bereich der Verpackungstechnik mit Schwerpunkt auf ökologischer Nachhaltigkeit entwickelt, erprobt und zur weiteren Nutzung aufbereitet. Hierfür wurden ein Modulhandbuch, aus dem die Anwender individuelle Programme zusammenstellen können, und begleitende Materialien bereitgestellt. Durch die praxisnahe Erprobung an echten Schulen und die Berücksichtigung des Feedbacks der beteiligten Lehrer und Schüler konnten Wirksamkeit und Praxisrelevanz der ausgewählten Themen und Teilmodule sichergestellt werden. Die Erprobung, die leider durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie während eines großen Teils der Projektlaufzeit beeinträchtigt war, fand mit Schülern unterschiedlicher Schultypen und Altersstufen statt. Die Resonanz auf das Programm war stets sehr gut und wurde nach mehreren Optimierungen noch besser. Die Integration des Programms in bestehende (unterschiedliche) Lehrpläne der Bundesländer stellte dabei einen Schwerpunkt dar. Die Anpassung an verschiedene Fächer und Schulstufen wurde durch eine flexible Grundstruktur ermöglicht. Die klare Struktur der Module und die evidenzbasierte Auswertung der Wissensstandabfragen untermauern die Effektivität des Projekts bei der Wissensvermittlung. Wesentliche Einflussfaktoren auf den Bildungserfolg wurden identifiziert, in den Einzelmodulen berücksichtigt und durch Hinweise an die Lehrkräfte, die das Programm später eigenständig umsetzen werden, ergänzt. Die Förderung von Wissen, Kreativität und ökologischem Bewusstsein bei Schülern wird als wesentliches inhaltliches Ziel mit entsprechenden methodischen Mitteln unterstützt. Das Bildungsprojekt präsentiert sich somit als innovativer Ansatz, um vielfältige Lernziele im Sinne der Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Die flexible Integration in bestehende Lehrpläne ermöglicht eine breite Anwendbarkeit dieses Modells in verschiedenen schulischen Kontexten und legt somit den Grundstein für weiterführende Entwicklungen im Bereich der umweltbewussten Bildung.

7 Ausblick

Das Modulhandbuch ist unter der Leitung kompetenter Lehrkräfte eine geeignete Unterstützung zur Erreichung der angestrebten Bildungsziele. Es wird dabei helfen, das in der Agenda 2030 beschriebene Unterziel zu erreichen, „dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben“ [20]. Neben der hier anhängenden Papier-/ Pdf-Form soll es auch frei zugänglich online verfügbar gemacht werden. Trotz zahlreicher Anfragen und Kontakte konnte das noch nicht realisiert werden. Angestrebt ist die Veröffentlichung des Handbuches und der ergänzenden Materialien auf dem Server einer zentralen Bildungsverwaltung. Die entsprechenden Verhandlungen werden fortgesetzt. Bis dahin soll die Veröffentlichung auf dem eigenen Server der Berliner Hochschule für Technik unter der URL <https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung> erfolgen. Das ist jedoch nicht optimal, weil an dieser Stelle kaum danach gesucht wird.

Die Analyse der während der Projektlaufzeit erhobenen Daten zeigt auf, dass das Lehrmodul einen positiven Einfluss auf das Verständnis der Schüler für ökologische Nachhaltigkeit und deren Anwendung in der Verpackungstechnik hatte. Dies belegt nebenbei auch die Relevanz des gewählten praxisorientierten Lehransatzes. Weitere Evaluierungen müssen nun in den verschiedenen schulischen Kontexten durchgeführt werden, um die Effektivität, Aktualität und Wirksamkeit des Lehrmoduls zu validieren und weiterzuentwickeln. Die gewählte Struktur lehnt sich an schulische Lehrpläne an und trägt somit zum besseren Verständnis bei den ausführenden Lehrern bei. Gleichzeitig werden mögliche Hemmschwellen gesenkt und kreative Räume für eigene Anpassungen eröffnet.

8 Anhang

8.1 Anhang A: 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.

8.1.1 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

8.1.2 Test

1. Wissenstandabfrage

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	01
NAME	Wissensstandabfrage
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 Wissensstandabfrage und deren Lösung. Zudem können die Vortage und Lösungserläuterungen unter dem Link https://projekt.bht-berlin.de/dbu-projekt-verpackung aufgerufen werden

Sonstiges

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

8.1.3 Wettbewerb

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.

8.1.4 Vorträge

4. 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

5. 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

6. 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

7. 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

8. 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

8.1.5 Experimentelles Arbeiten

9. 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.

10. 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.
-------------------------	---

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Bio-Kunststofffolie herstellen

DATENFELD	ERKLÄRUNG
MODULNUMMER	14
NAME	Bio-Kunststofffolie 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 Kunststofffolie 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 Lebensmittelfarbstoffe
ARBEITSANWEISUNG	Eine genaue Arbeitsanweisung befindet sich im Arbeitsblatt G.

15. 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.

16. 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.

8.1.6 Quiz

18. 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	[30]

18. 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	[31]

8.1.7 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 [32]</u></p>

8.1.8 Arbeitsblätter

Arbeitsblatt A

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

Name: _____

Datum: _____

Wissensstandabfrage Verpackungen

1. In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? (Mehrfachantworten möglich)

Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne

2. Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? (Mehrfachantworten möglich)

Holz; Kunststoff; Papier; Glas; Aluminium

3. Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden?

< 50%; ca.50%; ca.75%; ca.95%; 100%

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

- Verbrennen
- Vermeiden (wo möglich)
- Kompostieren
- Wiederverwenden (Mehrweg)
- Deponieren
- Recyclen

5. Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? (Mehrfachantworten möglich)

1-5 mm; 0,01-1 mm; 5-10 mm; < 5000 µm

6. Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt

synthetische Bekleidung; Kunststoffverpackungen;
 Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel; Reifenabrieb

7. Aus welchen Rohstoffen kann man Bio-Kunststoffe gewinnen? (Mehrfachantworten möglich)

Holz; Erdöl; Kartoffeln; Mais

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

unter 40%; ca.50%; über 60%

9. Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose

unbedenklich; bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung

10. Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter

enthalten gleiche Nährstoffe; die Konservendose hat mehr Nährstoffgehalt;
 die Konservendose hat weniger Nährstoffgehalt

Lösungen Wissensstandabfrage Verpackungen

1. Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? (Mehrfachantworten möglich)

Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne

2. Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? (Mehrfachantworten möglich)

Holz; Kunststoff; Papier; Glas; Aluminium

3. Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden?

< 50%; ca.50%; ca.75%; ca.95%; 100%

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

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

5. Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? (Mehrfachantworten möglich)

1-5 mm; 0,01-1 mm; 5-10 mm; < 5000 µm

6. Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt

synthetische Bekleidung; Kunststoffverpackungen;
 Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel; Reifenabrieb

7. Aus welchen Rohstoffen kann man Bio-Kunststoffe gewinnen? (Mehrfachantworten möglich)

Holz; Erdöl; Kartoffeln; Mais

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

unter 40%; ca.50%; über 60%

9. Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose

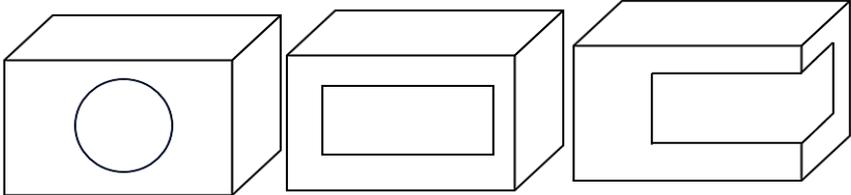
unbedenklich; bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung

10. Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter

enthalten gleiche Nährstoffe; die Konservendose hat mehr Nährstoffgehalt;
 die Konservendose hat weniger Nährstoffgehalt

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	<p>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.</p>
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> <div data-bbox="491 1458 1342 1653" data-label="Image"></div> <p>Die Aussparungen sollten mindestens eine Seite betreffen, dürfen aber über mehrere Seiten, Kanten und Ecken beliebig ausgewählt werden.</p>
ERGEBNIS	<p>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.</p>

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	Prüfparameter für Verpackungen aus Papier oder Pappe laut ADR: <ul style="list-style-type: none">- Bei festem Gefahrgut 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

	<ul style="list-style-type: none"> - beispielhafte Auswertung: „Wenn eine Verpackung für feste Stoffe einer Fallprüfung unterzogen wurde und dabei mit dem 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.“ [33, S. 6.1.5.3 Fallprüfung]
ABLAUF	<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 durchnummerieren. 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>
ERGEBNIS	<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>

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	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. Ein zusätzlicher Mehrwert kann erreicht werden, wenn die Schüler ein eigenes Design auf ihre nachgebauten Faltschachteln zeichnen (Realisierungsbeispiele s. unten).
ERGEBNIS	Der Zuschnitt der ursprünglichen Faltschachtel wird mit den Ergebnissen der Schüler verglichen.

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 zurückzuhalten ist.
ERGEBNIS	War Mikroplastik im Produkt enthalten, so erkennt man nun die im Filter verbliebenen Rückstände.
QUELLE	[27]

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	[28, S. 50]

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	[29]

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	[29]

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 Schwimmeigenschaften 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	[28, S. 45]

8.1.9 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>

Beispiel 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

Beispiel 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

8.1.10 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!	

8.2 Anhang B: Wissensstandabfrage

1. Wissensstandabfrage Verpackungen

1. In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? (Mehrfachantworten möglich)
 Papiertonne *Wertstofftonne* *Restmülltonne* *Gelbe Tonne*
2. Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? (Mehrfachantworten möglich)
 Holz *Kunststoff* *Papier/Pappe/Karton* *Glas* *Aluminium*
3. Wieviel Prozent aller Waren müssen verpackt werden?
 <50% *ca. 50%* *ca. 75%* *ca. 95%* *100%*
4. Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 6 (schlechteste)
Recyceln, Wiederverwenden (Mehrweg), Verbrennen, Vermeiden (wo möglich), Kompostieren, Deponieren
5. Bei welcher Partikelgröße spricht man von „Mikroplastik“? (Mehrfachantworten möglich)
 < 0,01mm *0,01-1mm* *5-10mm* *<5000µm*
6. Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt aus:
 Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel *Kunststoffverpackungen* *Reifenabrieb*
 synthetische Bekleidung
7. Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? (Mehrfachantworten möglich)
 Erdöl *Holz* *Kartoffeln* *Mais*
8. Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland?
 ca. 50 % *unter 40 %* *über 60 %*
9. Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose:
 unbedenklich *bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung*
10. Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter:
 enthalten identische Nährstoffe wie Glasdosen *enthalten weniger Nährstoffe als Glasdosen*

2. Lösungen Wissensstandabfrage

1. In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? (Mehrfachantworten möglich)
 Papiertonne Wertstofftonne Restmülltonne Gelbe Tonne
2. Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? (Mehrfachantworten möglich)
 Holz Kunststoff Papier/Pappe/Karton Glas Aluminium
3. Wieviel Prozent aller Waren müssen verpackt werden?
 <50% ca. 50% ca. 75% ca. 95% 100%
4. Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 6 (schlechteste)
*1. Vermeiden (wo möglich) 2. Wiederverwenden (Mehrweg) 3. Recyceln
4. Verbrennen 5. Kompostieren 6. Deponieren*
5. Bei welcher Partikelgröße spricht man von „Mikroplastik“? (Mehrfachantworten möglich)
 < 0,01mm 0,01-1mm 5-10mm <5000µm
6. Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt aus:
 Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel Kunststoffverpackungen Reifenabrieb
 synthetische Bekleidung
7. Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? (Mehrfachantworten möglich)
 Erdöl Holz Kartoffeln Mais
8. Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland?
 ca. 50 % unter 40 % über 60 %
9. Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose:
 bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung unbedenklich
10. Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter:
 enthalten identische Nährstoffe wie Glasdosen enthalten weniger Nährstoffe als Glasdosen

8.3 Anhang C: Veranstaltungsinhalte

1. Veranstaltungsübersicht Ostrom-Humboldt-Oberstufe, Verbund Wilhelm-von-Humboldt Gemeinschaftsschule Berlin, Klassenstufe 12
Covid-Pandemie Einschränkungen

Veranstaltungsinhalte	
1	Distanzvortrag „Aktuelle Entwicklungen zu Aufkommen und Verwertung von Verpackungen, Vermeidung von Verpackungsabfällen und nachhaltiger Verpackungsgestaltung“
2	Vorlesung „Was sind gute und was sind schlechte Verpackungen?“
3	Distanzteilnahme an einer Abschlussprüfung einer Masterarbeit
4	Distanzvortrag „Verpackungen aus Biokunststoffen“
5	Vortrag „Best Practice“
6	Laborexperimente zu Packstoffen, Labore SG Verpackungstechnik Berliner Hochschule für Technik
7	Distanzvorträge „Mikroplastik unter der Lupe aus Sicht des Bundesinstituts für Risikobewertung“
8	Experimente zu Kunststoffverarbeitung, Labor für Kunststoffverarbeitung und Prüfung Berliner Hochschule für Technik
9	Distanzvortrag „Frosch Ganzheitlich Nachhaltig und Transparent“
10	Ankündigung Wettbewerbsaufgaben Online Vortrag „Verpackungspatente, Patentrecherche und Patentanmeldung“
11	Vortrag „Industrielle Packstoffe - Haupteigenschaften und Anwendungsgebiete“
12	Vortrag „Aseptik - besondere Anforderungen an Lebensmittel-, Pharma- und Kosmetikverpackungen“

2. Veranstaltungsübersicht Dreilinden Gymnasium Berlin, Klassenstufen 10 - 12

Veranstaltungsinhalte	
1	Projektvorstellung Erfassung Kenntnisstand Supermarket-Check: positive/negative VP Beispiele
2	Vortrag: VP und Nachhaltigkeit Vortrag: Einführung VP-Konstruktion
3	Exkursion Deutschen Patentamt- und Markenamt Berlin (DPMA) Wettbewerb-Ankündigung, DPMA-Vortrag, Führung
4	Vortrag: Best Practice Digitallabor: Workshop: Einführung VP in Konstruktion, Coaching Wettbewerb
5	Experimente Verpackungslabor BHT
6	Exkursion UBA Versuchsfeld Berlin-Marienfelde Vortrag: Fragmentierungsverhalten von Plastik im ufernahen Bereich
7	Vortrag: Verpackungen aus Biokunststoffen Digitallabor: Kreation VP Design, Coaching Wettbewerb
8	Experimente Kunststofflabor BHT
9	Exkursion Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) Vortrag: Mikroplastik unter der Lupe
10	Supermarkt-Check Besprechung Digitallabor: Kreation VP Design, Coaching Wettbewerb
11	Vortrag: Aktuelle Entwicklungen zu Aufkommen und Verwertung von Verpackungen Digitallabor: Kreation VP Design, Coaching Wettbewerb
12	Vortrag: „Was sind gute und was sind schlechte Verpackungen?“ Digitallabor: Kreation VP Design, Coaching Wettbewerb
13	Verpackungslabor BHT - Realisierung Designentwürfe mit CAD-Schneideplotter
14	Erfassung Kenntnisstand Feedback Ermittlung Prämierung Wettbewerb

3. Veranstaltungsübersicht Janusz-Korczak-Schule Berlin, Klassenstufe 8

Veranstaltungsinhalte	
1	Projektvorstellung Erfassung Kenntnisstand Supermarket-Check: positive/negative VP-Beispiele
2	Exkursion Deutschen Patentamt- und Markenamt Berlin (DPMA) Wettbewerb-Ankündigung, DPMA-Vortrag, Führung
3	Vortrag: Einführung VP-Konstruktion Digitallabor: Einführung CAD-Verpackungsdesign Coaching Wettbewerb
4	Experimente zu Packstoffen Labor für Verpackungstechnik
5	Vortrag: „Auf der Suche nach der umweltfreundlichen Verpackung“ Digitallabor: Verpackungsdesign mittels CAD Coaching Wettbewerb
6	Kunststoff-Experimente BHT-Labor für Kunststoffverarbeitung und Prüfung
7	Vortrag: „Was sind gute und was sind schlechte Verpackungen?“ Digitallabor: Verpackungsdesign mittels CAD Coaching Wettbewerb
8	Realisierung Designentwürfe mit CAD-Schneideplotter, Verpackungslabor Besprechung Supermarkt-Check
9	Abschlussveranstaltung: Erfassung Kenntnisstand, Projektumfrage Prämierung Wettbewerbsgewinner Austausch

4. Veranstaltungsübersicht Sophie-Scholl-Schule Berlin, Klassenstufe 7

Veranstaltungsinhalte	
1	Projektvorstellung Erfassung Kenntnisstand Supermarket-Check: positive/negative VP-Beispiele
2	Exkursion Deutschen Patentamt- und Markenamt Berlin (DPMA) Wettbewerb-Ankündigung, DPMA-Vortrag, Führung
3	Vortrag: „Was sind gute und was sind schlechte Verpackungen?“ Digitallabor: Verpackungsdesign mittels CAD Coaching Wettbewerb
4	Experimente zu Packstoffen (Gruppe 1), Labor für Verpackungstechnik BHT Experimentelle Verpackungsherstellung (Gruppe 2), Digitallabor
5	Experimente zu Packstoffen (Gruppe 2), Labor für Verpackungstechnik BHT Experimentelle Verpackungsherstellung (Gruppe 1), Digitallabor
6	Vortrag: „Einführung Verpackungskonstruktion“ Experimentelle Arbeit im Digitallabor: Verpackungsdesign mit CAD Coaching Wettbewerb
7	Realisierung Designentwürfe mit CAD-Schneideplotter, Verpackungslabor
8	Abschlussveranstaltung: Erfassung Kenntnisstand, Projektumfrage Prämierung Wettbewerbsgewinner Austausch

5. Veranstaltungsübersicht Carl-von-Ossietzky-Gymnasium Berlin, Klassenstufen 9-10

Veranstaltungsinhalte	
1	Projektvorstellung Erfassung Kenntnisstand Aufgabe: Supermarket-Check: positive/negative VP-Beispiele Vortrag „Verpackungen und Nachhaltigkeit“ GREENZERO AX GmbH
2	Exkursion Deutschen Patentamt- und Markenamt Berlin (DPMA) Wettbewerb-Ankündigung, DPMA-Vortrag, Führung
3	Exkursion UBA Marienfelde „Fragmentierungsverhalten von Plastik im ufernahen Bereich“
4	Vortrag: Einführung VP-Konstruktion Digitallabor: Einführung CAD-Verpackungsdesign Coaching Wettbewerb
5	Exkursion ALBA Recycling GmbH, Berlin Mahlsdorf
6	Experimente zu Packstoffen (Gruppe 1), Labor für Verpackungstechnik BHT Experimentelle Verpackungsherstellung (Gruppe 2), Digitallabor
7	Experimente zu Packstoffen (Gruppe 2), Labor für Verpackungstechnik BHT Experimentelle Verpackungsherstellung (Gruppe 1), Digitallabor
8	Kunststoff-Experimente BHT-Labor für Kunststoffverarbeitung und Prüfung
9	Vortrag: „Was sind gute und was sind schlechte Verpackungen?“ Kreierung VP-Design, Digitallabor
10	Vortrag Die VERBRAUCHER INITIATIVE e.V. Kreierung VP-Design, Digitallabor
11	Plottern
12	Abschlussveranstaltung: Erfassung Kenntnisstand Prämierung Wettbewerbsgewinner Austausch

6. Veranstaltungsübersicht Gymnasium Tiergarten, Klassenstufe 10

Veranstaltungsinhalte	
1	Ankündigung Wettbewerb, Digitallabor: Einführung CAD-Verpackungsdesign
2	Experimente zu Packstoffen (Gruppe 1), Labor für Verpackungstechnik BHT Experimentelle Verpackungsherstellung (Gruppe 2), Digitallabor
3	Experimente zu Packstoffen (Gruppe 2), Labor für Verpackungstechnik BHT Experimentelle Verpackungsherstellung (Gruppe 1), Digitallabor
4	Experimente zu Kunststoffverarbeitung, Prof. Hornig-Klamroth
5	Vortrag: „Verpackungen und Nachhaltigkeit“ GREENZERO AX GmbH Digitallabor: Kreierung Verpackungsdesign
6	Realisierung Designentwürfe mit CAD-Schneideplotter, Verpackungslabor
7	Abschlussveranstaltung: Erfassung Kenntnisstand, Projektumfrage Prämierung Wettbewerbsgewinner Austausch

8.4 Anhang D: Fragebogen zur Einsatzbewertung

Projektorganisation	
Was hat Dir besonders an der Durchführung des Projektes gefallen? <i>Bitte zutreffendes ankreuzen, Mehrfachauswahl möglich</i>	<input type="checkbox"/> Erwerb neuer Kenntnisse, <input type="checkbox"/> andere Form von Schulunterricht <input type="checkbox"/> anderer Ort der Wissensvermittlung <input type="checkbox"/> Hochschulvorlesungen <input type="checkbox"/> Arbeit im Hochschullabor <input type="checkbox"/> Campusleben Sonstiges:
Was ist Dir bei der Organisation besonders aufgefallen?	
Wie beurteilst Du die Organisation des Projekts? <i>Bitte zutreffendes ankreuzen</i>	 Warum:
Was kann man besser machen?	
Wissensvermittlung	
Wie fandest Du die Art und Weise der Wissensvermittlung? <i>Bitte zutreffendes ankreuzen</i>	 Warum:
Wie fandest Du die Wissensvermittlung durch Studenten? <i>Bitte zutreffendes ankreuzen</i>	 Warum:
Würdest Du mehr Wissensvermittlung durch Studenten für zukünftige Veranstaltungen empfehlen?	
Wie fandest Du die Distanzteilnahme an einer Masterarbeit-Abschlussprüfung? <i>(Thema: „Green Claims Eine kritische Untersuchung der beworbenen Nachhaltigkeit in der Verpackungskommunikation“)</i>	 Warum:
Welchen Präsenzvortrag fandest Du am interessantesten?	
Welchen Onlinevortrag fandest Du am interessantesten?	
Welche Laborübung / Exkursion fandest Du am interessantesten?	
Was kann man besser machen?	
Wettbewerb	
Welche Hindernisse hattest Du mit einer Wettbewerbsteilnahme?	
Wenn Zeitgründe genannt werden: Warum hattest Du keine Zeit?	
Bitte bewerte der Schweregrad der Wettbewerbsaufgaben	Bewertungsskala von 1 (leicht machbar) bis 5 (extrem schwer) ____ Begründung:
Was kann man besser machen?	
Abschlussfragen	
Wie beurteilst Du den Erfolg der Veranstaltungen?	 Warum:
Wenn Du Aufwand und Ertrag der Veranstaltung vergleichst, hat es sich für Dich gelohnt?	Bewertungsskala von 1 (sehr) bis 5 (gar nicht) ____
Hat Dir die Teilnahme Spaß gemacht?	Bewertungsskala von 1 (sehr) bis 5 (gar nicht) ____
Würdest Du anderen die Teilnahme empfehlen?	Bewertungsskala von 1 (sehr) bis 5 (gar nicht) ____
Danke für Deine Bewertung!	

Abbildung 15: Fragenbogen zur Einsatzbewertung

8.5 Anhang E: Wissensstandabfragen

1. Wissensstandabfrage Ostrom-Humboldt-Oberstufe (OHO), Verbund Wilhelm-von-Humboldt Gemeinschaftsschule Berlin

Fragen		max. P.	D.P.* 12.12.2021	D.P.* 14.06.2022
1	In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne	1	0,44	0,85
2	Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Holz; Kunststoff; Papier/Pappe/Karton; Glas; Aluminium	1	1	1
3	Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden? bitte passende Antwort auswählen < 50%; ca. 50%; ca. 75%; ca. 95%, ca. 100%	1	1	1
4	Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 7 (schlechteste) - Vermeiden (wo möglich); - Vermindern; - Wiederverwenden (Mehrweg); - Recyceln; -Verbrennen; - Kompostieren; - Deponieren	1	0,45	0,88
5	Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? bitte passende Antworten auswählen (Mehrfachnennungen möglich) 1-5 mm; 0,01-1 mm; < 0,01 mm; 5-10 mm; < 5000 µm	1	0,53	0,8
6	Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt bitte passende Antwort auswählen Wasch-, putz- und Reinigungsmittel; Kunststoffverpackungen; Reifenabrieb; synthetische Bekleidung	1	0	0,98
7	Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Erdöl; Holz; Kartoffeln; Mais	1	0,31	0,93
8	Wie hoch ist die Recyclingquote für Plastikabfälle in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen über 50%; ca. 40%; unter 20%	1	1	1
9	Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) ca. 50%; unter 40%; über 60%	1	0	0,5
10	Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung; unbedenklich; enthalten identische Nährstoffe wie aus Glasdosen; enthalten weniger Nährstoffe als aus Glasdosen	1	1	0,75
Gesamt		10	5,73	8,69

* D.P. – durchschnittlich erreichte Punktzahl

Tabelle 4: Wissensstandabfrage OHO

2. Wissensstandabfrage Dreilinden Gymnasium Berlin (DLG)

Fragen		max. P.	D.P.* 01.09.2022	D.P.* 15.12.2022
1	In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne	1	0,25	0,94
2	Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Holz; Kunststoff; Papier/Pappe/Karton; Glas; Aluminium	1	0,41	0,97
3	Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden? bitte passende Antwort auswählen < 50%; ca. 50%; ca. 75%; ca. 95%; ca. 100%	1	0,27	1,00
4	Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 7 (schlechteste) - Vermeiden (wo möglich); - Vermindern; - Wiederverwenden (Mehrweg); - Recyceln; - Verbrennen; - Kompostieren; - Deponieren	1	0,31	0,70
5	Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? bitte passende Antworten auswählen (Mehrfachnennungen möglich) 1-5 mm; 0,01-1 mm; < 0,01 mm; 5-10 mm; < 5000 µm	1	0,53	0,92
6	Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt bitte passende Antwort auswählen Wasch-, putz- und Reinigungsmittel; Kunststoffverpackungen; Reifenabrieb; synthetische Bekleidung	1	0,07	1,00
7	Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Erdöl; Holz; Kartoffeln; Mais	1	0,41	0,89
8	Wie hoch ist die Recyclingquote für Plastikabfälle in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen über 50%; ca. 40%; unter 20%	1	0,73	0,89
9	Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) ca. 50%; unter 40%; über 60%	1	0,00	0,89
10	Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung; unbedenklich; enthalten identische Nährstoffe wie aus Glasdosen; enthalten weniger Nährstoffe als aus Glasdosen	1	0,47	0,81
Gesamt		10	3,45	9,01

* D.P. – durchschnittlich erreichte Punktzahl

Tabelle 5: Wissensstandabfrage DLG

3. Wissensstandabfrage Janusz-Korczak-Schule Berlin (JKS)

Fragen		max. P.	D.P.* 12.01.2023	D.P.* 30.03.2023
1	In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne	1	0,25	0,90
2	Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Holz; Kunststoff; Papier/Pappe/Karton; Glas; Aluminium	1	0,75	1,00
3	Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden? bitte passende Antwort auswählen < 50%; ca. 50%; ca. 75%; ca. 95%; ca. 100%	1	0,61	0,85
4	Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 7 (schlechteste) - Vermeiden (wo möglich); - Vermindern; - Wiederverwenden (Mehrweg); - Recyceln; - Verbrennen; - Kompostieren; - Deponieren	1	0,38	0,70
5	Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? bitte passende Antworten auswählen (Mehrfachnennungen möglich) 1-5 mm; 0,01-1 mm; < 0,01 mm; 5-10 mm; < 5000 µm	1	0,50	0,75
6	Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt bitte passende Antwort auswählen Wasch-, putz- und Reinigungsmittel; Kunststoffverpackungen; Reifenabrieb; synthetische Bekleidung	1	0,14	0,90
7	Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Erdöl; Holz; Kartoffeln; Mais	1	0,29	0,83
8	Wie hoch ist die Recyclingquote für Plastikabfälle in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen über 50%; ca. 40%; unter 20%	1	0,43	0,52
9	Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) ca. 50%; unter 40%; über 60%	1	0,43	0,85
10	Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) - bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung; - unbedenklich; - enthalten identische Nährstoffe wie aus Glasdosen; - enthalten weniger Nährstoffe als aus Glasdosen	1	0,46	0,77
Gesamt		10	4,24	8,07

* D.P. – durchschnittlich erreichte Punktzahl

Tabelle 6: Wissensstandabfrage JKS

4. Wissensstandabfrage Sophie-Scholl-Schule Berlin (SSS)

Fragen		max. P.	D.P.* 17.04.2023	D.P.* 10.07.2022
1	In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne	1	0,28	0,88
2	Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen aus? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Holz; Kunststoff; Papier/Pappe/Karton; Glas; Aluminium	1	0,78	0,94
3	Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden? bitte passende Antwort auswählen < 50%; ca. 50%; ca. 75%; ca. 95%, ca. 100%	1	0,57	0,68
4	Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 7 (schlechteste) - Vermeiden (wo möglich); - Vermindern; - Wiederverwenden (Mehrweg); - Recyceln; - Verbrennen; - Kompostieren; - Deponieren	1	0,34	0,84
5	Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? bitte passende Antworten auswählen (Mehrfachnennungen möglich) 1-5 mm; 0,01-1 mm; < 0,01 mm; 5-10 mm; < 5000 µm	1	0,03	0,85
6	Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt bitte passende Antwort auswählen Wasch-, putz- und Reinigungsmittel; Kunststoffverpackungen; Reifenabrieb; synthetische Bekleidung	1	0,02	0,96
7	Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) Erdöl; Holz; Kartoffeln; Mais	1	0,41	0,96
8	Wie hoch ist die Recyclingquote für Plastikabfälle in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen über 50%; ca. 40%; unter 20%	1	0,26	0,76
9	Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) ca. 50%; unter 40%; über 60%	1	0,04	0,88
10	Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachnennungen möglich) - bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung; - unbedenklich; - enthalten identische Nährstoffe wie aus Glasdosen; - enthalten weniger Nährstoffe als aus Glasdosen	1	0,41	0,79
Gesamt		10	3,15	8,54

* D.P. – durchschnittlich erreichte Punktzahl

Tabelle 7: Wissensstandabfrage SSS

5. Wissensstandabfrage Carl-von-Ossietzky-Gymnasium Berlin (CvO)

Fragen		max P.	D.P.* 11.09.23	D.P.* 18.12.23
1	In welche Abfalltonne gehören Getränkekartons? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich) Papiertonne; Wertstofftonne; Restmülltonne; Gelbe Tonne	1	0,40	0,91
2	Welches Material macht den größten Anteil bei Verpackungsabfällen privaten Haushalten aus? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich) Holz; Kunststoff; Papier/Pappe/Karton; Glas; Aluminium	1	0,84	1,00
3	Wie viel Prozent aller Waren müssen verpackt werden? bitte passende Antwort auswählen <50% ; ca. 50%; ca. 75%; ca. 95% ; 100%	1	0,86	0,86
4	Bewerten Sie folgende Strategien in Bezug auf Verpackungsabfälle von 1 (beste) bis 7 (schlechteste) _ Vermeiden (wo möglich) _ Verbrennen; _ Wiederverwenden (Mehrweg); _ Kompostieren; _ Deponieren; _ Recyclen	1	0,22	0,89
5	Bei welcher Partikelgröße spricht man von "Mikroplastik"? bitte passende Antworten auswählen (Mehrfachantworten möglich) 1 - 5 mm; 0,01 - 1 mm; < 0,01 mm; 5 - 10 mm; < 5000 µm	1	0,49	0,72
6	Wählen Sie die Hauptquelle für Mikroplastik in der Umwelt bitte passende Antwort auswählen Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel; Kunststoffverpackungen; Reifenabrieb; synthetische Bekleidung	1	0,20	1,00
7	Aus welchen Rohstoffquellen gewinnt man typische Bio-Kunststoffe? bitte passende Antwort auswählen (Mehrfachantworten möglich) Erdöl; Holz; Kartoffeln; Mais	1	0,43	0,73
8	Wie hoch ist die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen in Deutschland? bitte passende Antwort auswählen ca. 50 %; unter 40 %; über 60 %	1	0,00	0,71
9	Bewerten Sie Lebensmittel aus einer Konservendose a. unbedenklich b. bedenklich wegen Kunststoffbeschichtung	1	0,80	0,86
10	Vergleichen Sie den Nährstoffgehalt einer Konservendose und Glasbehälter a. enthalten gleiche Nährstoffe b. die Konservendose hat mehr Nährstoffgehalt c. die Konservendose hat weniger Nährstoffgehalt	1	0,24	0,57
Gesamt		10	4,48	8,26

* D.P. – durchschnittlich erreichte Punktzahl

Tabelle 8: Wissensstandabfrage CvO

9 Quellenverzeichnis

- [1] UNESCO, „Bildung für nachhaltige Entwicklung: eine Roadmap - UNESCO Digital Library“. Zugegriffen: 2. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379488>
- [2] „Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen“, Bildungsserver Berlin -Brandenburg. Zugegriffen: 2. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/b-fachuebergreifende-kompetenzentwicklung/nachhaltige-entwicklunglernen-in-globalen-zusammenhaengen>
- [3] UNO, „Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015“. 2015. Zugegriffen: 10. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
- [4] „Was ist BNE? - BNE-Portal Kampagne“, BNE-Portal - BNE-Portal Kampagne. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bne-portal.de/bne/de/einstieg/was-ist-bne/was-ist-bne.html>
- [5] DBU, „Verpackung - Aufbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt (Nachbewilligung)“, DBU. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dbu.de/projektdatenbank/35766-02/>
- [6] Dr. Leonid Sverdlov, „Verpackung – Aufbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt – Studiengang Verpackungstechnik“, Verpackungstechnik-berlin. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.verpackungstechnik-berlin.de/artikel/verpackung-aufbau-der-schuelerkompetenz-fuer-eine-nachhaltige-welt-2/>
- [7] „Übersicht-Piloterprobung-DBU-Projekt.pdf“. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.verpackungstechnik-berlin.de/wp-content/uploads/2022/03/%C3%9Cbersicht-Piloterprobung-DBU-Projekt.pdf>
- [8] „BNE-Verankern_11.10.21_FINAL.pdf“. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://nachhaltigkeit.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/nachhaltigkeit.bildung-rp.de/BNE_Schule/Downloads/BNE-Verankern_11.10.21_FINAL.pdf
- [9] N. Baur, U. Kelle, und U. Kuckartz, „Mixed Methods – Stand der Debatte und aktuelle Problemlagen“, *Köln Z Soziol*, Bd. 69, Nr. S2, S. 1–37, Okt. 2017, doi: 10.1007/s11577-017-0450-5.
- [10] R. Kirchmair, *Qualitative Forschungsmethoden: Anwendungsorientiert: vom Insider aus der Marktforschung lernen*. in Angewandte Psychologie Kompakt. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2022. doi: 10.1007/978-3-662-62761-7.
- [11] T. Gebel u. a., „Verboten ist, was nicht ausdrücklich erlaubt ist. Datenschutz in qualitativen Interviews“, *Forum qualitative Sozialforschung*, Bd. 16, Nr. 2, 2015, doi: 10.25657/02:11042.
- [12] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, Hrsg., „Projekte an Schulen – Mit Plan zum Ziel“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.isb.bayern.de/fileadmin/user_upload/Schulentwicklung/QmbS/3_PS_Dateien/Flyer_Projektmanagement_ohne_Verweis_auf_Werkzeugkasten.pdf
- [13] Prof. Dr. Hans Demanowski, Dr. Leonid Sverdlov, „1. Zwischenbericht DBU Projekt AZ 35766/01“, Berliner Hochschule für Technik, Berlin, Feb. 2022.

- [14] Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, „Bildungsserver Berlin-Brandenburg“, Bildungsserver Berlin -Brandenburg. Zugegriffen: 4. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/>
- [15] Prof. Dr. Hans Demanowski, Dr. Leonid Sverdlov, „2. Zwischenbericht DBU Projekt AZ 35766/01“, Berliner Hochschule für Technik, Berlin.
- [16] Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, „Wettbewerbe“, Bildungsserver Berlin -Brandenburg. Zugegriffen: 4. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/wettbewerbe>
- [17] Prof. Dr. Hans Demanowski, Dr. Leonid Sverdlov, „3. Zwischenbericht DBU Projekt AZ 35766/01“, Berliner Hochschule für Technik, Berlin.
- [18] Lena Damert, „Untersuchung der Effektivität der Wissensvermittlung im Rahmen des Projektes ‚Verpackung – Ausbau der Schülerkompetenz für eine nachhaltige Welt‘“. 2022.
- [19] Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung Berlin, Hrsg., „Ergänzungskurs Studium und Beruf“. [Online]. Verfügbar unter: https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/themen/berufs-_und_studienorientierung/BO_News_2012_2020/Ergaenzungskurs_studium_und_beruf.pdf
- [20] „Sophie Scholl Schule Berlin, Fachbereiche MINT“. Zugegriffen: 7. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sophie-scholl-schule.eu/schule/2014-10-24-13-01-34>
- [21] C. Hartmann, „Lehrpläne der einzelnen Bundesländer“, Deutscher Bildungsserver. Zugegriffen: 8. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bildungsserver.de/lehrplaene-400-de.html>
- [22] Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg, Hrsg., „Bildungsplan Grundschule, Stadtteilschule, Gymnasium“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.hamburg.de/contentblob/16762978/f4ec5d1f1348e96f16dc22d676c53ea2/data/a-teil-dl.pdf>
- [23] Jugend und Medien Nationale Plattform zur Förderung von Medienkompetenzen Bundesamt für Sozialversicherungen BSV, Hrsg., „MEDIENKOMPETENZEN UND PEER-EDUCATION / -TUTORING“. 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.jugendundmedien.ch/fileadmin/PDFs/Broschueren/Medienkompetenzen_und_Peer_Education_DE_Web.pdf
- [24] Topping, K. J., „The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. Higher Education“, in *Higher Education*, Springer, 1996.
- [25] BHT Berliner Hochschule für Technik, Hrsg., „Modulhandbuch Bachelor-Studiengang Verpackungstechnik, Umwelt und Design“. 2024. Zugegriffen: 8. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bht-berlin.de/fileadmin/studiengang/modulhandbuch/b-vp/2024_Modulhandbuch_zur_Studien-_und_Pruefungsordnung_2023.pdf
- [26] „Modulhandbücher für den Master an Integr. Sekundarschulen und Gymnasien (Master ab WS 18/19 bis SoSe 23)“. Zugegriffen: 8. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fu-berlin.de/sites/dse/studium/master/ma-issgym/modulhandbuecher1819/index.html>

- [27] Hannover.de, „Mikroplastik im Visier Kunststoff in Kosmetika“. Zugegriffen: 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>
- [28] Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V. (FCI), „Unterrichtsmaterial Experimente für pfiffige Forscher“. Zugegriffen: 8. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/unterrichtsmaterial-grundschule-experimente-fuer-pfiffige-forscher.pdf>
- [29] LizzyNet gGmbH, „Verpackungs-Experimente und praktische Anleitungen“. Zugegriffen: 9. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lizzynet.de/wws/9.php#/wws/56728356.php>
- [30] P. W. | L. Nord-West, „Molki Quiz 2 | Verpackungen“, Learning Snacks. Zugegriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.learningsnacks.de/share/243121>
- [31] Newsroom, „Quiz zu Kunststoff und Recycling - 7 Fragen & Antworten“, Newsroom.Kunststoffverpackungen. Zugegriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://newsroom.kunststoffverpackungen.de/2021/06/14/quiz-plastik-verpackung-recycling-neu/>
- [32] „Elementare Vielfalt - Ausbildungsbörse“, Ausbildungsbörse. Zugegriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.elementare-vielfalt.de/ausbildungsboerse/suche.html>
- [33] Bundesanzeiger Verlag, „Fallprüfung (Anlage 6.1.5.3) Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)“. Zugegriffen: 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*%5B%40attr_id%3D%27bgbl213015_Anlageband.pdf%27%5D__1718256378933