

**Abschlussbericht für die  
Deutsche Bundesstiftung Umwelt**

Projekttitel:

**Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur  
Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern**

DBU-Aktenzeichen: 33586/01 und 33586/02 (Nachbewilligung)

Projektlaufzeit: 06.10.2016 bis 30.09.2019

01.10.2019 bis 31.07.2020 kostenneutrale Laufzeitverlängerung  
und Nachbewilligung

Berichtszeitraum: 06.10.2016 bis 31.07.2020

Erstellt von:

BIOKON – Forschungsgemeinschaft Bionik-Kompetenznetz e. V., Berlin

und

GEA - Green Economy Academy e. V., Frankfurt

Ansprechpartner:

Dr. Rainer Erb

Telefon: 030-4606-8484

E-Mail: [rainer.erb@biokon.de](mailto:rainer.erb@biokon.de)

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az **33586/01**  
**33586/02**

Referat **43/2**

Fördersumme

**329.746 EUR**  
**49.581 EUR**

**Antragstitel** **Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern**

**Stichworte**

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>50 Monate</b>	<b>06.10.2016</b>	<b>30.11.2020</b>	<b>2</b>

Zwischenberichte 7 (alle sechs Monate)

<b>Bewilligungsempfänger</b>	BIOKON - Forschungsgemeinschaft Bionik-Kompetenznetz e. V. Ackerstraße 76 13355 Berlin	Tel	030/4606-8484
		Fax	030/4606-8474
		<b>Projektleitung</b> Dr. Rainer Erb	
		<b>Bearbeiter</b> Dr. R. Erb, K. Kuhlmann	

**Kooperationspartner** GEA – Green Economy Academy e. V.  
Finkenhofstr. 21  
60322 Frankfurt

**Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

Ziel des Projekts war es, mit Hilfe der Bionik systemisches Denken stärker in die berufliche Bildung zu integrieren. Nachwuchskräfte sollten bereits in ihrer Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen vertraut gemacht werden, damit sie die für eine zukunftsfähige Wirtschaftsweise nötigen Kompetenzen in die Unternehmen tragen und die nachhaltige Entwicklung und Gestaltung von Gebrauchsgütern sowie deren breite Akzeptanz in Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben.

**Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Die junge Zielgruppe lernte im Rahmen dieses Projekts ausgehend von faszinierenden Bionik-Beispielen insbesondere die Bedeutung und Qualität von strukturierten Perspektivwechseln und systemischem Denken in Zusammenhang mit der Entwicklung und Produktion nachhaltiger Gebrauchsgüter lernen. Das Verständnis von Abläufen und Prozessen natürlicher Systeme, wie es durch die Bionik vermittelt wird, öffnete hier wesentliche den Betrachtungs- und Verständnishorizont.

Dazu wurde über verschiedene Lehrformate und -module mithilfe bionischer Beispiele und Prinzipien jungen Menschen vermittelt, wie sie selbst im Rahmen ihrer Berufswahl und -ausübung aktiv mitgestaltender Teil einer lebenswerten „grünen“ Zukunft werden können. Dafür wurden Lehrformate wie modulare Unterrichtseinheiten, Projektarbeiten und Projektwochen sowie Summer Schools für akademische und vor allem nicht-akademische Ausbildungswege entwickelt und exemplarisch an einer der größten berufsbildenden Schulen, bei einem Fachkräfte-Entwickler der Industrie bzw. in Fall der Summer Schools mit Partnerhochschulen durchgeführt. Neben der internen Selbstevaluation von Prozess- und Outputindikatoren (Monitoring), fand im Hinblick auf die Erreichung der Projektziele eine externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation über eine Auswahl der entwickelten Bildungsmaßnahmen statt. Alle entwickelten Lehrformate wurden mehrfach in der Praxis erprobt und dann weiteren berufsbildenden Schulen und Ausbildungsträgern zur Verfügung gestellt, um sie in der Berufsausbildung zu verankern.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Insgesamt wurden acht Unterrichtseinheiten entwickelt und mehrfach an den Berufsbildenden Schulen Burgdorf, die als Modellschule zur Verfügung stand in der Praxis erprobt. Eine der Unterrichtseinheiten wurde in vereinfachter Sprache geschrieben. Zwei der Module wurden in der Nachbewilligungsphase für Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf entwickelt und erprobt.

Neben den Unterrichtseinheiten wurde eine modellhafte, übertragbare Projektwoche für die Anwendung an Berufs(fach)schulen entwickelt, erprobt und optimiert; sie wurde mehrfach an der BBS-Burgdorf durchgeführt und hat sich dort inzwischen als Standardangebot etabliert. In Kooperation mit der Proovadis Hochschule Frankfurt wurden drei Lehrformate für die Fachkräfteausbildung in der Industrie mitgestaltet.

Die entwickelte Summer School wurde viermal an drei Hochschulen durchgeführt. Wegen der Corona-Pandemie wurde die vierte Summer School komplett online organisiert und durchgeführt. Die erste Summer School wurde mit dem „Albrecht Fürst zu Castell-Preis für Nachhaltiges Handeln“ ausgezeichnet.

Für Lehrkräfte wurden drei externe und vier BBS-interne Fortbildungen durchgeführt. Zuvor hat BIOKON sich als offizieller Anbieter beim Niedersächsischen Landesinstitut für schulische Qualitätsentwicklung (NLQ) akkreditiert. Die Veranstaltungen wurden als bedarfsgerecht und sehr gut bewertet.

Die Unterrichtseinheiten beginnen jeweils mit einem Überblick über die Lernziele sowie einer Einsatzempfehlung in Verbindung zum Lehrplan. Sie wurden so aufbereitet, dass sie fächerübergreifend und ohne aufwändige Vorbereitung von Lehrkräften im Unterricht eingesetzt werden können. Methodisch wechseln die Einheiten zwischen Textarbeit, Präsentation, Kurzfilmen und auch der Förderung psychomotorisch-instrumenteller Fähigkeiten. Die Materialien enthalten vertiefende Sachinformationen für die Lehrkräfte zu den Themen Bionik, Nachhaltigkeit und Systemisches Denken. Eine Anleitung für die Unterrichtsdurchführung ergänzt die Materialien, die zudem Arbeitsblätter inklusive Lösungen, Kopiervorlagen sowie eine PDF-Folien-Präsentationen für den Unterricht enthalten. Das komplette Paket der Unterrichtseinheiten wurde zum kostenfreien Download online bereitgestellt (<https://www.biokon.de/service/downloads/infomaterial/>). Inhalte und Ergebnisse der Summer School wurden in einen Massive Open Online Course (MOOC) umgewandelt und ebenfalls online gestellt (<https://youtu.be/Gno8jtrq8NA>). Der Kurs stellt exemplarisch dar, wie eine Summer School konzeptionell aufgebaut und praktisch durchgeführt werden kann (Blaupause). Für den MOOC wurden Filmaufnahmen der Vorträge und Beiträge der Studierenden aufgenommen.

Um die Frage zu beantworten, ob BIOKON und GEA durch ihren Input die gewünschte Wirkung auf Wissen, Einstellung, Selbstwirksamkeit und Motivation der jugendlichen Zielgruppe erzielen, wurde das Projekt begleitend intern und extern evaluiert. Für die externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation wurde in Zusammenarbeit mit der e-fect dialog evaluation consulting e.G. je ein – ebenfalls weitergabefähiges - Erhebungsinstrument für die Unterrichtseinheiten an Berufs(fach)schulen und eines für die Projektwochen bzw. die Summer Schools entwickelt. Die Befragungen sahen anonym erhobene Selbstauskünfte der Schülerinnen, Schüler und Studierenden vor. Die Ergebnisse ergaben ein sehr positives Bild, sowohl im Hinblick auf das allgemeine Erleben als auch auf das Erreichen der Wirkungsziele.

Alle erarbeiteten Materialien sowie die Evaluationsdaten einschließlich der Erhebungsinstrumente sind dem Abschlussbericht beigefügt.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Über das Projekt wurde regelmäßig in den sozialen Medien berichtet und es fand eine Berichterstattung in der Presse statt. Schülerinnen und Schüler der BBS Burgdorf stellten das Projekt bei verschiedenen schul-internen Veranstaltungen, wie beispielsweise dem Tag der offenen Tür, vor und präsentierten es auch bei externen Veranstaltungen, wie beispielsweise auf dem Stand von BIOKON und GEA auf der IdeenExpo 2019 in Hannover. Zudem nahmen mehrere Schülergruppen der Modellschule basierend auf den Ergebnissen der Projektwochen mit einer bionisch inspirierten Produktidee erfolgreich am Existenzgründer-Planspiel Deutscher Gründerpreis sowie am Entrepreneur-Planspiel TOPSIM®-Startup teil.

## **Fazit**

Die projektierten Arbeiten sind plangemäß verlaufen und abgeschlossen. Alle Meilensteine wurden erreicht. Die Projektziele wurden wie geplant und in vollem Umfang erreicht, was die interne Selbstevaluation von Prozess- und Outputindikatoren und die externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation belegen.



## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	5
2	Ziel und Anlass des Projektes .....	6
3	Projektergebnisse .....	7
3.1	Lehrmodule 1: Modulare Unterrichtseinheiten .....	8
3.2	Nachbewilligung: Lehrformat für den Bereich der Berufseinstiegsschulen .....	11
3.3	Lehrmodule 2: Projektarbeiten / Projektwochen.....	13
3.4	Einbindung der Lehrmodule 1 und 2 im Bereich der dualen Aus- und Weiterbildung.....	14
3.5	Lehrerfortbildungen .....	15
3.6	Fachkräfte-Ausbildung für die Industrie.....	17
3.7	Summer Schools .....	18
3.8	Evaluation (intern und extern) .....	21
3.8.1	Interne Evaluation .....	22
3.8.2	Externe Evaluation .....	22
3.9	Öffentlichkeitsarbeit und Spin-offs .....	32
4	Fazit.....	34
5	Anhang .....	35
5.1	Entwickelte Unterrichtseinheiten.....	35
5.2	PDF-Folien-Präsentation als Begleitmaterial für die Lehrenden .....	186
5.3	Anleitung Summerschool Präsenzformat .....	197
5.4	Anleitung Summerschool Online-Format .....	203
5.5	Evaluation: Fragebogen .....	210
5.6	Evaluation der Unterrichtseinheiten .....	216
5.7	Evaluation der Projektwoche .....	219



## 1 Zusammenfassung

Um mit Hilfe der Bionik systemisches Denken stärker in die berufliche Bildung zu integrieren, haben die Projektpartner Lehrformate wie modulare Unterrichtseinheiten, Projektwochen und Summer Schools entwickelt, die an verschiedenen Berufsbildungseinrichtungen und Hochschulen angeboten und durchgeführt wurden. Alle Formate wurden zur Weitergabe zielgruppengerecht aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Für Lehrkräfte und andere Multiplikatoren fanden zudem mehrere Fortbildungen statt.

Insgesamt wurden acht Unterrichtseinheiten entwickelt und mehrfach an den Berufsbildenden Schulen Burgdorf, die als Modellschule zur Verfügung stand in der Praxis erprobt. Eine der Unterrichtseinheiten wurde in vereinfachter Sprache geschrieben. Zwei der Module wurden im Rahmen einer Nachbewilligung für Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf entwickelt und erprobt.

Das Feedback der Schülerinnen und Schüler sowie anderer Lehrkräfte, welche die Unterrichtseinheiten testeten, floss in die kontinuierliche Optimierung ein. In allen Unterrichtseinheiten wurde jeweils systemisches Denken zur Gestaltung nachhaltiger Gebrauchsgüter anhand von Beispielen aus der Bionik vermittelt. Es wurden weitergabefähige Unterrichtsmaterialien erstellt, die unter anderem im Rahmen von drei externen und vier BBS-internen Lehrer\*innen-Fortbildungen weitergegeben und in der Folge in anderen Schulen nicht nur in Niedersachsen, sondern auch noch in weiteren Bundesländern wie Berlin und Nordrhein-Westfalen verwendet werden. Die Materialien können kostenfrei auf der BIOKON-Homepage heruntergeladen werden.

Die drei projektierten, externen Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer erfolgten, nachdem sich BIOKON als offizieller Anbieter beim Niedersächsischen Landesinstitut für schulische Qualitätsentwicklung (NLQ) akkreditiert hatte. Die Veranstaltungen wurden von den Teilnehmenden als bedarfsgerecht und sehr gut bewertet.

Bei den beiden Unterrichtseinheiten für Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf stand das Team Sozialpädagogik der BBS Burgdorf beratend zur Verfügung, so dass deren Arbeitskreise als Fortbildungs- und Multiplikationsplattform genutzt werden konnten. Auch diese Veranstaltungen wurden von den Teilnehmenden sehr gut bewertet.

Neben den Unterrichtseinheiten wurde eine modellhafte, übertragbare Projektwoche für die Anwendung an Berufs(fach)schulen entwickelt, erprobt und optimiert; sie wurde mehrfach an der BBS-Burgdorf durchgeführt und hat sich dort inzwischen als Standardangebot etabliert. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten dabei anhand praktischer Beispiele, wie sie verschiedene Gebrauchsgüter mit Hilfe bionischer Innovationen nachhaltiger gestalten können. Auch dieses konzipierte Lehrmodul steht inklusive eines Ablaufplans für die Weitergabe an andere Schulen bereit.

In Kooperation mit der Provalid Hochschule Frankfurt wurden drei Lehrformate für die Fachkräfteausbildung in der Industrie mitgestaltet. Die GEA betreute dabei unter anderem im Rahmen des Climate-KIC-Programms acht „Climate Pioneers“, die so für einen Monat Erfahrung in einem deutschen Unternehmen sammeln konnten.

Die entwickelte Summer School wurde viermal an drei Universitäten bzw. Hochschulen durchgeführt. Wegen der Corona-Pandemie wurde die vierte Summer School komplett online organisiert und durchgeführt. Insgesamt haben über 90 Studierende aus 18 verschiedenen Universitäten und über 30



verschiedenen Fachrichtungen an dem Programm teilgenommen, was zu einem wertvollen interdisziplinären Austausch führte. Durch ein regelmäßiges internes Feedback sowie eine externe Evaluierung konnten Erfahrungen kontinuierlich in die neuen Planungen einfließen und die Wirksamkeit des Programms (gemessen an den Projektzielen) belegt werden.

Die erste Summer School wurde von der Universität Würzburg mit dem „Albrecht Fürst zu Castell-Preis für Nachhaltiges Handeln“ ausgezeichnet. Aus allen vier Summer Schools sind auf Initiative der Teilnehmenden Netzwerkgruppen entstanden, die sich über den Veranstaltungszeitraum hinaus zu verschiedenen Themen austauschen und Aktivitäten koordinieren.

Die Summer School an der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung in Eberswalde und die virtuelle Summer School 2020 wurden genutzt, um die Inhalte zusätzlich später einem größeren Teilnehmer\*innenkreis zugänglich zu machen. Die Inhalte und Ergebnisse wurden dazu in einen Massive Open Online Course (MOOC) umgewandelt. Der Kurs stellt exemplarisch dar, wie eine Summer School konzeptionell aufgebaut und praktisch durchgeführt werden kann (Blaupause). Für den MOOC wurden Filmaufnahmen der Vorträge und Beiträge der Studierenden aufgenommen.

Um die Frage zu beantworten, ob BIODON und GEA durch ihren Input die gewünschte Wirkung auf Wissen, Einstellung, Selbstwirksamkeit und Motivation der jugendlichen Zielgruppe erzielen, wurde das Projekt begleitend intern und extern evaluiert.

Für die externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation wurde in Zusammenarbeit mit der e-fect dialog evaluation consulting e.G. je ein Erhebungsinstrument für die Unterrichtseinheiten an Berufs(fach)-schulen und eines für die Projektwochen bzw. die Summer Schools entwickelt. Die Befragungen sahen anonym erhobene Selbstauskünfte der Schülerinnen, Schüler und Studierenden vor; sie wurden mit der BBS Burgdorf abgestimmt und die Durchführung von der Niedersächsischen Landes-schulbehörde genehmigt. An den Hochschulen war eine solche Genehmigung nicht notwendig. Die genannten entwickelten Lehrformate wurden evaluiert. Die Ergebnisse ergaben ein sehr positives Bild, sowohl im Hinblick auf das allgemeine Erleben als auch auf das Erreichen der Wirkungsziele.

Über das Projekt wurde regelmäßig in den sozialen Medien berichtet und es fand eine Bericht-erstattung in der Presse statt. Schülerinnen und Schüler der BBS Burgdorf stellten das Projekt bei verschiedenen schulinternen Veranstaltungen, wie beispielsweise dem Tag der offenen Tür, vor und präsentierten es auch bei externen Veranstaltungen, wie beispielsweise auf dem Stand von BIODON und GEA auf der IdeenExpo 2019 in Hannover. Zudem nahmen mehrere Schülergruppen der Modellschule basierend auf den Ergebnissen der Projektwochen mit einer bionisch inspirierten Produktidee erfolgreich am Existenzgründer-Planspiel Deutscher Gründerpreis sowie am Entrepreneur-Planspiel TOPSIM®-Startup teil.

Die projektierten Arbeiten sind plangemäß verlaufen und abgeschlossen. Alle Meilensteine wurden erreicht; die Projektziele wurden wie geplant und in vollem Umfang erreicht.

## **2 Ziel und Anlass des Projektes**

Ziel des Projekts war es, mit Hilfe der Bionik systemisches Denken stärker in die berufliche Bildung zu integrieren. Nachwuchskräfte sollen bereits in ihrer Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen vertraut gemacht werden, damit sie die für eine zukunftsfähige Wirtschaftsweise



nötigen Kompetenzen in die Unternehmen tragen und die nachhaltige Entwicklung und Gestaltung von Gebrauchsgütern sowie deren breite Akzeptanz in Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben.

Die junge Zielgruppe lernte im Rahmen dieses Projekts ausgehend von faszinierenden Bionik-Beispielen insbesondere die Bedeutung und Qualität von strukturierten Perspektivwechseln und systemischem Denken in Zusammenhang mit der Entwicklung und Produktion nachhaltiger Gebrauchsgüter. Das Verständnis von Abläufen und Prozessen natürlicher Systeme, wie es durch die Bionik vermittelt wird, öffnete hier wesentlich den Betrachtungs- und Verständnishorizont.

Dazu wurde über verschiedene Lehrformate und -module mithilfe bionischer Beispiele und Prinzipien jungen Menschen vermittelt, wie sie selbst im Rahmen ihrer Berufswahl und -ausübung aktiv mitgestaltender Teil einer lebenswerten „grünen“ Zukunft werden können. Dafür wurden Lehrformate wie modulare Unterrichtseinheiten, Projektarbeiten und Projektwochen sowie Summer Schools für akademische und vor allem nicht-akademische Ausbildungswege entwickelt und exemplarisch an einer der größten berufsbildenden Schulen, bei einem Fachkräfte-Entwickler der Industrie bzw. in Fall der Summer Schools mit Partnerhochschulen durchgeführt. Neben der internen Selbstevaluation von Prozess- und Outputindikatoren (Monitoring), fand im Hinblick auf die Erreichung der Projektziele eine externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation über eine Auswahl der entwickelten Bildungsmaßnahmen statt. Alle entwickelten Lehrformate – bis dato gibt für berufsbildende Schulen zum Thema Bionik keine vergleichbaren Angebote – wurden mehrfach in der Praxis erprobt und dann weiteren berufsbildenden Schulen und Ausbildungsträgern zur Verfügung gestellt, um sie in der Berufsausbildung zu verankern.

Im Laufe des Projektes entwickelte sich eine zusätzliche Nachfrage, das Thema ergänzend zu den bisherigen Zielgruppen auch für Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf aufzubereiten. Im Rahmen einer Nachbewilligung wurden deshalb zwei weitere Lehrformate entwickelt und mehrfach erprobt, die an Schulen neben dem Unterricht nun auch im Bereich der Sozialpädagogik genutzt und somit durch Lehrerinnen und Lehrer wie auch Sozialpädagoginnen und Sozialpädagogen multipliziert werden.

### **3 Projektergebnisse**

Modellschule für die Durchführung des praxisnahen Projekts waren die Berufsbildenden Schulen (BBS) Burgdorf. Die BIONIKON-Mitarbeiterin Kerstin Kuhlmann unterrichtete gleichzeitig auch an der BBS Burgdorf. Dies war eine wichtige Voraussetzung für die gelingende Umsetzung der projektierten Ziele.

Mit dem Projektstart am 06.10.2016 wurde an der BBS Burgdorf das Schulform- und Fachbereich übergreifende „Projektteam Lehrkräfte“ gegründet. Dieses bestand aus Lehrkräften, die nicht nur in unterschiedlichen Unterrichtsfächern wie zum Beispiel Biologie, Physik, Werte und Normen, sondern auch im Rahmen unterschiedlicher Berufszweige aus den Bereichen Wirtschaft und Technik unterrichten. Auch nach Entwicklung und Erprobung der Unterrichtsinhalte wurde im Projektzeitraum weiterhin kontinuierlich zusammengearbeitet. So setzten die Lehrkräfte beispielsweise die Materialien im eigenen Unterricht ein.



Um auch die Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler (SuS) bereits bei der Planung der modularen Unterrichtseinheiten und der Projektarbeiten / Projektwochen einzubinden, wurde an der BBS Burgdorf zudem das „Projektteam SuS“ ins Leben gerufen. Insgesamt unterstützen während der gesamten Laufzeit drei Schülerteams das Projekt. Außerschulisch engagierten sich im Rahmen des Projektteams SuS somit mehr als 20 Schülerinnen und Schüler, und das obwohl sie oftmals bis zur achten Stunde regulär Unterricht hatten. Dies unterstreicht, dass die Bionik ein Thema ist, mit dem junge Menschen begeistert werden können. Die Jugendlichen unterstützten im Berichtszeitraum BIOKON beispielsweise auf verschiedenen Messen wie der IdeenExpo und Berufsorientierungsveranstaltungen. Durch diesen Peer-Education-Ansatz erfuhren andere Jugendliche von dem Projekt „Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“ und den Projektinhalten.

Obwohl die Mitglieder der ersten zwei Projektteams SuS inzwischen nicht mehr an der BBS Burgdorf sind, besteht weiterhin ein guter Kontakt zu ihnen, so dass sie das Projekt auch weiterhin freiwillig beispielsweise bei Messen unterstützen. Zudem fungieren sie inzwischen sogar schon als Multiplikatoren. So hat beispielsweise ein ehemaliger Schüler das Projekt in seiner Berufsschulklasse vorgestellt. Eine weitere Schülerin, die gerade ein Lehramtsstudium macht, hat das Projekt und die Projektergebnisse im Rahmen ihrer Studiengruppe vorgestellt.

### **3.1 Lehrmodule 1: Modulare Unterrichtseinheiten**

In diesem Arbeitspaket wurden modular einsetzbare Unterrichtseinheiten für verschiedene Schulformen und Unterrichtsfächer entwickelt, in der Praxis mehrfach an der BBS Burgdorf aber auch an anderen Schulen wie beispielsweise der BBS 1 Aurich erprobt, den Anregungen von Lehrkräften und Jugendlichen entsprechend angepasst und grafisch aufbereitet, so dass sie anderen Multiplikatoren zu Verfügung gestellt werden konnte. Hierbei dienten gängige Formate als Vorlage, so dass sie den künftigen Multiplikatorinnen und Multiplikatoren vertraut sind.

Insgesamt wurden sechs Unterrichtsmodule entwickelt und mehrfach erprobt. Davon wurde eine Unterrichtseinheit auch in vereinfachter Sprache geschrieben. Die Unterrichtseinheiten beginnen jeweils mit einem Überblick über die Lernziele sowie einer Einsatzempfehlung in Verbindung zum Lehrplan. Dabei können die Materialien nicht nur in einem Fach, sondern in unterschiedlichen Fächern genutzt werden. Zudem enthält das Material vertiefende Sachinformationen für die Lehrkräfte zu den Themen Bionik, Nachhaltigkeit und Systemisches Denken. Eine Anleitung für die Unterrichtsdurchführung ergänzt die Materialien, die zudem Arbeitsblätter inklusive Lösungen und Kopiervorlagen enthalten. Dadurch wurde der Vorbereitungsaufwand für die Lehrkräfte minimiert, so dass das Material zum Beispiel auch unproblematisch in einer Vertretungsstunde genutzt werden kann. Damit auch die Schülerinnen und Schüler einen schnellen Überblick über die die Begriffe Bionik, Nachhaltigkeit und Systemisches Denken bekommen, wird das Schülermaterial durch einen Brief von Schülern für Schüler ergänzt. Diesen Brief haben zwei Mitglieder des Projekt Teams SuS verfasst, so dass dieser auch authentisch ist.

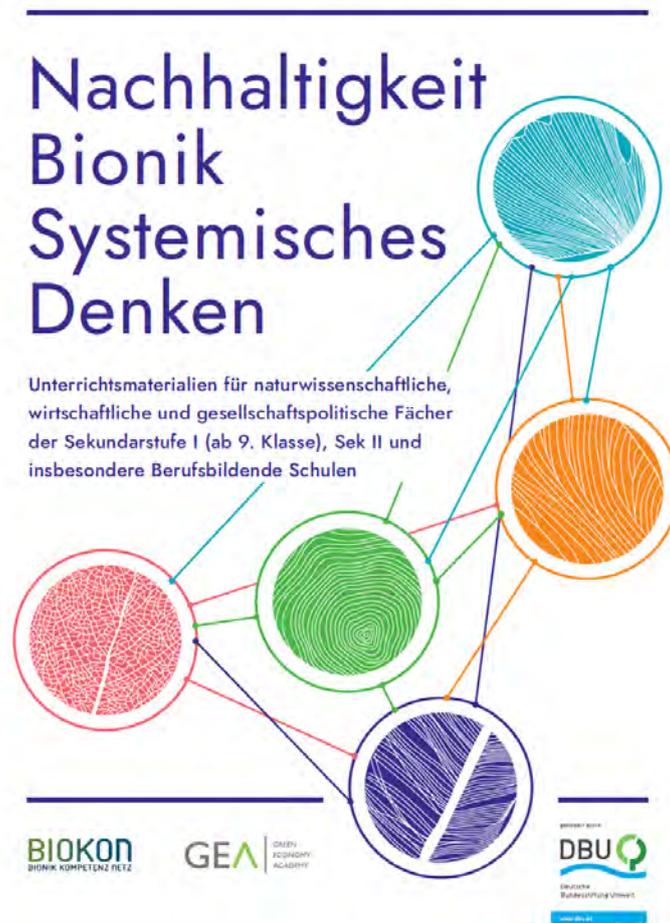


Abbildung 1: Die entwickelten Unterrichtsmaterialien sind im Anhang beigefügt. Sie können in elektronischer Form weitergegeben werden und stehen auch zum Download bereit.

Die **Unterrichtseinheit „Bionik und Nachhaltigkeit“** verschafft den Teilnehmenden einen Überblick darüber, was Bionik ist und wie sie bei der Gestaltung nachhaltiger Gebrauchsgüter helfen kann. Systemisches Denken wird hier am Beispiel der Anpasstheit ausgewählter Pflanzen an ihren Lebensraum deutlich gemacht.

In der **Unterrichtseinheit „Fahrrad – Eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung“** steht die Betrachtung des „Systems Fahrrad“ aus verschiedenen Blickwinkeln der Nachhaltigkeit im Mittelpunkt. Die Schülerinnen und Schüler lernen im Rahmen dieser Unterrichtseinheit ein bionisches Anwendungsbeispiel zur Materialersparnis bei mindestens gleichbleibender Stabilität („Optimierungsmethode der Zugdreiecke“ nach Mattheck) kennen. Ergänzt wird die Unterrichtseinheit durch Vorschläge für Schwerpunkterweiterungen speziell für die Fächer Biologie, Technik und Wirtschaft.

Um auch den sozialen Aspekt mit dem Schwerpunkt Gesundheit in den Unterrichtseinheiten aufzugreifen, wurden zwei weitere Unterrichtseinheiten in enger Abstimmung mit einer Lehrkraft für Werte und Normen entwickelt. Die hierbei entstandenen beiden Unterrichtseinheiten können



sowohl einzeln als auch aufeinander aufbauend in verschiedenen Fächern genutzt werden. In der **Unterrichtseinheit „Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen“** steht die Betrachtung des „Systems Mensch“ am Beispiel Arm- und Beinprothesen im Mittelpunkt. Die Lernenden lernen die Lebensläufe von zwei jungen Menschen kennen, die ganz unterschiedlich mit ihrer Behinderung umgehen. Als bionisches Beispiel diente die „Michelangelo-Hand“ von Ottobock. Die **Unterrichtseinheit „Prothetik und Ethik 2: Technische Innovationen für Umwelt und Gesundheit – wie weit dürfen wir gehen?“** wurde entwickelt, um die Sensibilisierung der Teilnehmenden zu fördern, mögliche Risiken und Folgen ihres Handelns einzuschätzen zu können. Hierbei wird systemisches Denken durch Perspektivwechsel im Rahmen einer fiktiven Ethikkommission gefördert. Bionisches Beispiel ist das Cochlea-Implantat.

Da das Thema Plastik derzeit auch ein aktuelles Thema an Schulen ist, wurde die **Unterrichtseinheit „Plastik in Kleidung: Nutzen, Umweltprobleme, Lösungen“** am Beispiel Kleidung entwickelt, da dies ein Gebrauchsgegenstand, der die Zielgruppe besonders anspricht. In dieser Unterrichtseinheit lernen die Schülerinnen und Schüler Vor- und Nachteile der industriellen Verwendung von Plastik bei der Kleiderherstellung kennen. Systemisches Denken wird durch die Bewertung unterschiedlicher Ansatzpunkte der Plastikmüllvermeidung gefördert. Hierzu erstellen die Schülerinnen und Schüler aufgrund eigener Recherchen einen Blog-Beitrag. Als bionisches Beispiel dient ein Filter zur Trennung von Mikroplastik, der von einer jungen Forscherin entwickelt wurde. Für diese Unterrichtseinheit wurde mit der Forscherin ein Interview geführt. Die Ergebnisse des Interviews wurden als Material in die Unterrichtseinheit eingebunden.

**„Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen“** verdeutlicht den Lernenden die Arbeitsweise der Bionik ausgehend vom Smartphone bis hin zum Motorradhelm. Aufbauend auf das Beispiel der Pomelo erarbeiten die Schülerinnen und Schüler anhand einzelner Arbeitsschritte, wie man die genannten Gebrauchsgegenstände bruchsfester und damit langlebiger machen kann. Hierbei werden auch die Systemgrenzen innerhalb der einzelnen Gebrauchsgegenstände betrachtet.

Die ausführlichen Unterrichtseinheiten sind als Anhang 5.1 beigelegt. Sie wurden als weitergabefähige Dokumente kostenlos anderen Schulen zur Verfügung gestellt. Ergänzt wird das Material durch eine begleitende PDF-Folien-Präsentation (Anhang 5.2). Sie erleichtert den Lehrkräften die Durchführung im Unterricht, da wichtige Bilder und Links bei Bedarf auf einer digitalen Tafel gezeigt werden können. Anfragen nach den Unterrichtsmaterialien kamen neben verschiedenen Schulen aus Niedersachsen wie beispielsweise der BBS 1 Aurich und der Caroline Herschel Schule Garbsen auch aus anderen Bundesländern wie beispielsweise der Gesamtschule Salzkotten in Nordrhein- Westfalen und dem Beethovengymnasium in Berlin. Zusätzlich wurden die Materialien beim „Lehrforum Bionik“ im Januar 2019 vorgestellt. Diese Veranstaltung wird von der Heinrich Netheler Stiftung und Festo Didactic SE einmal im Jahr durchgeführt. Teilnehmende des Forums kommen von unterschiedlichen Schulen im gesamten Bundesgebiet.

Im November 2019 erhielt BIONIKON die Anfrage, das Projekt mit den Materialien im Rahmen des Bundeskongresses MNU 2020 (Verband der Förderung des MINT-Unterrichts) in Bingen in Form eines Workshops vorzustellen. Die Veranstaltung vom 15. bis 18. April 2020 wurde allerdings aufgrund der Pandemie seitens des Veranstalters abgesagt. Sie soll aber nach Angaben der zuständigen Fachbeisitzerin für Technik im Landesverband Rheinland-Pfalz der MNU, Frau Schmelzer, nachgeholt



werden. In Absprache mit Frau Schmelzer wird BOKON auch nach Projektabschluss an der entsprechenden Veranstaltung teilnehmen, um das Projekt und die Ergebnisse anderen Lehrkräften zur Verfügung zu stellen.

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien werden auf der BOKON-Homepage zum kostenfreien Download angeboten (<https://www.biokon.de/service/downloads/infomaterial/>). Das Netzwerk Grüne Arbeitswelt und den Zeitbild-Stiftung sind weitere Distributionskanäle. Zudem werden die Materialien auch über den Verteiler der BBS Burgdorf verbreitet.

Die **Meilensteine** wurden termingerecht erreicht.

### **3.2 Nachbewilligung: Lehrformat für den Bereich der Berufseinstiegsschulen**

In der zweiten Schuljahreshälfte 2018/19 wurde das Projekt „Bionik in der beruflichen Bildung“ zusätzlich auch in einer Berufseinstiegsklasse mit dem Schwerpunkt Metall- und Fahrzeugtechnik ergänzend zum Fachpraxisunterricht im Theorieunterricht erfolgreich eingesetzt. Diese berufsbezogenen Lernbereiche dieser Schulform beziehen sich auf Bildungsinhalte aus den entsprechenden Ausbildungsberufen in der Metall- und Fahrzeugtechnik. Schülerinnen und Schüler der Berufseinstiegsklasse haben häufig keinen Schulabschluss, sind aber noch schulpflichtig. Sie werden in den weiterführenden Schulen auf eine Berufsausbildung vorbereitet und haben teilweise die Möglichkeit, einen Hauptschulabschluss nachzuholen. Zwar zeigten die Schülerinnen und Schüler ein großes Interesse an dem Thema Bionik und zugleich auch die Bereitschaft, komplexere Sachverhalte verstehen zu wollen, allerdings stellte sich bei der Erprobung der Unterrichtsmaterialien heraus, dass die Ziele und das Vermittlungskonzept auf diese Zielgruppe angepasst werden mussten.

Der erfolgreiche Projektverlauf hatte somit eine zusätzliche Nachfrage für eine spezielle, zusätzliche Zielgruppe generiert – Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf. Dabei handelt es sich unter anderem um Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund und solche mit familiären oder psychischen Problemen (eine größer werdende Gruppe). Dies knüpfte an einen gutachterlichen Hinweis an, der im Projekt bereits umgesetzt wurde, bedeutete aber eine darüber hinaus gehende inhaltliche und konzeptionelle Weiterentwicklung. Die Ergebnisse der Testphase waren äußerst vielversprechend und auch die begleitenden Sozialpädagoginnen und Sozialpädagogen sowie die Schulleitung der Partnerschule in Burgdorf sahen hierin einen modellhaften Ansatz, der in besonderer Weise geeignet war, diese sehr schwierig zu beschulende Zielgruppe zu erreichen, noch dazu für dieses wichtige Zukunftsthema. Umweltschutz und Sozialpolitik gehen hier Hand in Hand. Die genannte Zielgruppe ist per se schwer zu erreichen; für die Nachhaltigkeitsthematik gilt dies umso mehr. Die Vorarbeiten zeigten, dass BOKON mit dem Projektansatz und den beteiligten Akteuren sehr gute Möglichkeiten in der Hand hatte, hier einen wesentlichen Fortschritt zu initiieren und auch soziokulturelle Barrieren zu überwinden.

Die unter Punkt 3.1. beschriebenen sechs entwickelten Unterrichtseinheiten wurden überwiegend für Schülerinnen und Schüler entwickelt, die sich in einer Ausbildung befinden oder das Ziel der Hochschulreife verfolgen. Es hatte sich gezeigt, dass nur das Umschreiben der Unterrichtseinheiten in eine einfache Sprache alleine nicht reicht, um die Schülerinnen und Schüler der neuen Zielgruppe zu erreichen. Vielmehr musste bei dieser Zielgruppe das Angebot kleinteiliger strukturiert und damit stärker aufeinander aufbauend sein, um so die Konzentrationsfähigkeit, das gemeinsame Arbeiten und letztendlich das systemische Denken zu fördern. Ergänzend zu den bisherigen Unterrichts-



einheiten wurden daher im Rahmen der Nachbewilligung zwei weitere Unterrichtseinheiten für Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf entwickelt. Diese wurden im Gegensatz zu den ersten sechs Materialien gemeinsam mit dem Team Sozialarbeit der BBS Burgdorf entwickelt, so dass sie später nicht nur im Unterricht, sondern auch im Bereich der sozialpädagogischen Arbeit eingesetzt werden können.

Um eine möglichst große Bandbreite an Schülerinnen und Schüler zu erreichen, war auch hier die Entwicklung eines Lehrformates wichtig, das unkompliziert in mehreren Fachbereichen eingesetzt werden kann. Daher wurden Unterrichtseinheiten in Zusammenarbeit mit den Fachrichtungen Metallbau und Kraftfahrzeugtechnik sowie Ernährung und Gesundheit entwickelt und erprobt.

Hierdurch konnten thematisch zwei unterschiedliche Einheiten entwickelt werden, die beide jedoch die unterschiedlichen Interessensgruppen gleichermaßen ansprechen. In der **Unterrichtseinheit „Bienen: interessant, schützenswert und nützlich für Wirtschaft und Technik“** erfahren die Schülerinnen und Schüler mehr über die Bienen und ihren Nutzen für uns Menschen, sowie Gefährdung und Schutz dieser Tierart. Hierbei beschränkt sich die Unterrichtseinheit nicht nur auf die klassischen Produkte wie Honig und die Funktion der Bienen als Bestäuber von Pflanzen, sondern betrachtet auch den technischen Teil über das bionische Beispiel der Wabenstrukturen. Die Lernenden erarbeiten hierbei, wie diese Struktur bei der Gestaltung nachhaltiger Gebrauchsgüter helfen kann. Gleichzeitig wurde in dieser Unterrichtseinheit ein Element aus der Berufsorientierung eingebaut, bei dem die Lernenden u.a. ihre Fingerfertigkeit ausprobieren können.

Die **zweite Unterrichtseinheit für den Bereich der Berufseinstiegsschulen** beschäftigt sich mit dem Thema **„Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt“**. Zwar wurde bereits eine Unterrichtseinheit zu dem Thema entwickelt, aber hier waren die Schwerpunkte und Herangehensweise für die neue Zielgruppe eine andere. In dieser Unterrichtseinheit lernen die Schülerinnen und Schüler Natur als Vorbild für Prothesen und Roboter kennen. Dabei liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf dem sozialen Aspekt (Schwerpunkt Gesundheit) der Nachhaltigkeit. Zum einen wurde das Thema Prothesen und wie sie Menschen helfen können betrachtet, zum anderen wurden die Interaktionen zwischen Mensch und Maschine (Roboter) näher betrachtet, und Vorteile für die Gestaltung nachhaltiger Gebrauchsgüter herausgearbeitet.

Die detaillierten Unterrichtseinheiten finden sich in Anhang 5.1.

Seit Februar 2020 unterrichtete BIONIKON-Mitarbeiterin Kerstin Kuhlmann auch im Rahmen der Berufsschule für Jugendliche mit Behinderungen das berufsbezogene Lernfeld Theorie mit den Schwerpunkten Hauswirtschaft und Holztechnik in der Lebenshilfe Peine-Burgdorf. Diese Gelegenheit nutzte BIONIKON, um das Thema Bionik in der beruflichen Bildung auch in dieser Schülergruppe zu adressieren. Unterstützt wurde sie hierbei durch die Fachlehrerin für Holztechnik Frau Anne Frick<sup>1</sup>. Die Schülerinnen und Schüler waren im Rahmen ihrer Möglichkeiten sehr engagiert, so dass sich

---

<sup>1</sup> Hintergrund: Die Lebenshilfe Peine-Burgdorf bietet einen eigenständigen Berufsbildungsbereich (BBB) an. Hierdurch wird Menschen mit unterschiedlichen Behinderungen eine berufliche Teilhabe ermöglicht. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer qualifizieren sich in diesem Bildungsbereich in einem Zeitraum von 27 Monaten entsprechend ihrer kognitiven und körperlichen Fähigkeiten. Die Inhalte der beruflichen Bildung sind in Rahmenplänen festgelegt und orientieren sich an anerkannten Ausbildungsberufen, daher findet der Berufsschulunterricht an den BBS Burgdorf statt. (<https://www.lhpb.de/werkstaetten/berufsbildung-und-qualifizierung/22.03.2020>)



BIOKON nach Absprache mit der Unterrichtsleitung entschieden hatte, das Thema „Bionik in der beruflichen Bildung“ nach den Osterferien 2020 zusätzlich auch hier umzusetzen. Allerdings wurde hierfür kein weitergabefähiges Material erstellt, da eine Themen- und Methodenauswahl lerngruppenspezifisch gewählt werden muss, um den Aufbau von Lernmotivation, die Mobilisierung von Lerntätigkeit, Aufschließung des Themas, Steuerung von Denkstrategien, Gewinnung von Lernresultaten, Sicherung von Lernresultaten zu gewährleisten.

Im Rahmen der Nachbewilligung für die Entwicklung von Lehrformaten für den Bereich der Berufseinstiegsschulen wurden ebenfalls Fortbildungen projektiert und entsprechend durchgeführt. Hierfür nutzte BIOKON die gute Vernetzung der Sozialpädagoginnen und Sozialpädagogen in der Region und die entsprechenden regelmäßig stattfindenden Arbeitskreise und Dienstbesprechungen der Sozialarbeiterinnen und Sozialarbeiter. So wurden beispielsweise im Dezember 2019 die Fortführung des Projekts dem „Qualitätszirkel Berufseinstiegsschule“ und Anfang Februar 2020 erste Ergebnisse bei einer Dienstbesprechung vorgestellt. Die als Modellschule beteiligte BBS Burgdorf war Gastgeber der Veranstaltungen, an denen Sozialpädagoginnen und Sozialpädagogen aus der Region Hannover teilnahmen. Aufgrund der Corona-Pandemie konnten weitere Fortbildungen nicht stattfinden. Nach Absprache mit dem Team Sozialarbeit, wird der für April 2020 geplante Arbeitskreis voraussichtlich im Dezember 2020 stattfinden. Hierbei werden die Projektergebnisse vorgestellt. Die Sozialpädagoginnen und Sozialpädagogen sind im Bereich der Berufseinstiegsschule wichtige Ansprechpartner nicht nur für Schülerinnen und Schüler, sondern auch für die Lehrkräfte und übernehmen somit eine wichtige Multiplikationsfunktion für die Verbreitung der Lehrmaterialien.

Obwohl während der zentralen Phase der Projektverlängerung die Corona-Pandemie im Jahr 2020 die Arbeiten erschwerte, konnten alle projektierten **Meilensteine** nicht zuletzt aufgrund der guten Kooperation mit der Modellschule BBS Burgdorf erreicht werden.

### 3.3 Lehrmodule 2: Projektarbeiten / Projektwochen

In diesem Arbeitspaket wurde eine modellhafte, übertragbare Projektwoche für die Anwendung an Berufs(fach)schulen entwickelt. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten dabei an praktischen Beispielen, wie sie verschiedene Gebrauchsgüter mit Hilfe bionischer Innovationen nachhaltiger machen können. Die Betrachtung wurde ausgeweitet auf den gesamten Produktlebenszyklus. Die Schülerinnen und Schüler konnten dabei verschiedene Optionen etwa in der Lieferkette, in Marketing- und Kommunikation bis hin zum Vertrieb und den damit verbundenen Effekten auf Natur und Umwelt erleben.

Der **Meilenstein**, im Schuljahr 2016/2017 in der letzten Woche vor den Sommerferien mit Schüler\*innen der 12. Klasse des beruflichen Gymnasiums der BBS Burgdorf eine Projektarbeit zum Thema Bionik durchzuführen, wurde, wie im ersten Zwischenbericht ausführlich dokumentiert, mit der Durchführung der ersten Projektwoche vor den Halbjahresferien bereits Ende Januar 2017 erreicht. Das Konzept der Projektwoche wurde nach den ersten Rückmeldungen von Lehrkräften, aber insbesondere der Jugendlichen überarbeitet und ergänzt, und wird seit dem Schulhalbjahr 2017/18 bis dato regelmäßig einmal im Schuljahr mit Schülerinnen der 11. oder 12. Klassen der beruflichen Gymnasien Wirtschaft und Technik durchgeführt. Über die Projektstage wurde regelmäßig in der Presse berichtet, so beispielsweise auch in Form eines ganzseitigen Zeitungsartikels in der Hannoverschen Allgemeinen Zeitung (<https://www.haz.de/Umland/Burgdorf/Nachrichten/Bionik->



[Projektwoche-an-den-Berufsbildenden-Schulen-Burgdorf](#)). Überdies wurde regelmäßig auf der Homepage der BBS Burgdorf und in den sozialen Medien der HAZ und von BIOKON über Facebook und Twitter berichtet.

Die Projekttage an der BBS Burgdorf haben sich inzwischen so etabliert, dass sie auch nach Projektabschluss weiterhin fester Bestandteil des Schullebens bleiben.

Um im Sinne der Multiplikation auch anderen Schulen das Konzept der Projekttage und Projektwochen zur Verfügung zu stellen, wurde ein entsprechender Leitfaden mit Arbeitsblättern entwickelt und in das „Unterrichtsmaterial Bionik in der beruflichen Bildung aufgenommen“. BIOKON-Mitarbeiterin Kerstin Kuhlmann steht Lehrkräften telefonisch beratend zur Verfügung, sodass beispielsweise die Projektwoche in gekürzter Form als Projekttag an der für Ludwig Windthorst Schule in Hannover (zertifizierte Schule für Ausbildungsförderung) umgesetzt wurde. BIOKON-Mitarbeiterin Kerstin Kuhlmann steht auch nach Projektabschluss weiterhin für Anfragen anderer Schulen zur Verfügung. Derzeit berät sie beispielsweise Lehrkräfte am Gymnasium Lehrte und der BBS Aurich, die, sobald es die aktuelle Corona-Lage erlaubt, ebenfalls Projekttage zu dem Thema durchführen möchten.



Abbildung 2: Berufsschüler\*innen der BBS Burgdorf präsentierten am 31.01.2018 in einer Pressekonferenz ihre mit Bionik optimierten Gebrauchsgüter zum Abschluss der Projektwoche. Optimiert wurden dabei eine Schampooflasche, ein Schirm, eine Tasse, ein Kleiderhaken sowie ein Büro-Stuhl.

### **3.4 Einbindung der Lehrmodule 1 und 2 im Bereich der dualen Aus- und Weiterbildung**

Die unter Punkt 3.1 genannten Unterrichtseinheiten und die Projekttage (Punkt 3.3) wurden ebenfalls in dem berufsbegleitenden Angebot für Auszubildende zum Erwerb ihrer Fachhochschulreife eingesetzt. Schülerinnen und Schüler dieser Schulform können parallel zur ihrer Berufs-



ausbildung die Fachhochschulreife erwerben, wenn sie zusätzlich an den Wochenenden das Angebot nutzen und die entsprechenden Prüfungen bestehen. Die damalige Klasse bestand aus 20 Schülerinnen und Schülern im Alter von 17 bis 28 Jahren. Ungefähr 30 % der Schülerinnen und Schüler hatten einen Migrationshintergrund. Die meisten von ihnen kamen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik, Landmaschinenteknik und Karosseriebau. Aber auch andere Berufsgruppen aus den wirtschaftlichen und medizinischen Bereichen waren vertreten.

Zusätzlich wurden die Inhalte der Lehrmodule 1 und 2 in Form von Impulsveranstaltungen für die Gestaltung nachhaltiger Gebrauchsgegenstände im Bereich der Ausbildung zum Zweiradmechatiker\*in Schwerpunkt Fahrradtechnik und im Bereich der Fortbildung zur/zum staatlich geprüften Techniker\*in Fachrichtung Fahrzeugtechnik vermittelt. Im Rahmen der Fortbildung zur/zum staatlich geprüften Techniker\*in Fachrichtung Fahrzeugtechnik werden zum Beispiel einjährige Projektarbeiten durchgeführt. In diesem Praxisteil sollen Problemstellungen gelöst und Ideen moderner Fahrzeugtechnik richtungsweisend und pragmatisch umgesetzt werden. Mit Hilfe der Impulsveranstaltungen, für die unter anderem auch BIONIKON-Vorstandsmitglied und seinerzeitiger studentischer Gründer des Bionik-Start-ups „Die Bioniker“, Markus Hollermann als Referent gewonnen wurde, konnte auf Nachhaltigkeitsaspekte und Lösungsansätze aus der Natur aufmerksam gemacht werden.

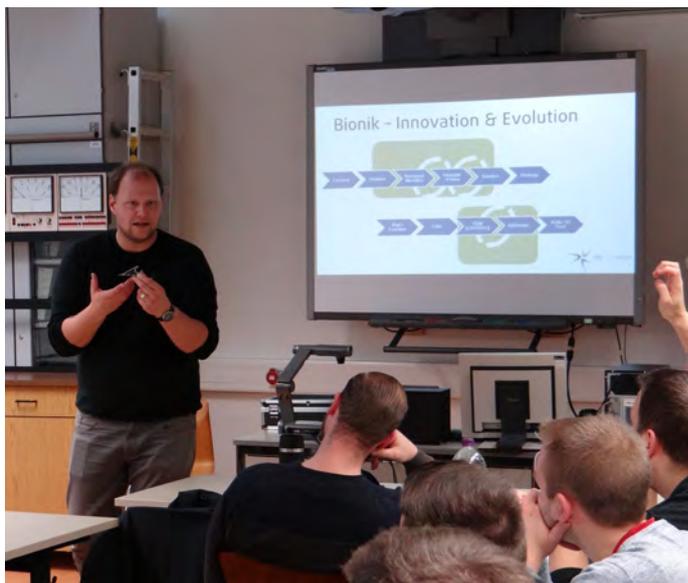


Abbildung 3: Links. Bionik-Workshop mit „Bioniker“ Markus Hollermann bei der BBS-Burgdorf. Motto: Do-it-yourself - Jugendliche entwickeln nachhaltige Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern. Rechts. Maurice Dannenberg, Claas Fricke, Nils Lemme aus der 11. Klasse des beruflichen Gymnasiums Technik entwickeln einen Dübel.

### 3.5 Lehrerfortbildungen

Die Durchführung dieses Arbeitspaketes wurde gegenüber der ursprünglichen Planung etwas modifiziert. Hintergrund: Recherchen und offene mündliche Befragungen haben ergeben, dass eine Fortbildung an konkrete Unterrichtsangebote angepasst sein sollte. Die erste dementsprechend



konzipierte ganztägige Fortbildung wurde am 6. März 2019 durchgeführt. Damit wurde dieser Meilenstein verzögert erreicht. BLOKON hat sich hierfür als offizieller Anbieter beim Niedersächsischen Landesinstitut für schulische Qualitätsentwicklung (NLQ) akkreditiert. Zwei weitere Fortbildungen wurden am 29.08.2019 in Berlin und am 18.09.2019 in Burgdorf durchgeführt. Die Fachbereiche der Teilnehmenden deckten die Fächer Biologie, Chemie, Technik und Wirtschaft ab. Somit wurden in der Projektlaufzeit, wie geplant, drei externe Lehrerfortbildungen durchgeführt. Hinzu kommen die intern durchgeführten Lehrerfortbildungen an der BBS Burgdorf und der Handelslehranstalt in Burgdorf. Hierbei wurden 4 halbtägige Fortbildungen mit Lehrkräften aus den oben genannten Fachbereichen durchgeführt. Ergänzt wurden diese durch Projektvorstellungen im Rahmen der sogenannten „Cappu-Runde“ der Schule. Dieses Format ist ein offenes Angebot für die Lehrkräfte der BBS Burgdorf. Es dient dazu, sich „bei einem Cappuccino“ über Schulleben und Unterrichtsinhalte auszutauschen. Bei der BBS als einer der größten Berufsbildenden Schulen in Niedersachsen mit insgesamt über 170 Lehrkräften konnte auf diesem Weg ebenfalls eine große Bandbreite an Multiplikatorinnen und Multiplikatoren über das Projekt und die Projektergebnisse informiert werden.

Im Rahmen der Fortbildungen erhielten die Lehrkräfte einen konkreten, anschaulichen Einblick in die einzelnen Unterrichtseinheiten; überdies wurde auch die einfache Verwendung der Unterrichtsmaterialien im Schulalltag verdeutlicht. Das entwickelte Format erlaubt den Lehrkräften, sich fundiert mit Bionik-Themen und notwendigen Kompetenzen im Bereich der Systembetrachtung und -analyse auseinander zu setzen, die Anknüpfungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Fächern zu erkennen und entsprechende Lehrinhalte kompetent zu vertreten. Zudem wurde das Konzept der Planetary Boundaries als Rahmen für die Nachhaltigkeitsdiskussion fest im Programm der Fortbildung verankert.



Abbildung 4: Lehrer\*innen-Fortbildung am 06.03.2019 an der BBS Burgdorf. Die entwickelten Unterrichtseinheiten und Projektwochen wurden in Theorie und Praxis vorgestellt und erfreuten sich großen Zuspruchs.



### 3.6 Fachkräfte-Ausbildung für die Industrie

Die GEA unterhält seit Jahren gute Kooperationsbeziehungen mit der Provalid Hochschule Frankfurt. Im Jahr 2017 und in den Folgejahren wurden drei Lehrformate mitgestaltet.

Neben den nachfolgend beschriebenen Kooperationen betreute die GEA in der Projektlaufzeit insgesamt acht „Climate Pioneers“. Dabei handelte es sich um Studierende aus dem Europäischen Ausland, die für einen Monat Erfahrung in einem deutschen Unternehmen sammeln konnten. Partnerländer waren Griechenland, Italien, Kosovo, Lettland, Litauen, Serbien, Slowenien und Ungarn. Vermittelt wurde die Zusammenarbeit durch Provalid im Rahmen des Climate-KIC-Programms. Alle Fachkräfte profitierten damit direkt von der Zusammenarbeit des DBU-Projekts mit der Provalid Hochschule im Rahmen ihrer Weiterbildung zu nachhaltigem Wirtschaften.

#### > Modul PLCA im Masterstudiengang Chemical Engineering (MCE)

Im Masterstudiengang Chemical Engineering (MCE) wurde gemeinsam mit Provalid ein Modul zum Thema Lebenszyklusanalyse/Project Life Cycle Assessment (LZA/PLCA) von Produkten entwickelt. Das Modul wurde erstmals im Sommersemester 2017 von Mitte August bis Ende September durchgeführt.

Im Kurs wurden dabei folgende Beiträge geleistet:

- Einführung in den Komplex Nachhaltigkeit, Planetary Boundaries, Great Acceleration
- Umweltproblematik „herkömmlicher“ Kunststoffe (Rohstoffbeschaffung, Energiebedarf, Schadstoffbelastung Luft / Wasser, Plastik und Mikroplastik in den Weltmeeren)
- Lösungen: Systemisches Denken und Bionik, Eco-Design, Ocean Clean Up, Cradle to cradle und andere Projektbeispiele, Müllvermeidung, regulatorische Eingriffe, Kommunikation, Fun-Theory
- Alternativen zu Erdöl-basierten Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen und die damit verbundenen Problematiken (Flächenverbrauch, Konkurrenz mit Schutz von Naturräumen und Nahrungsmittelproduktion etc.)
- Berücksichtigung dieser Aspekte in der LZA/PLCA
- Überlegungen, wie die LZA genutzt werden kann, um die Akzeptanz von nachhaltigen Gebrauchsgütern zu steigern

Die Studierenden ermittelten jeweils in Gruppenarbeit die Ökobilanz von verwandten Produkten aus Naturstoffen und ihrem Pendant aus Plastik:

Produkt aus natürlichen Materialien	Produkt aus Kunststoffen
Holzbrille mit Gläsern aus Glas	Kunststoffbrille
Lodenmantel aus Wolle	Goretex Outdoorjacke
Weltmeisterfussballschuh aus Leder (Modell 1954)	Weltmeisterfussballschuh aus Plastik (Modell 2014)
Fahrrad aus Stahl/Aluminium	Fahrrad aus Carbonkunststoff
Einkaufstüte aus Papier für Tomaten	Plastikverpackung für Tomaten

Tabelle 1: Aufgabenstellung: vergleichende Ökobilanz von Produkten mit natürlichen Materialien vs. Kunststoffe



Die Ökobilanzen fielen recht unterschiedlich aus. Die Plastikprodukte schnitten in den Betrachtungen der Chemieingenieurinnen und -ingenieure in vier Fällen besser ab als die Naturprodukte – was vor allem an den sehr eng gezogenen Systemgrenzen lag. So wurden die Erdölförderung und auch die Nutzungs- und Entsorgungsphase der Produkte nicht betrachtet, was den Studierenden aber durchaus bewusst war und problematisiert wurde. Die Systemgrenzen wurden aus rein praktischen Gründen so eng gezogen, weil die Daten für Nutzung und Entsorgung und die Beurteilung vor allem der Öko- und Humantoxizität schwierig und komplex sind. Genau dieses Erkenntnis, nämlich welchen erheblichen Einfluss die Wahl der Systemgrenzen, d. h. das Ausmaß des systemischen Blicks auf ein Problem, auf das Ergebnis einer LZA (und damit auf die Entscheidung über Produktionsverfahren und Materialien) hat, war Lernziel der Veranstaltung. Durch den Input der GEA und die anschließenden Diskussionen wurde vor allem die Problematik von Mikroplastik und der Plastikvermeidung herausgearbeitet. Nachhaltige(re) Produkte, die sowohl in der Produktion als auch im Gebrauch und der Entsorgung durch systemische Planung und Umsetzung umweltfreundlicher sind, wurden abschließend durch die Studierenden in einer positiven Zielformulierung („so müsste man vorgehen“) vorgestellt.

#### > **Provadis Climathon**

Die Provadis Hochschule führt mit ihren Studierenden einen Wettbewerb durch, in dem Lösungen zu Klimaschutzfragen gesucht werden. Die Veranstaltung im Oktober 2017 dauerte 24 Stunden und heißt Climathon – ein ‚Marathon für den Klimaschutz‘. Die Studierenden organisieren sich selbst in Kleingruppen und arbeiten vernetzt 24 Stunden an der Lösung eines Problems. Die GEA begleitete eine Gruppe, indem sie eine Aufgabe vorgab, die mit unserem Projekt korrespondierte.

#### > **BWL Ideenwettbewerb**

Innerhalb des Studiengangs der Betriebswirtschaftslehre der Provadis Hochschule bearbeiteten die Studierenden in einem Zeitraum von 5 Wochen ein übergreifendes Thema sowohl betriebswirtschaftlich als auch – der Aufgabenstellung entsprechend – fachfremd. Die Ergebnisse flossen in einen Wettbewerb ein; die Gewinner wurden prämiert. Im Rahmen des Projekts wurde eine Gruppe begleitet.

### **3.7 Summer Schools**

Ziel der Arbeiten in diesem Arbeitspaket war es, exemplarisch eine einwöchige Summer School für die Anwendung an Universitäten zu entwickeln. Zielgruppe waren Studierende und interessierte Berufsanfänger\*innen. Die entwickelte Summer School wurde viermal an drei Universitäten bzw. Hochschulen durchgeführt (einmal virtuell) und kann jetzt einem größeren Teilnehmer\*innenkreis zugänglich gemacht, indem die Inhalte und Ergebnisse in eine Art Massive Open Online Course (MOOC) umgewandelt wurden. Dazu ist die virtuelle Version entsprechend angepasst worden. Der MOOC ist nicht zu verwechseln mit einem E-Learning-Paket, das Nutzende komplett selbständig abrufen können. Der Kurs ist ähnlich konzipiert wie die letzte virtuelle Summer School, also als Online-Kurs mit wöchentlicher interaktiver Begleitung. GEA hat dazu eine Anleitung geschrieben, so dass auch andere den Kurs anpassen und anbieten können (Präsenzformat im Anhang 5.3 und Online-Format im Anhang 5.4).



Vom 8. bis 12. Oktober fand an der **Uni Würzburg** die **erste Summer School** mit 35 Teilnehmern aus 10 Fachbereichen statt. Zentrales Thema der Veranstaltung war „Plastik“ als gesellschaftsrelevantes Nachhaltigkeitsthema. Ziel war es, an diesem Beispiel deutlich zu machen, dass nachhaltige Produkte und nachhaltiges Wirtschaften nicht mit Denken in linearen Zusammenhängen zu erreichen sind, sondern eine systemische Denk-, Sicht- und Arbeitsweise erfordern, die die komplexen Zusammenhänge unserer Gesellschaft widerspiegelt. Hierzu gab es neben einführenden Infoblöcken durch das Projektteam eine Reihe externer Inputs zu den wesentlichen Aspekten des Phänomens „Plastik“. Wir konnten Referenten zu den Bereichen Recycling (Würzburger Recycling GmbH), Verpackungsfreies Vermarkten (Unverpackt-Laden Würzburg) und Bionische Forschung und Entwicklung (Bionische Filtersysteme für Mikroplastik) gewinnen. Darüber hinaus wirkte der Leiter der Kantinenbetriebe als Fallgeber für den Arbeitsauftrag der Summer School. Herr Zielke schilderte den (mehr oder weniger erfolglosen) Versuch der Einführung eines Mehrwegbechersystems an den Hochschulkantinen. Die Teilnehmer wurden aufgefordert, das Problem systemisch zu analysieren und nach möglichen Lösungen zu suchen. Am Ende der Summer School wurden die Ergebnisse vor Herrn Zielke und Vertretern der Hochschule präsentiert. Eine Teilnehmergruppe arbeitet derzeit gemeinsam mit der Kantinenverwaltung an der Umsetzung.

Unabhängig von dem Arbeitsauftrag ist aus der Teilnehmerschaft heraus eine hochschulweite Interessengruppe zum Thema Nachhaltigkeit ins Leben gerufen worden.

Darüber hinaus wurde die Summer School von der Universität Würzburg mit dem „Albrecht Fürst zu Castell-Castell-Preis für Nachhaltiges Handeln“ ausgezeichnet.

Der projektierte **Meilenstein** wurde mit Durchführen dieser Summer School erreicht.

Vom 8. bis 12. April 2019 fand die **zweite Summer School an der Hochschule für Gestaltung Offenbach (HFG)** mit 15 Teilnehmern aus 6 Fachbereichen statt. Kernthema war dort die Nachhaltigkeit von Onlinehandel. Wie in der ersten Summer School war das vornehmliche Ziel, an einem gesellschaftsrelevanten Nachhaltigkeitsthema deutlich zu machen, dass nachhaltige Produkte und nachhaltiges Wirtschaften nicht mit Denken in linearen Zusammenhängen zu erreichen sind, sondern eine systemische Denk-, Sicht- und Arbeitsweise erfordern, welche die komplexen Zusammenhänge unserer Gesellschaft widerspiegelt. Hierzu gab es neben einführenden Infoblöcken durch das Projektteam eine Reihe externer Inputs zu den wesentlichen Aspekten des Phänomens „Verpackung im Onlinehandel“. Es konnten externe Referenten zu den Themen Recycling (RePack), alternativer Transport (3rd Element Drohnen Technik), Bionik (Verpackung, Transport und Kreisläufe in der Natur) und Umweltpsychologie (Determinanten und Förderung nachhaltigen Konsums) gewonnen werden. Der Arbeitsauftrag für die Gruppenarbeit bestand in der Formulierung nachhaltiger Liefersysteme in unterschiedlichen Siedlungsräumen (Stadt – Land).

Die **dritte Summer School** fand vom 2. bis 6. September 2019 an der **Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde** mit 25 Teilnehmenden aus 20 Fachbereichen statt. Die Studierenden kamen zum Teil aus Eberswalde, überwiegend aber aus verschiedenen Hochschulen und Universitäten Berlins. Planung und Umsetzung fand dabei in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Global Change Management und dem Center for Economics and Ecosystem Management statt. In Absprache mit unseren dortigen Partnern wurde, wie bereits in Würzburg, das Thema „Plastik“ als Schwerpunkt gewählt, da die Ambivalenz dieses Werkstoffes – flexibel, stabil, dauerhaft, preiswert einerseits,



schwer abbaubar, ubiquitär, teilweise toxisch und im Überfluss genutzt andererseits - sich sehr gut eignet, um die Notwendigkeit einer systemischen Betrachtung zu demonstrieren. Aufbau und Zielsetzung orientieren sich an den vorherigen Summer Schools, wobei insbesondere die Struktur der Gruppenarbeit aufgrund der Erfahrungen der vorherigen Summer Schools überarbeitet und in ein standardisiertes Format gebracht wurde, das in folgenden Summer Schools zum Thema Plastik verwendet werden kann, unabhängig davon, wo und von wem die Veranstaltung ausgerichtet wird. Neben den bereits erarbeiteten einführenden Infoblöcken des Projektteams, gab es externe Inputs: Expertengespräche zu Geschichte und Wesen von Polymeren und der Zusammenhang zu unserem heutigen Begriff „Plastik“ sowie zum Thema Umweltpsychologie und Umweltsoziologie, Praxis-Talks zu Sammlung/Recycling (Besuch des im InfraLab der BSR auf dem Euref Campus), alternativen Materialien (Christof Perl von BioInspiration) und Kreislaufsystemen (Christian Schloh von Dycle), sowie einen Workshop zum Thema Bionik/Biomimicry (Fabian Feutlinski von Biomimicry Academy) im Forstbotanischen Garten.

Die Summer School an der HNEE wurde genutzt, um Filmaufnahmen der Vorträge und Beiträge der Studierenden aufzunehmen. Diese wurden für den Massive Open Online Course (**MOOC**; <https://youtu.be/Gno8jtrq8NA>) benötigt. Der Kurs stellt exemplarisch dar, wie eine Summer School konzeptionell aufgebaut und praktisch durchgeführt werden kann (Blaupause). Zugleich wird die Thematik „Systemisches Denken“ vermittelt.

Die **vierte Summer School** wurde aufgrund der Corona-Pandemie als **sechswöchiger Onlinekurs** vom 15. Juni bis 22. Juli 2020 über die Infrastruktur der Universität Würzburg angeboten. Sie baute inhaltlich und konzeptionell auf den vorherigen Formaten auf. Es nahmen 14 Studierende aus sechs Fachbereichen teil. Die Studierenden kamen zum größten Teil aus Würzburg, aber auch aus anderen Universitäten hatten sich Teilnehmende angemeldet.

Die Studierenden trafen einmal wöchentlich mit den Dozent\*innen virtuell zusammen (angepasste, datenschutzkompatible Zoom-Software der Universität Würzburg). Am ersten Tag wurden die Teilnehmenden in vier Gruppen aufgeteilt. Sie erhielten wöchentlich immer Dienstags im sogenannten „Hangout“ externen Input und Zeit für Nachfragen und Diskussionen. Anschließend bekamen sie eine Wochenaufgabe, die bis zum Wochenende bearbeitet werden musste. Zusätzlich erhielten sie die Gelegenheit, an einem Online-Quiz teilzunehmen, in dem Fragen zur Wochen-aufgabe zu lösen waren. Im virtuellen Kursraum wurden zudem weiterführende Literatur und Links angeboten. In der letzten Woche wurden die Gruppenaufgaben zusammengeführt und diskutiert. Die externen Inputs hatten die Themen Recycling (Herr Blum, Würzburger Recycling GmbH), Umweltpsychologie (Andreas Homburg), Meeresmüll (Frank Schweikert) und Rheincleanup (Tanja Methien).

Die virtuelle Summer School funktionierte auf Anhieb sehr gut. Das Feedback der Beteiligten war größtenteils positiv. Es wurden mit dem Tool Mentimeter zwei Feedbacks eingeholt.



Bitte beschreiben Sie mit einem (oder 2) Wort(en), was Ihnen an der Summer School gut gefallen hat.



Was könnten wir beim nächsten Mal verbessern?



Abbildung 5: Teilnehmenden-Feedback ermittelt mit dem Tool Mentimeter nach der vierten, virtuellen Summerschool, die als sechswöchiger Online-Kurs durchgeführt wurde.

### 3.8 Evaluation (intern und extern)

Durch eine projektbegleitende interne und externe Evaluation sollte in möglichst frühen Stadien der Konzeption und Umsetzung den Blick auf die Wirkungslogik von Maßnahmen gerichtet werden, um



so einen möglichst hohen „Impact“ des Projektes zu erzielen. Außerdem gab die begleitende Evaluation während der Projektphase Hinweise auf mögliche inhaltliche oder prozessuale Verbesserungsmöglichkeiten der projektierten Maßnahmen.

In Abstimmung mit der DBU und unter Berücksichtigung der gutachterlichen Hinweise wurde ein fünfköpfiger Projektbeirat eingerichtet. Ihm gehören Martina Bergk (LIFE e. V.), Prof. Dr. Antonia Kesel (Bionik-Innovations-Centrum der Hochschule Bremen), Dr. Thomas Pyhel (DBU), Prof. Dr. Marco Rieckmann (Universität Vechta) und Alexander Schabel (Borderstep Institut) an.

Nach 1½ Jahren und damit der Hälfte der Projektlaufzeit hat am 5. April 2018 ein Beiratstreffen bei der DBU in Osnabrück stattgefunden. Auf Basis der vorliegenden Projektergebnisse und Evaluationsdaten wurde dem Beirat ein aussagekräftiger Statusbericht präsentiert. Der Beirat attestierte einen erfolgreichen Projektverlauf.

### **3.8.1 Interne Evaluation**

An den Berufsbildenden Schulen in Burgdorf wurden schulintern explorative Untersuchungsformen durchgeführt. Inhalt und Gestaltung der Unterrichtseinheiten und der Projektwochen wurden in enger Abstimmung mit den beiden Projektteams der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler durchgeführt. Desweiteren wurden gezielt Meinungen und Einschätzungen weiterer Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler eingeholt. Aufgrund dieser Rückmeldungen wurden die entwickelten Lehrformate bereits in der Anfangsphase ergänzt und teilweise modifiziert.

### **3.8.2 Externe Evaluation**

Um die Wirksamkeit der Projektelemente im Hinblick auf das übergeordnete Projektziel zu garantieren, wurde eine externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation über eine Auswahl der entwickelten Bildungsmaßnahmen durchgeführt.

In Zusammenarbeit mit der e-fect dialog evaluation consulting e. G. wurde je ein Erhebungsinstrument für die Unterrichtseinheiten an Berufsschulen und eines für die Projektwochen bzw. die Summer Schools entwickelt. Alle Befragungsinstrumente wurden so konzipiert, dass sie auch nach Abschluss der Projektphase kontinuierlich zur Evaluierung der weitergeführten Veranstaltungen eingesetzt werden können. Fragebögen und Eingabemaske für Auswertungen liegen zur Weitergabe vor.

#### **Ableitung des Erhebungsinstruments:**

Um die Wirkung des Projektvorhabens zu ermitteln, wurden zu Beginn des Projektes mit Unterstützung des Evaluators folgende Wirkungsziele definiert:

- > Nachwuchskräfte sollen bereits in der Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen des systemischen Denkens vertraut gemacht werden.
- > Es soll Verständnis von Abläufen und Prozessen natürlicher Systeme vermittelt werden.
- > Es soll ein Verständnis bionischer Forschungs- und Entwicklungsarbeit vermittelt werden.
- > Es soll ein Bewusstsein innerhalb der Zielgruppe für einen selbstverständlich nachhaltigen Umgang mit Ressourcen geweckt bzw. gestärkt werden.



- > Die jungen Menschen sollen verstehen, wie sie selbst im Rahmen ihrer Berufswahl und -ausübung aktiv mitgestaltender Teil einer lebenswerten, nachhaltigen Zukunft werden können.

Bezogen auf die Interventionen, wurden diese Ziele in folgende Fragestellungen übersetzt:

- > Inwieweit lernen die Teilnehmer\*innen, eine systemische Betrachtungsweise einzunehmen?
- > Inwieweit lernen die Teilnehmer\*innen, einen Sachverhalt auf Basis der Nachhaltigkeits-Dimensionen zu untersuchen, nachhaltige Lösungen zu entwickeln und diesen Ansatz wertzuschätzen?
- > Inwieweit steigern die Unterrichtseinheiten das Nachhaltigkeitsbewusstsein der Teilnehmer\*innen?
- > Inwieweit trauen sich die Teilnehmer\*innen zu und haben die Absicht, eine lebenswerte, nachhaltige Zukunft mitzugestalten?
- > Wie kann das Projekt bedarfsgerecht weiterentwickelt werden?

Für das Erhebungsinstrument wurden dann auf der Basis umweltpsychologischer Erkenntnisse für jede dieser Fragestellungen wiederum ein oder mehrere Aussagen formuliert, denen die Befragten auf einer 6-er Skala von „stimmt genau“ bis „stimmt gar nicht“ zustimmen sollten. Die Erhebung erfolgte anonym und unmittelbar nach der Intervention. Nach einer ersten Erhebungsrunde je Interventionsform wurden die Instrumente auf Validität und Anwendbarkeit überprüft und ggf. angepasst.

Da eine Vorher-Nachher-Erhebung im Veranstaltungsdesign nicht sinnvoll umgesetzt werden konnte, wurden zur Erfassung von Veränderungen in der Befragung zur Summer School und zur Projektwoche zwei Instrumente eingesetzt:

1. Selbstberichtete Veränderung wurde in den Befragungs-Items abgebildet, z.B. „Durch die Summer School habe ich erfahren...“
2. CSEPP (counterfactual as self-estimated by program participant) ist eine Methode zur Messung von Interventionseffekten zu einem Zeitpunkt (nach der Intervention). Sie baut auf der Annahme auf, dass Menschen in der Lage sind, den eigenen Zustand vor der Teilnahme an der Intervention rückblickend einschätzen zu können. Die Differenz zwischen erster und zweiter Antwort ergibt, ähnlich wie bei der Vorher-Nachher-Befragung, die Schätzung des selbstberichteten Interventionseffektes.

## **Erhebung und wesentliche Ergebnisse an der BBS Burgdorf**

### **> Unterrichtseinheiten**

Für die externe Evaluation der Unterrichtseinheiten wurden die entsprechenden Genehmigungen der Landesschulbehörde und der Schulleitung der BBS Burgdorf eingeholt. Somit konnten drei Unterrichtseinheiten mittels Fragebogen extern evaluiert werden. Die Auswahl fiel auf die Unterrichtseinheiten „Bionik und Nachhaltigkeit“ (UE1), „Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen“ (UE3) und „Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und



nachhaltiger machen“ (UE6). Die Unterrichtseinheit 1 wurde gewählt, da sie ein Einstieg in die Themen Bionik, Nachhaltigkeit und systemisch Denken ist. Die Unterrichtseinheit 3 wurde für die Evaluation ausgewählt, da BLOKON mit dieser Unterrichtseinheit den sozialen Aspekt der Nachhaltigkeit (Schwerpunkt Gesundheit) aufgegriffen hat. Dieses Themenfeld lag ursprünglich nicht im Fokus der zu entwickelnden Unterrichtseinheiten, so dass BLOKON mit der externen Evaluation sicherstellen wollte, dass das Thema bei der Zielgruppe ankommt und den gewünschten Effekt erzielt. Die Unterrichtseinheit 6 wurde evaluiert, da das Smartphone als „der“ Gebrauchsgegenstand der Zielgruppe eingebunden werden sollte. Zwar gibt es Möglichkeiten ein Smartphone mit Hilfe der Bionik besser und nachhaltiger zu machen, aber die Inhalte im Rahmen der Unterrichtseinheiten zu vermitteln war zu komplex. Mit Hilfe der Evaluation konnte die Unterrichtseinheit 6 so angepasst werden, dass über das Smartphone als Einstiegsbeispiel das Thema „Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen“ allgemein aufgegriffen wurde.

Mittels Fragebogen (Anhang 5.5) wurden die drei Unterrichtseinheiten evaluiert, ausgewertet und entsprechend angepasst. Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der Evaluation vorgestellt:

Über 67 % der 50 Befragten gaben an, dass sie durch die Unterrichtseinheit 1 nun besser verstehen, wie wir unsere Art des Wirtschaftens und Produzierens verändern können, um Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung zu verringern. Durch die Unterrichtseinheit wussten 47 % sehr gut, wie wichtig systemisches Denken (in vielfältigen Zusammenhängen Denken) ist, um nachhaltige Produkte zu entwickeln und Lösungen für Umweltprobleme zu finden. Dabei fanden 67 % der Befragten die Bionik-Beispiele gut gewählt, da sie besonders geholfen haben, zu verstehen, welche Auswirkungen Produkte auf unsere Umwelt haben. Die Akzeptanz gegenüber Nachhaltigkeit konnte durch die Unterrichtseinheit ebenfalls gesteigert werden, wobei anzumerken ist, dass 29 % schon vorher davon überzeugt waren (siehe Abbildung 5).

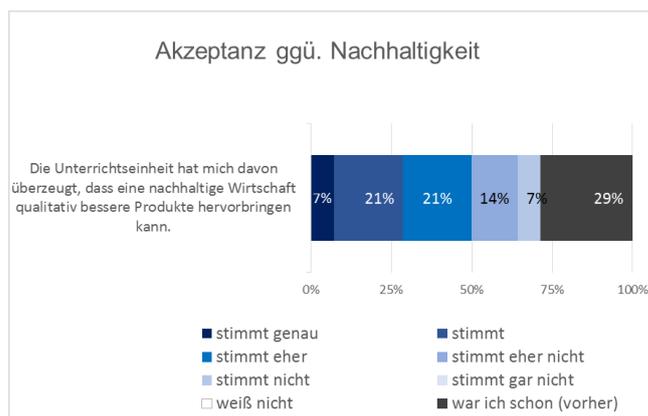


Abbildung 6: Evaluation der Unterrichtseinheiten – exemplarisch hier die Frage nach Akzeptanz gegenüber Nachhaltigkeit

Bei der Evaluation der Unterrichtseinheit 2 waren besonders die Rückmeldungen der offenen Fragen wertvoll. So wurde bei der ersten Erprobung der Unterrichtseinheit der Zusammenhang zwischen Nachhaltigkeit und Prothesen nicht deutlich. Dieser Punkt wurde in den weiteren Versionen der Unterrichtseinheit nachjustiert.



Bei der Unterrichtseinheit 6 waren die Ergebnisse zu den drei Punkten „neues Wissen über Ansätze zur Verringerung Ressourcenverbrauch/Umweltbelastung“, „Wissen zur Anwendung systemischen Denkens“ und „Akzeptanz gegenüber Nachhaltigkeit“ ähnlich positiv wie bei der Umfrage zur Unterrichtseinheit 1.

Die einzelnen Ergebnisse der Evaluation zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten finden sich im Anhang 5.6. Die Äußerungen zu den offenen Fragen flossen nach jeder Befragung in die Gestaltung der Materialien ein. Eine vollständige Wiedergabe aller Kommentare ist hier nicht möglich. Es fällt aber auf, dass z.B. bei der Frage nach der wichtigsten Lernerfahrung neben Erkenntnissen zum Thema Bionik besonders oft die Bedeutung Systemischen Denkens bei der Betrachtung von Nachhaltigkeitsthemen genannt wurde, was erklärtes Ziel des Projektes war.

### > Projektwoche

Für die externe Evaluation der Projektwoche wurden ebenfalls die entsprechenden Genehmigungen eingeholt. Die mündlichen Rückmeldungen und die Antworten zu den offenen Fragen waren sehr positiv. In puncto Lernerfahrung war beispielsweise eine Antwort „das nachhaltige Produkte interessanter sind und man viele nutzbare Produkte herstellen kann die nachhaltig sind“. Das Konzept der Projektwoche war bereits am Anfang so erfolgreich, dass es nur kleine Änderungswünsche der Teilnehmenden gab. Im Fokus der Evaluationsauswertung lag daher das Ergebnis der CSEPP-Methode. Eine deutlich positive Steigerung durch die Teilnahme an der Projektwoche zeigte sich in der Fähigkeit Systeme zu erkennen und darzustellen (siehe Abbildung 6).

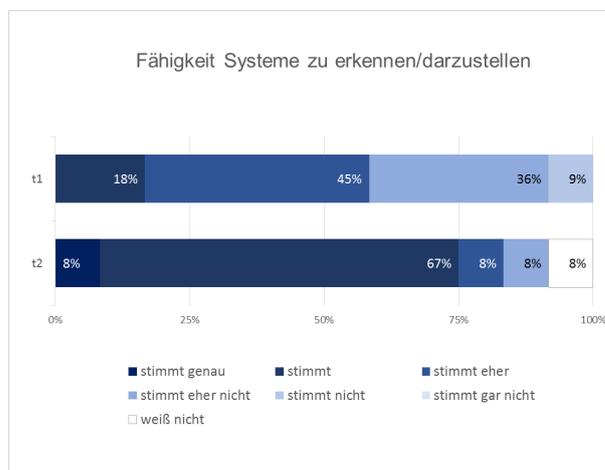


Abbildung 7: Evaluation der Projektwoche – exemplarisch hier die nach der CSEPP-Methode erhobene Steigerung der Fähigkeit, Systeme zu erkennen und darzustellen.

Vor Beginn der Projektstage stimmten noch 21 % der Aussage „Nachhaltigkeit bedeutet immer Verzicht, der die Lebensqualität verringert.“ zu. Nach den Projekttagen konnte eine gesteigerte Akzeptanz gegenüber Nachhaltigkeit festgestellt werden. Die 21 % verlagerten sich in die Aussage „stimmt eher nicht“.

Ebenso konnte das Bewusstsein für eine starke Nachhaltigkeit gefördert werden. Zu Beginn der Projektwoche stimmten 18 % der befragten der Aussage: „Technische Innovationen [...] oder



günstige Bio-Produkte im Supermarkt sind ausreichend für eine nachhaltige Zukunft“ mit stimmt genau zu. Nach den Projekttagen waren es nur noch 8 %. Auch die anderen Werte verschoben sich entsprechend einer Erhöhung des Bewusstseins für eine starke Nachhaltigkeit.

Bei der offenen Befragung wurde das Konzept der Projektwoche durchweg positiv bewertet und auch der Lernerfolg entsprach der Zielsetzung des Projektes. So gab es beispielsweise auf die Frage: Was war für dich das Wichtigste, das du während der Projektstage gelernt hast? Beschreibe bitte kurz: folgende Rückmeldung: Dass nachhaltige Produkte interessanter sind und man viele nützliche Produkte herstellen kann die nachhaltig sind.

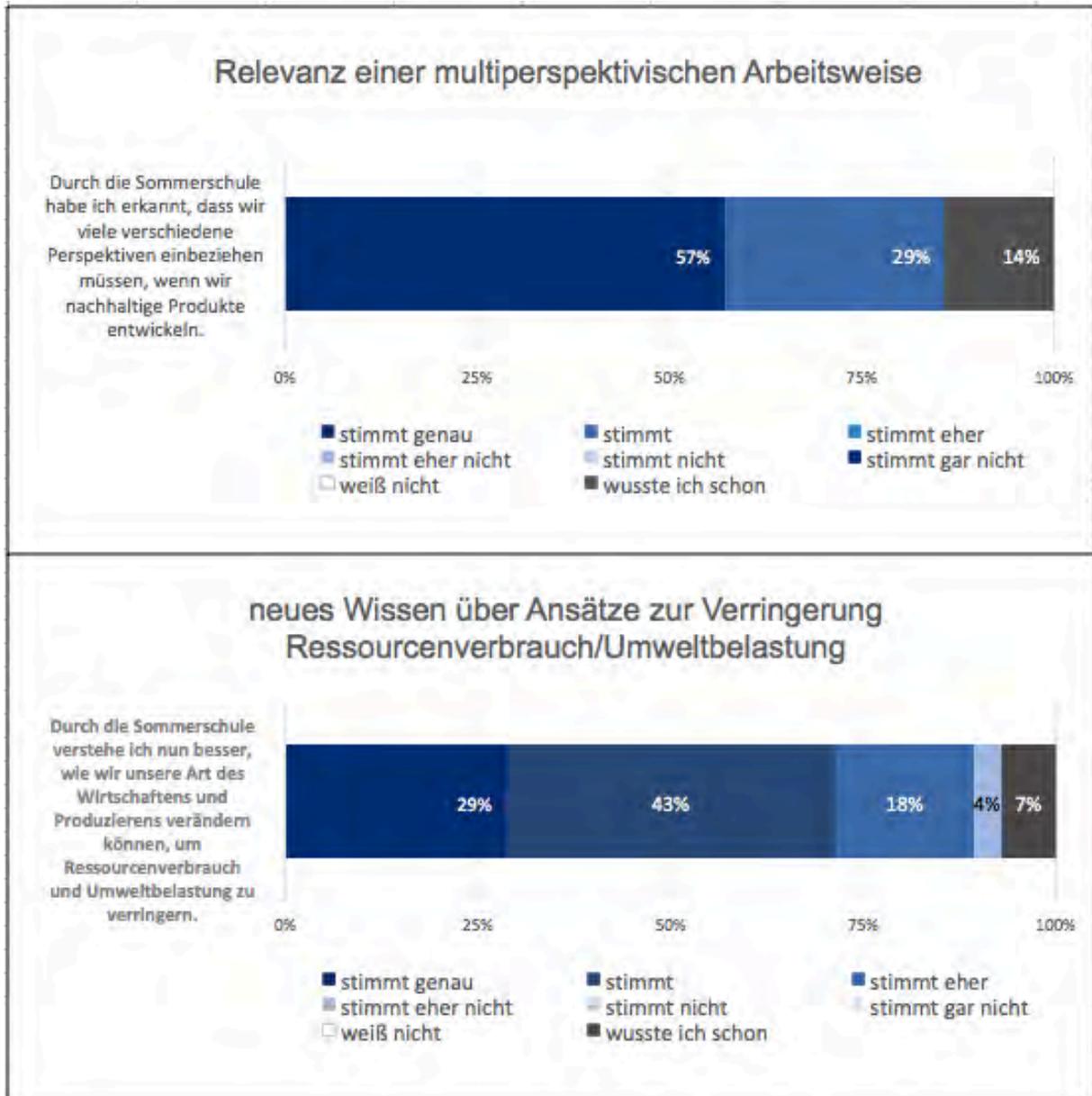
Insgesamt lässt sich also konstatieren, dass sich bei den vor (t1) und nach (t2) der Projektwoche erhobenen Fragen eine höhere Zustimmung zum Zeitpunkt t2 (bzw. bei negativ kodierten Fragen eine niedrigere Zustimmung bei t2) zeigte und somit eine Veränderung stattgefunden hat und die Projektwoche die gewünschten Effekte gezeigt hat. Weitere Ergebnisse befinden sich im Anhang 5.7.

### **Erhebung und wesentliche Ergebnisse der Summer Schools**

Jede Summer School wurde mit dem gleichen Instrument erhoben. Der Fragebogen ist der gleiche, der auch für die Projektwochen verwendet wurde (Anhang 5.5). An dieser Stelle fassen wir die wesentlichen Ergebnisse, kumuliert über alle Veranstaltungen, zusammen:



## 1. Selbstberichtete Veränderung





## Wissen zur Anwendung systemischen Denkens

Durch die SoSchu weiß ich jetzt sehr gut, wie wichtig systemisches Denken ist, um nachhaltige Produkte zu entwickeln und Lösungen für Umweltprobleme zu finden.

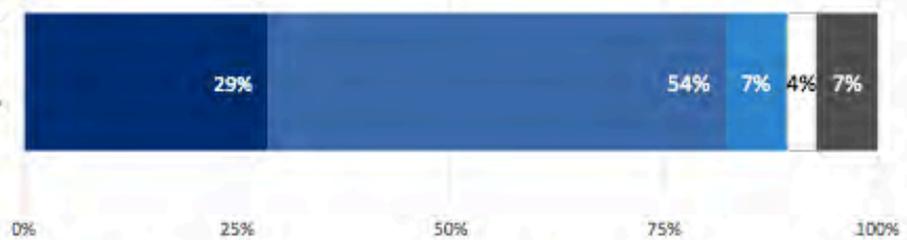
Die Bionik-Bsp haben mir besonders geholfen, zu verstehen, welche Auswirkungen Produkte auf unsere Umwelt haben.



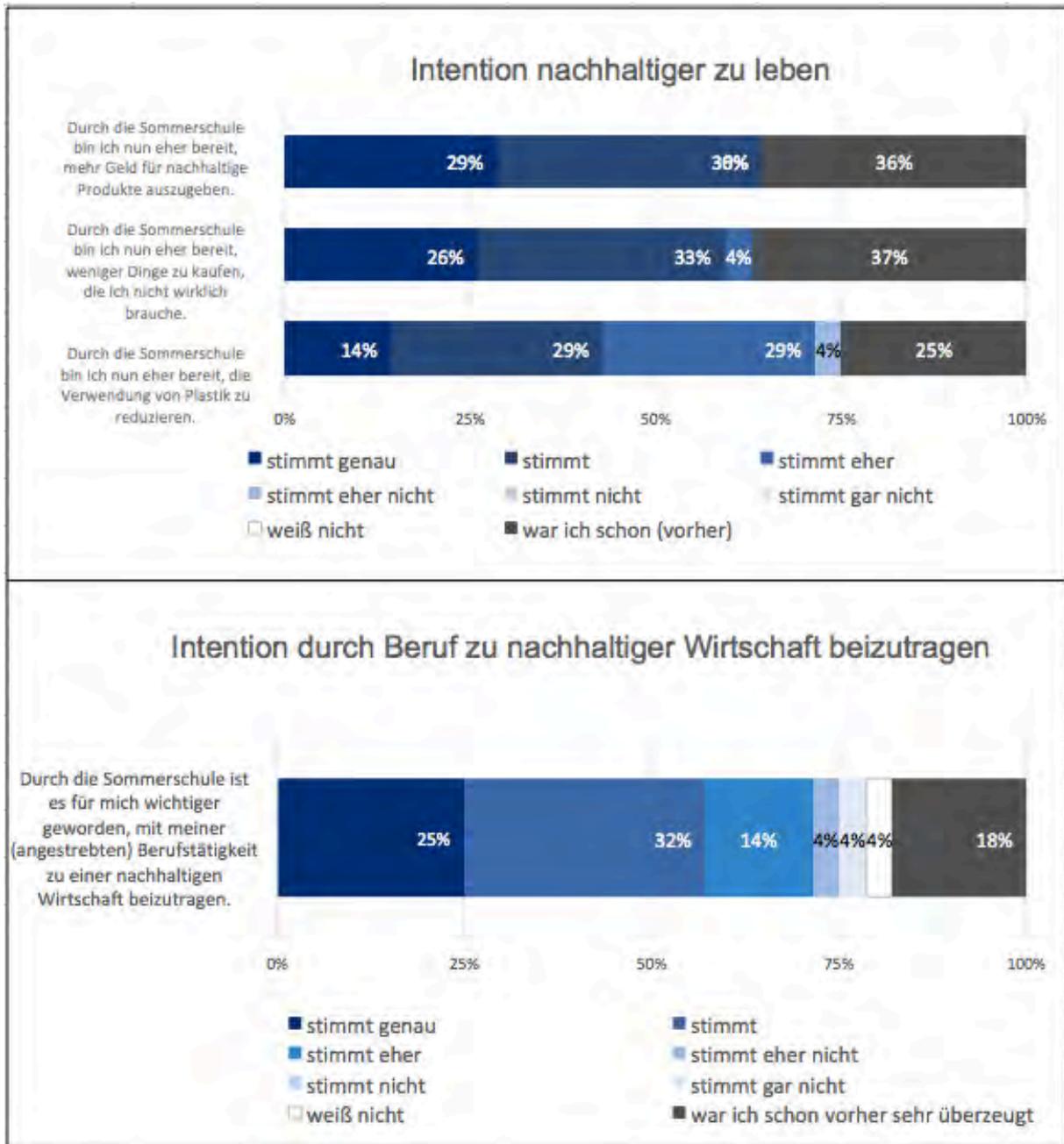
■ stimmt genau      ■ stimmt      ■ stimmt eher  
■ stimmt eher nicht      ■ stimmt nicht      ■ stimmt gar nicht

## Veränderung Kollektive Selbstwirksamkeit

Durch die Sommerschule bin ich stärker überzeugt, dass wir junge Menschen gemeinsam eine nachhaltige, lebenswerte Zukunft verwirklichen können.



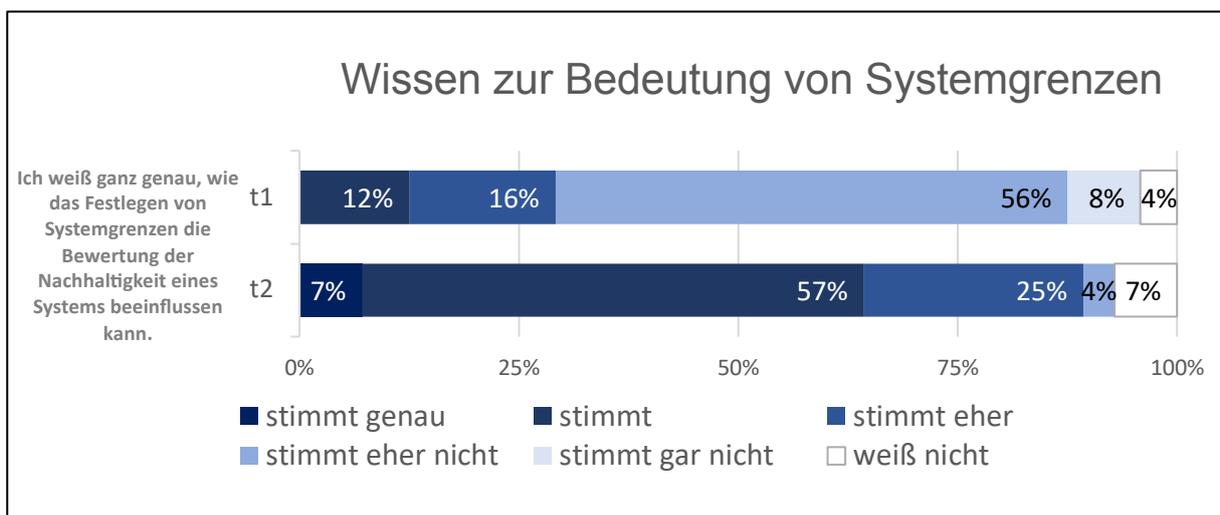
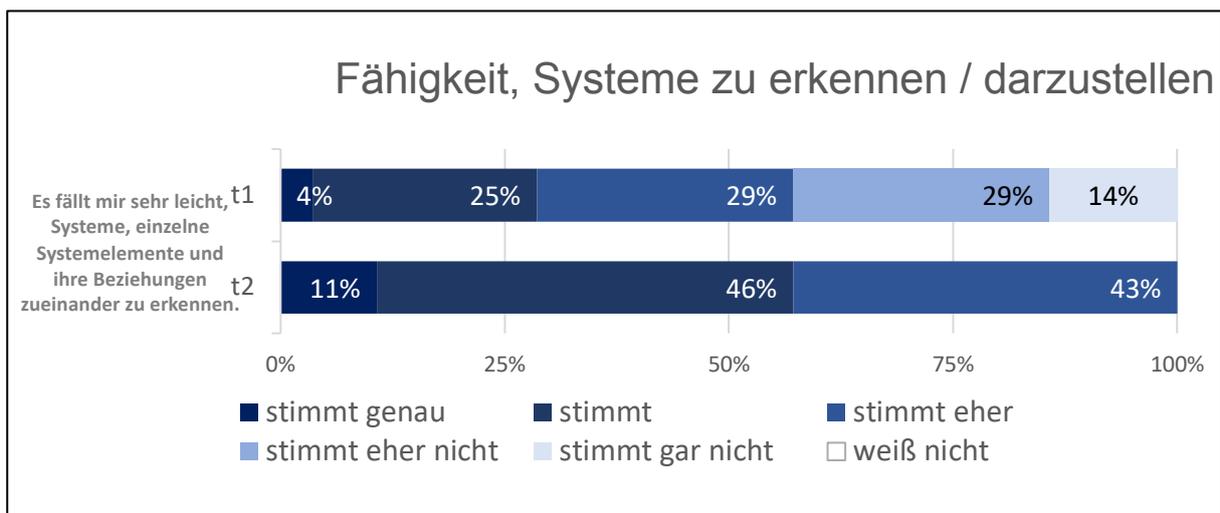
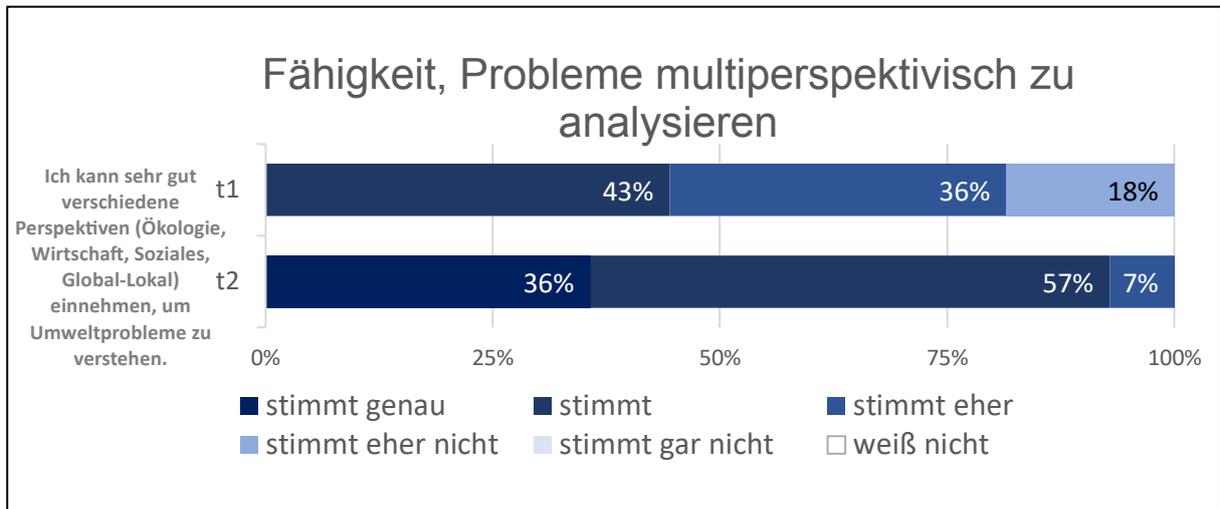
■ stimmt genau      ■ stimmt  
■ stimmt eher      ■ stimmt eher nicht  
■ stimmt nicht      ■ stimmt gar nicht  
□ weiß nicht      ■ war ich schon vorher sehr überzeugt

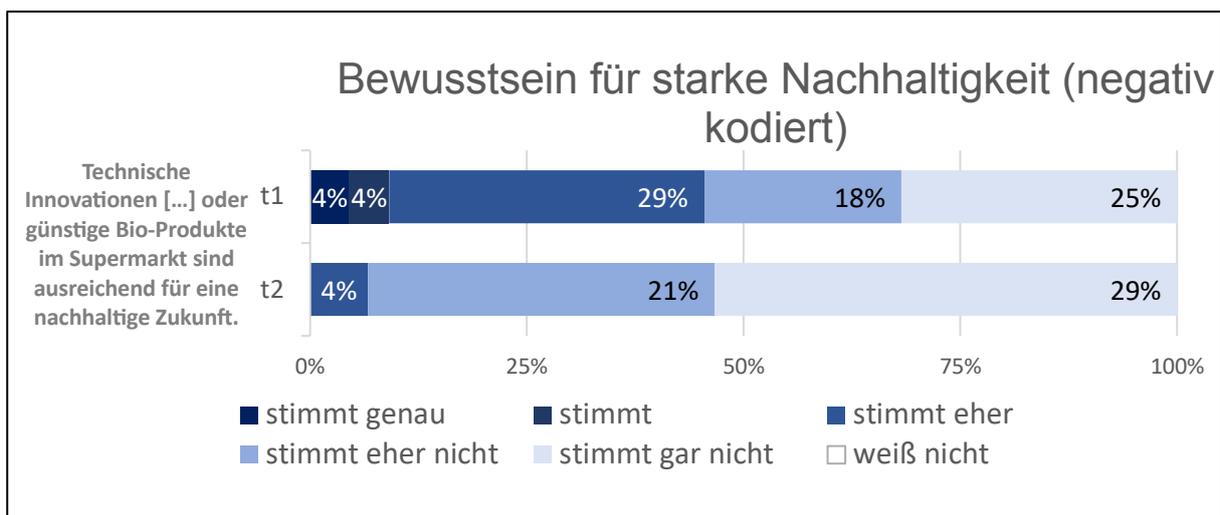
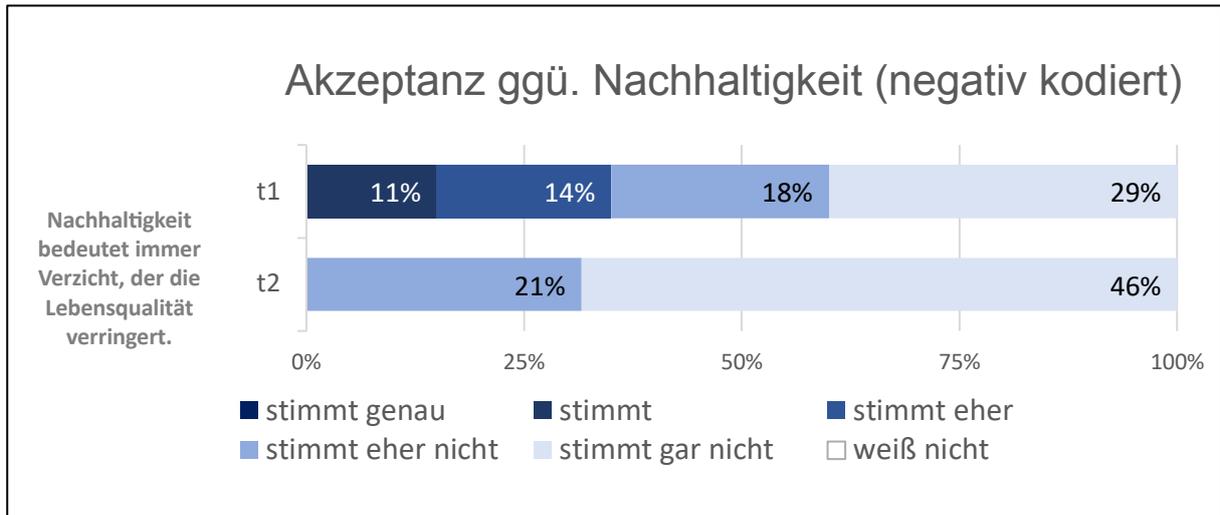


Die hohen Zustimmungswerte zur selbstberichteten Veränderung deuten darauf hin, dass die in den Fragen adressierten Ziele bei weit über der Hälfte (teilweise bei über 80 %) der Befragten erfüllt werden konnten.



## 2. CSEPP-Methode (2 Befragungszeitpunkte)





Bei den vor (t1) und nach (t2) der Summer School erhobenen Fragen zeigt eine höhere Zustimmung zum Zeitpunkt t2 (bzw. bei negativ kodierten Fragen eine niedrigere Zustimmung bei t2), dass eine Veränderung in intendierter Form stattgefunden hat. Bei allen fünf Aussagen der Erhebung ist das der Fall.

### 3. Offene Fragen

Die Äußerungen zu den offenen Fragen flossen nach jeder Summer School in die Planungen zur nächsten Summer School ein. Eine vollständige Wiedergabe aller Kommentare ist hier nicht möglich. Es fällt aber auf, dass z.B. bei der Frage nach der wichtigsten Lernerfahrung neben Erkenntnissen zum Thema Plastik besonders oft die Bedeutung Systemischen Denkens bei der Betrachtung von Nachhaltigkeitsthemen genannt wird, was ebenfalls erklärtes Ziel des Projektes war.



## Fazit der Erhebung der Summer Schools

Insgesamt scheint sich das Thema Plastik gut zu eignen, um die Aspekte „Nachhaltigkeit“ und „Systemisches Denken“ zu thematisieren. Die positiven Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass die mit dem Projekt verfolgten Ziele in überzeugendem Maße erfüllt werden konnten.

Die finalen Erhebungspläne finden sich im Anhang (5.5).

## 3.9 Öffentlichkeitsarbeit und Spin-offs

In der regionalen Presse, der Homepage der BBS Burgdorf und über die BLOKON-Kanäle in den sozialen Medien wurde regelmäßig über das Projekt berichtet. So erschienen beispielsweise 18 Presseartikel im Zusammenhang mit dem Projekt „Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“. Auch über den Besuch des niedersächsischen Kultusministers Grant Hendrik Tonne in der BBS Burgdorf wurde in diesem Zusammenhang berichtet. Er informierte sich unter anderem über die Ideen und Einsatzmöglichkeiten der Bionik in der Ausbildung. (<https://www.bbs-burgdorf.de/index.php/679-kultusminister-grant-hendrik-tonne-besucht-bbs-burgdorf-22.03.2020>) Weitere Presseartikel sind auf der Homepage der BBS Burgdorf (<https://www.bbs-burgdorf.de/index.php>) einsehbar.

Neben den geplanten „Produkten“ des Projektes haben sich auch Spin-off-Effekte entwickelt. Hierzu zählte zum Beispiel die neu entstandene Kooperation mit dem allgemeinbildenden Gymnasium Burgdorf. Schülerinnen und Schüler des Teams SuS haben beispielsweise im Sinne eines Peer-to-Peer-Ansatzes einen Projektnachmittag mit Schülerinnen und Schülern einer 5. Klasse des Burgdorfer Gymnasiums zum Thema Bionik durchgeführt. Die Fachlehrkräfte für Biologie des Gymnasiums Burgdorf standen für einen Projektaustausch zur Verfügung und setzten einzelne Unterrichtsmaterialien zur Erprobung verteilt über ein Schulhalbjahr gemeinsam mit BLOKON-Mitarbeiterin Kerstin Kuhlmann in ihrem Unterricht ein.

Die Schülerinnen und Schüler der BBS Burgdorf setzten ihre Kompetenzen und ihr Wissen, die sie durch Unterrichtseinheiten und Projektstage erworben hatten auch in anderen Schulprojekten ein, wie beispielsweise dem Deutschen Gründerpreis <https://www.dgp-schueler.de/top/> und dem „Entrepreneur-Planspiel TOPSIM®-Startup“ <https://topsim.com/de/bildung>. Inzwischen haben mehrere Schülergruppen bei den Wettbewerben, bei denen die Entwicklung eines fiktiven Unternehmenskonzepts inklusive Businessplan und Marketingstrategie im Mittelpunkt steht, mit von der Natur inspirierten, nachhaltigen Produktideen beworben. BLOKON agierte jedes Mal als Projektpate. So wurden beispielsweise Ideen für mehr Fahrsicherheit beim Motorrad, eine Shampoo-Flasche, die sich vollständig leeren kann, so dass keine Produktreste verschwendet werden, ein nachhaltiges Sportbekleidungssystem, eine nachhaltige Manufaktur für Surfbretter mit bionischer Innovation und ein von der Natur inspiriertes Bewässerungssystem für Balkonpflanzen eingereicht. Alle fiktiven Produktideen gelangten in das obere Drittel der Bewertungen.

Zusätzlich präsentieren die Schülerinnen und Schüler das Projekt „Systemisch denken in der Berufsausbildung“ auf verschiedene Veranstaltungen wie beispielsweise der IdeenExpo 2019 in Hannover und verschiedenen schulischen Veranstaltungen, wie z.B. einer Fachwerkstatt und dem Tag der offenen Tür. Drei Schülerinnen der BBS Burgdorf das Projekt „Bionik in der beruflichen Bildung“ als Poster-Präsentation beim Bionik-Kongress 2018 „Patente aus der Natur“ an der



Hochschule Bremen aus ihrer Sicht vor. Bei diesem Kongress wird traditionell in besonderem Maße auch der Nachwuchs angesprochen. Für die drei Schülerinnen war dies Ansporn und Auszeichnung zugleich. Ihre gewonnenen Erfahrungen und der Austausch mit jungen Bionikerinnen und Bionikern wirken in die Berufsschule und Ausbildung zurück.

Ebenso wurden das Projekt und die Projekthalte auf verschiedenen Berufsinformationsveranstaltungen vorgestellt. So fand beispielsweise im November 2018 der erste Berufsinformationstag (BIT) der BBS Burgdorf in Kooperation mit der Agentur für Arbeit und dem Verein für Ausbildung im Verbund pro regio e.V. statt. Der für das Jahr 2020 geplante Infotag wurde aufgrund der Pandemie auf das Jahr 2021 verschoben. BIONIKON wird auch nach Projektende gemeinsam mit Schülerinnen und Schüler „Systemisch denken in der Berufsausbildung“ präsentieren, sodass nicht nur Lernende sondern auch weitere Lehrende anderer Schulen informiert werden können. Ebenso zeigte die Zukunftswerkstatt der Stadt Burgdorf großes Interesse an dem Thema und möchte es in ihrem Programm aufnehmen.



Abbildung 8: Projektpräsentation auf dem Stand von BIONIKON und GEA auf der Ideenexpo durch Schülerinnen und Schüler der BBS-Burgdorf.  
V.l.n.r. Michal Harm, Shawn Nowotny, Kerstin Kuhlmann, Dr. Rainer Erb



## 4 Fazit

Die projektierten Arbeiten sind plangemäß verlaufen und abgeschlossen. Alle Meilensteine wurden erreicht; die Projektziele wurden wie geplant und in vollem Umfang erreicht.

Mit dem Ziel, systemisches Denken stärker in die berufliche Bildung zu integrieren, wurden ausgehend von faszinierenden Bionik-Beispielen neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern gefördert. Dafür wurden als Lehrformate acht Unterrichtseinheiten, eine modellhafte, übertragbare Projektwoche für die Anwendung an Berufs(fach)schulen, sowie eine modellhafte Summer School für akademische und vor allem nicht-akademische Ausbildungswege entwickelt. Exemplarisch durchgeführt wurden sie an der BBS Burgdorf, der zweitgrößten berufsbildenden Schule Niedersachsens, bei einem Fachkräfte-Entwickler der Industrie und im Fall der Summer Schools viermal, davon einmal online, an drei Universitäten bzw. Hochschulen.

Die erste Summer School wurde von der Universität Würzburg mit dem „Albrecht Fürst zu Castell-Preis für Nachhaltiges Handeln“ ausgezeichnet.

Eine externe wirksamkeitsfeststellende Evaluation aller entwickelten Lehrformate ergab ein sehr positives Bild, sowohl im Hinblick auf das allgemeine Erleben als auch auf das Erreichen der projektierten Wirkungsziele.

Die Reichweite des Projektes entsprach den Erwartungen. Allein an der BBS Burgdorf wurden im Laufe des Projektes mehr als 500 Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz der Lehrformate erreicht. An den Summer Schools haben über 90 Studierende aus 18 verschiedenen Universitäten und über 30 verschiedenen Fachrichtungen an dem Programm teilgenommen.

BIOKON konnte in der Nachbewilligungsphase des Projektes zusätzlich auch junge Menschen für die nachhaltige Nutzung und Akzeptanz von Gebrauchsgütern erreichen, die auf dem ersten Arbeitsmarkt kaum eine Chance haben.

Externe Lehrende anderer Schulen konnten über die durchgeführten sieben Lehrer\*innen-Fortbildungen hinaus auch über andere Informationsveranstaltungen, Presseinformationen und soziale Medien erreicht werden, so dass die entwickelten Unterrichtsmaterialien auch von Lehrkräften außerhalb Niedersachsens angefordert wurden.

Die Unterrichtseinheiten wurden so aufbereitet, dass sie fächerübergreifend und ohne aufwändige Vorbereitung von Lehrkräften im Unterricht eingesetzt werden können. Methodisch wechseln die Einheiten zwischen Textarbeit, Präsentation, Kurzfilmen und auch der Förderung psychomotorisch-instrumenteller Fähigkeiten. Die Materialien werden durch Kopiervorlagen und PDF-Folien-Präsentationen ergänzt. Das komplette Paket der Unterrichtseinheiten steht zum kostenfreien Download bereit.

Dadurch werden auch nach Abschluss des Projekts die Lehrmaterialien weiterhin an der Partnerschule und weiteren Schulen eingesetzt; die Durchführung der Projektwoche wurde an der BBS Burgdorf verstetigt. Inhalte und Ergebnisse der Summer School wurden in einen Massive Open Online Course (MOOC) umgewandelt und ebenfalls online gestellt.



## **5 Anhang**

### **5.1 Entwickelte Unterrichtseinheiten**

Die nachfolgend beigefügten Unterrichtsmaterialien umfassen insgesamt acht Unterrichtseinheiten. Neben den sechs Unterrichtseinheiten UE 1 bis UE 6 wurde eine davon zusätzlich auch in vereinfachter Sprache geschrieben (UE 1.1); zwei weitere Module sind für Jugendliche mit erhöhtem Förderbedarf entwickelt worden (UE BES 1 und UE BES 2).

Außerdem enthalten die Unterrichtsmaterialien auch eine Anleitung für die Durchführung von Projekttagen beziehungsweise Projektwochen.

---

# Nachhaltigkeit Bionik Systemisches Denken

Unterrichtsmaterialien für naturwissenschaftliche,  
wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Fächer  
der Sekundarstufe I (ab 9. Klasse), Sekundarstufe II  
und insbesondere der Berufsbildenden Schulen



## Danksagung

Die Unterrichtsmaterialien entstanden im Rahmen des von der DBU geförderten Projektes „Systemisch Denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“. Neben den Unterrichtsmaterialien von BIOKON für Schulen wurden Bildungsangebote für Studierende durch unseren Partner GEA, der Green Economy Academy (<http://green-economy-academy.org/>), entwickelt und Sommer Schools konzipiert und durchgeführt.

Wir danken der **Deutschen Bundestiftung Umwelt** für die finanzielle Unterstützung des Projektes.



Unser Dank gilt auch den Lehrenden und Lernenden der **Modellschule BBS Burgdorf** für die Unterstützung bei der Erprobung der Unterrichtsmaterialien.



---

**BIOKON – Forschungsgemeinschaft  
Bionik-Kompetenznetz e.V.**



Website: [www.biokon.de](http://www.biokon.de)

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>S. 2</b>	<b>_____</b>	<b>Vorwort</b>
<b>S. 3</b>	<b>_____</b>	<b>1 Vertiefende Sachinformationen</b>
S. 4	1.1	Was ist Bionik?
S. 5	1.2	Bionik und Nachhaltigkeit
S. 6	1.3	Systemisches Denken
<b>S. 7</b>	<b>_____</b>	<b>2 Informationstext für Schüler*innen als Kopiervorlage für alle Unterrichtseinheiten</b>
<b>S. 9</b>	<b>_____</b>	<b>3 Unterrichtseinheiten</b>
S. 10	UE 1	Bionik und Nachhaltigkeit
S. 33	UE 1	Bionik und Nachhaltigkeit (in vereinfachter Sprache)
S. 40	UE 2	Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung
S. 57	UE 3	Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-)Leben ermöglichen
S. 73	UE 4	Prothetik und Ethik 2: Technische Innovationen für Umwelt und Gesundheit – wie weit dürfen wir gehen?
S. 92	UE 5	Plastik in Kleidung: Nutzen, Umweltprobleme, Lösungen
S. 106	UE 6	Wie Bioniker*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen
S. 118	UE BES 1	Bienen – interessant, schützenswert und nützlich für Wirtschaft und Technik
S. 125	UE BES 2	Bionische Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt
<b>S. 136</b>	<b>_____</b>	<b>4 Projekttag / Projektwoche</b>
<b>S. 147</b>	<b>_____</b>	<b>5 Impressum</b>

# Vorwort

## Liebe Lehrkräfte,

diese Unterrichtsmaterialien können Sie fächerübergreifend und ohne aufwändige Vorbereitung in Ihrem Unterricht einsetzen. Zwei Jahre lang haben wir die Materialien unter Berücksichtigung der Änderungsvorschläge von Lehrenden und Lernenden der berufsbildenden Schulen Burgdorf entwickelt, erprobt und evaluiert. So konnten insgesamt acht verschiedene Unterrichtseinheiten für jeweils einen 90-minütigen Unterricht konzipiert werden. Methodisch wechseln die Einheiten zwischen Textarbeit, Präsentation, Kurzfilmen und auch der Förderung psychomotorisch-instrumenteller Fähigkeiten. Die Materialien werden durch PDF-Folien-Präsentationen ergänzt. Die erste Unterrichtseinheit (Bionik und Nachhaltigkeit) wurde zusätzlich in vereinfachter Sprache geschrieben. Die siebte und achte Unterrichtseinheit (BES 1 „Bienen – interessant, schützenswert und nützlich für Wirtschaft und Technik“ und BES 2 „Bionische Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt“) wurden speziell für und mit Berufseinstiegsklassen entwickelt.

Ebenso wurde ein flexibles Konzept für Projekttag zum Thema „Systemisch Denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“ entwickelt. Die Materialien stehen Ihnen ebenfalls kostenlos zur Verfügung.

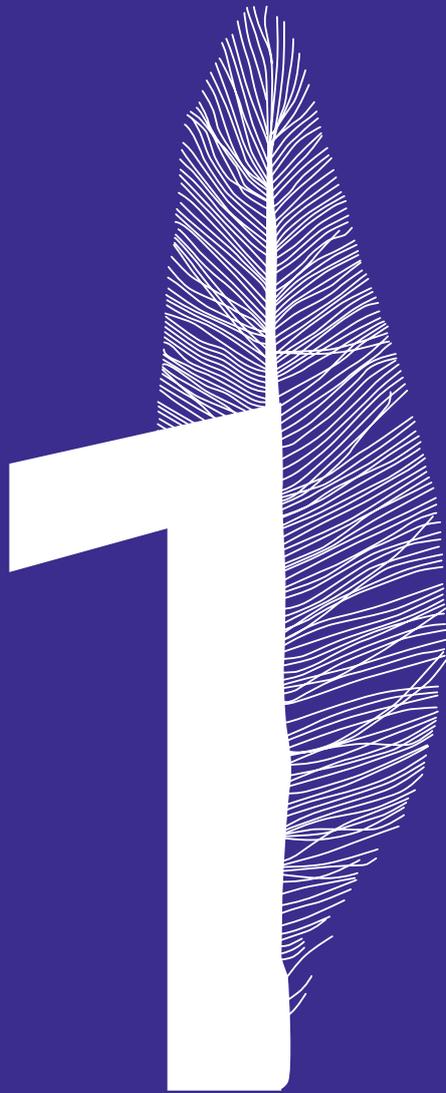
Im Anschluss an das Vorwort bekommen Sie vertiefende Sachinformationen (Kapitel 1) zu den Themen Bionik, Nachhaltigkeit sowie Systemisch Denken. Im 2. Kapitel finden Sie einen „Brief von Schülern für Schüler“. Dieser Text hilft den Schülerinnen und Schülern (SuS), leichter in die Themen Bionik, Nachhaltigkeit und Systemisches Denken reinzukommen. Sie können ihn bei Bedarf kopieren oder die entsprechende PDF-Folie nutzen.

Im 3. Kapitel können Sie unter *Unterrichtseinheit kompakt* auf einen Blick mehr über das Thema, die Einsatzmöglichkeiten im Unterricht, die Lerngebiete in Bezug zum Kerncurriculum sowie über die inhaltsbezogenen Kompetenzen und Voraussetzungen erfahren. Der Ablauf der Unterrichtseinheiten in Unterkapitel 1 hat sich in der Praxis bewährt, lässt aber immer noch Raum für eigene Ideen und andere Gestaltungsmöglichkeiten. Im 2. Unterkapitel finden Sie die Kopiervorlagen für Ihren Unterricht.

Im 4. Kapitel stellen wir Ihnen das Konzept der Projekttag, die wir an der BBS Burgdorf durchgeführt haben, vor.

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage: [www.biokon.de](http://www.biokon.de)

Wir wünschen Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern viel Spaß mit den Unterrichtsmaterialien!



---

Vertiefende  
Sachinformationen

## 1.1. Was ist Bionik?

Der Begriff „Bionik“ setzt sich zusammen aus Biologie und Technik. Er beschreibt das kreative Umsetzen von Anregungen aus der Biologie in die Technik. Dazu arbeiten Biolog\*innen eng mit Ingenieur\*innen, Architekt\*innen, Physiker\*innen, Chemiker\*innen und Materialforscher\*innen zusammen.

Bionik ist wie folgt definiert: Bionik verbindet in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biologie und Technik mit dem Ziel, durch Abstraktion, Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnen werden, technische Fragestellungen zu lösen (VDI 6220). Biologische Vorbilder im Sinne dieser Definition sind biologische Prozesse, Materialien, Strukturen, Funktionen, Organismen und Erfolgsprinzipien sowie der Prozess der Evolution.

### Überraschende Lösungen

Bioniker nutzen dabei das große Reservoir an biologischen Strukturen, Prozessen und oft überraschenden funktionalen Lösungen, die in Milliarden Jahren evolutionärer Entwicklung optimiert und erprobt wurden. Diese liefern Ideen für nachhaltige und vor allem innovative Anwendungen, Produkte werden mit Hilfe bionischer Funktionsprinzipien optimiert und Sprunginnovationen möglich gemacht.

Als interdisziplinäre Wissenschaft zielt Bionik auf ein durch die Natur angeregtes „Neuerfinden“, nicht aber auf ein reines Kopieren natürlicher Vorbilder ab. Bionik überzeugt als kreative und zielführende Innovationsmethode. Spannend ist dabei, dass die Bionik für jede konkrete technische Fragestellung aus Vorbildern der Natur Antworten und Lösungen finden kann.

### Vielfalt biologischer Vorbilder

Durch die Evolution und Biodiversität haben sich Lebewesen jedem verfügbaren und noch so unwirtlichen Lebensraum angepasst. Probleme, die mit technischen Herausforderungen vergleichbar sind, wurden dabei durch an die Umgebungsbedingungen angepasste Konzepte gelöst. Aus der Vielfalt biologischer Vorbilder ergibt sich für die Forscher\*inne ein nahezu grenzenloser Pool an spezifischen Antworten auf technische Fragestellungen.

### Bionik funktioniert

Die Natur ist der erfolgreichste Innovator aller Zeiten:

- Selbstheilende Risse für Langlebigkeit (Ficus-Pflanze → Auspuffaufhängung)
- Optimierte Materialverteilung für Bruchfestigkeit (Knochenwachstum → Bauteile)
- Superhydrophobe Oberflächen für Selbstreinigung (Lotus-Blatt → Fassadenfarbe)
- Optimierte Leichtbaustrukturen für Materialeinsparung (Kieselalgen → Offshore-Windkraftanlagen)
- Konstruktion für gelenkfreie Klappmechanik (Paradiesvogelblume → Fassadenverschattung)
- Oberflächenstrukturen für giftfreies Antifouling (Haihaut → Schiffanstriche)
- Nachgiebige Roboter für sichere Mensch-Technik-Interaktion (Muskeln → Serviceroboter)
- Nanostrukturen für klebstofffreies Haften (Gecko → Haftfolie)
- Datenübertragungssysteme für kabellose Unterwasser-Kommunikation (Delphin → Modem)
- Lufthaltende Schichten zur Reibungsreduktion (Schwimmfarn → Schiffsbeschichtung)

- Technische Textilien für vertikalen Flüssigkeitsferntransport (Liane → Bewässerungssysteme)
- Anti-adhäsive Oberflächen für Korrosionsschutz (Lotusblatt → Antihaft-beschichtete Metalle)
- Intelligente Strukturen für formschlüssiges Greifen (Fischflosse → Greifwerkzeug)
- Befestigungssysteme für zuverlässiges Fixieren (Zikade → Dübel)
- Fruchtschalenstrukturen zur Stoßdämpfung (Pampelmuse → Motorradhelm)
- Naturprodukte für Hightech-Materialien (Spinnenseide → Filtermaterialien)
- Haftstruktursysteme für reversible Verbindungen (Klette → Klettverschluss)

### **Innovationskraft der Bionik**

Die Bionik ist mittlerweile eine etablierte Innovationsmethode, die insbesondere in Deutschland eine Vielzahl an Produktoptimierungen und Neuentwicklungen hervorgebracht hat. Zu dem Mehrwert durch das Lernen von der Natur gehört auch, dass bionische Produkte und Technologien ein hohes Nachhaltigkeitspotential haben und durch die Wettbewerbsvorteile der Unternehmen Arbeitsplätze geschaffen und gesichert werden können.

---

## **1.2. Bionik und Nachhaltigkeit**

Innovationen, die durch Bionik entstehen, können sich durch immense Beiträge zur Nachhaltigkeit auszeichnen – während des Produktionsprozesses und vor allem in der Anwendung. Der Umgang mit Ressourcen – sei es durch Einsparung oder durch optimale Nutzung – ist in der Pflanzen- und Tierwelt für das Überleben und ein funktionierendes Ökosystem von zentraler Bedeutung. So sind im Laufe der Evolution überzeugende Konzepte entstanden.

Die biologischen Vorbilder innovativer Technologien sind auf Material- und Energieeffizienz angewiesen und haben dahingehend optimierte Eigenschaften entwickelt – ob durch (strömungs-)optimierte Formen, Leichtbau, Reibungsreduktion oder elastische Energiesysteme. Deren Funktions- und Bauprinzipien können mit der Bionik als Innovationsmethode in nachhaltige, zukunftsweisende Produkte und Technologien umgesetzt werden.

### **Lernen von der Natur**

So entstehen durch das Lernen von der Natur nachhaltige Innovationen, die zum Beispiel mit deutlichen Materialeinsparungen, Treibstoff- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen und Langlebigkeit verbunden sind und die insgesamt zu Ressourcenschonung und Kosteneinsparungen sowie zu Wettbewerbsvorteilen am Wirtschaftsstandort Deutschland führen. Die umfassende Denkweise der Bionik hat zudem das Potenzial, die Gesellschaft hinsichtlich ihrer ökologischen, ökonomischen und sozialen Verantwortung positiv zu verändern.

Biologische Strukturen und Materialien und der Prozess der Evolution bilden die Vorlage für technische Innovationen, die durch hohe Energie- und Ressourceneffizienz einen wesentlichen Beitrag für nachhaltige Entwicklungen in Industrie, Wirtschaft und Gesellschaft leisten. Bionik ist damit eine der wesentlichen Wissenschaftsdisziplinen, die die Transformation von einer von fossilen Rohstoffen abhängigen Gesellschaft hin zu einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Gesellschaft begleiten kann.

**Respekt vor der Biodiversität**

Außerdem trägt Bionik zu einem erweiterten Bewusstsein für Umwelt- und Naturschutz bei. Neben der „Schönheit“ erkennen die Menschen die „Genialität“ der Natur. Respekt vor der Biodiversität und ein Verständnis für die natürlichen Zusammenhänge entstehen. Aus dieser Faszination resultiert eine neue Einstellung zur Natur und folglich auch zur Notwendigkeit ihres Schutzes. Dies gilt nicht nur für die innovierenden Unternehmen, sondern auch für die Bevölkerung, die Konsumenten.

Die biologischen Vorbilder, die Eingang in eine bionische Entwicklung gefunden haben, können als Ökosystemdienstleistung bewertet werden, womit auch die ökonomische Bedeutung der Natur unterstrichen wird.

---

## 1.3. Systemisches Denken

Ziel der einzelnen Unterrichtseinheiten ist es, mit Hilfe der Bionik systemisches Denken stärker in die berufliche Bildung zu integrieren. Nachwuchskräfte sollen bereits in ihrer Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen vertraut gemacht werden, damit sie die für eine zukunftsfähige Wirtschaftsweise nötigen Kompetenzen in die Unternehmen tragen und die nachhaltige Entwicklung und Gestaltung von Gebrauchsgütern sowie deren breite Akzeptanz in Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben. Hierbei sollen die Lernenden darin geschult werden, alle Faktoren eines komplexen Systems, wie es in der Natur, in der Technik aber auch in Unternehmen vorkommt, zu erkennen. Dabei werden nicht nur einfache Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge beschrieben, sondern die Eigendynamik eines Systems und die wechselseitigen Abhängigkeiten und Auswirkungen auf andere Bereiche oder sogar andere Systeme berücksichtigt. Wer beispielsweise einen Baum in seinem Garten fällen möchte, muss sich nicht nur über Bundesgesetze und kommunale Baumschutzverordnungen informieren, sondern sich auch Gedanken um die direkten Auswirkungen auf die Tiere machen, die im, auf und unter dem Baum leben. Wenn der schattenspendende Baum gefällt wird, befinden sich auch plötzlich die darunter wachsenden schattenliebenden Pflanzen oder der Sandkasten der Kinder in der prallen Sonne, der pH-Wert des Bodens kann sich verändern oder es fehlt der Sichtschutz zum Nachbarn.

Die Förderung systemischen Denkens kann unüberlegte Handlungen vermeiden und ein größeres Verantwortungsbewusstsein fördern, da die SuS lernen, dass ein Eingriff in ein System zahlreiche komplexe Folgen haben kann. Dadurch können rechtzeitig Auswirkungen eingeplant werden, ohne dass sie im Nachhinein korrigiert werden müssen. Somit wird die Wahrscheinlichkeit reduziert, dass kurzfristige Lösungen zu langfristigen Nachteilen führen.



---

Informationstext für  
Schüler\*innen als  
Kopiervorlage für alle  
Unterrichtseinheiten

Dieser Text hilft den SuS, leichter in die Themen Bionik, Nachhaltigkeit und Systemisches Denken reinzukommen. Sie können ihn bei Bedarf kopieren oder die entsprechende PDF-Folie nutzen.

**Hallo zusammen,**

als unser Lehrer sagte, wir machen heute etwas zum Thema Systemisch Denken, Nachhaltigkeit und Bionik, dachten wir zuerst nur: Systemisch Denken klingt anstrengend, Nachhaltigkeit klingt langweilig. Nur das Thema Bionik klang wenigstens etwas interessant. Nach 90 Minuten Unterricht haben wir unsere Meinung geändert...

Systemisch Denken ist gar nicht so kompliziert. Es geht einfach nur darum, die Sachen aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und sich zu überlegen, welche Auswirkungen eine Veränderung haben könnte.

Nachhaltigkeit hat viele Perspektiven. Vereinfacht gesagt, soll man nur so viel verbrauchen, dass auch die nächsten Generationen leben können. Inzwischen hat man den Begriff erweitert. Er beinhaltet ökologische, ökonomische und soziale Aspekte.

Bionik ist die Mischung aus Biologie und Technik. Man schaut sich von der Natur Sachen ab und überträgt sie auf die Technik. Dabei wurden bisher schon sehr spannende Sachen entwickelt.

Ach so, wenn ihr mehr über Bionik und Nachhaltigkeit wissen wollt, schaut euch doch mal die Seiten von BIONIKON und Green Up Your Future an...

Hier gibt es auch interessante Infos rund um das Thema Berufe...

Viel Spaß

Eure Lea und euer Jannick



---

# Unterrichtseinheiten für Schulklassen

# Bionik und Nachhaltigkeit

---

## Unterrichtseinheit kompakt

<b>Thema der Stunde</b>	Was ist Bionik und was hat Bionik mit Nachhaltigkeit zu tun?
<b>Lernziele</b>	Die SuS sollen Beispiele für die Bionik nennen und unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit erläutern können.
<b>Einsatzempfehlungen</b>	insbesondere in den Fächern Biologie, Wirtschaft, Technik
<b>Verbindung zum Lehrplan</b>	Im Fach Biologie kann die Unterrichtseinheit im Lerngebiet Ökologie und Nachhaltigkeit verankert werden. Hierbei werden besonders die Basiskonzepte Struktur und Funktion sowie Variabilität und Anpassbarkeit angesprochen. Im Fach Wirtschaft kann die Unterrichtseinheit mit dem Lerngebiet 1 (Das Unternehmen als komplexes wirtschaftliches und soziales System – Schwerpunkt Nachhaltigkeit) verbunden werden. Im Fach Technik kann das Thema Leichtbau am Beispiel Stabwerke erarbeitet werden und als Einstieg in das Thema Statik, Dynamik und Festigkeitslehre dienen.
<b>Voraussetzungen</b>	Das Thema Nachhaltigkeit sollte zuvor behandelt worden sein. Einen Überblick verschafft diese Unterrichtseinheit aber auch.

---

**UE 1/1.**

# Verlauf, Material und Lösungen

Mit dieser Unterrichtseinheit werden die SuS einen Einblick in die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Bionik bei der Herstellung von Gebrauchsgütern bekommen. Sie werden am Beispiel von Leichtbaukonstruktionen mehr über die Relevanz eines nachhaltigen Wirtschaftens erfahren. Über verschiedene Anpassungen von Pflanzen an ihre Umgebung werden die SuS systemisches Denken kennenlernen. Kopiervorlagen für Ihren Unterricht finden Sie im 2. Kapitel: Kopiervorlagen.

**Materialien** Spaghetti, Schere, Marshmallows, Bindfaden, Klebeband, Pflanzen (-teile) (zum Beispiel Bogenhanf, Bambus, Sonnenblume, diverse Gräser), optional: Lupe, Präparationsbesteck

Optional brauchen Sie die Möglichkeit, im Internet Filme zu zeigen.

Unterrichtsverlauf			
<b>Einstieg</b>	Lehrkraft (L) erklärt, als Hinführung zum Thema Bionik den Begriff und erläutert ihn anhand des Klettverschlusses.		<b>5 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 1</b>	Mit Hilfe des Textes „Bionik“ und des Arbeitsblattes 1 „Bionik“ werden Beispiele für die Teilbereiche der Bionik erarbeitet.		<b>30 Minuten</b>
<b>Sicherung 1</b>	SuS vergleichen die Ergebnisse.		<b>5 Minuten</b>
<b>Vertiefung 1</b> (als Reserve)	L zeigt einen kurzen Filmausschnitt „ELiSE“. SuS erläutern daran die Bedeutung der Bionik unter nachhaltigen Gesichtspunkten mit Blick auf neue Kompetenzen in ihrer Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltigerer Gebrauchsgüter.		<b>15 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 2</b>	SuS führen in Kleingruppen einen Wettkampf („Marshmallow-Challenge“) durch und vergleichen ihre Ergebnisse.		<b>30 Minuten</b>
	Anschließend werden die unterschiedlichen Pflanzen verteilt und von den SuS im Hinblick auf ihre Stabilität hin untersucht.		<b>10 Minuten</b>
<b>Sicherung 2</b>	SuS präsentieren im Plenum ihre Ergebnisse.		<b>10 Minuten</b>
<b>Hausaufgaben- vorschläge</b>	SuS erstellen in Einzelarbeit einen Steckbrief der untersuchten Pflanzen und recherchieren weitere Nutzungsmöglichkeiten (z. B. in der Pharmazie) der Pflanzen.		
<b>Reduktion</b>	Die Erarbeitung 2 kann verkürzt werden, in dem die Lehrkraft die unterschiedlichen Pflanzen vorstellt.		

Als Einstieg in das Thema erläutern Sie den SuS den Begriff am Beispiel des Klettverschlusses. Hier sind die Hintergrundinformationen für Sie:

### Der Klettverschluss als Klassiker der Bionik

Bei Spaziergängen verfangen sich immer wieder Kletten in den Haaren der Hunde des Schweizer Ingenieurs Georges de Mestral (1907 – 1990). Das machte ihn neugierig, also legte er die Früchte unter sein Mikroskop und entdeckte winzige elastische

Häkchen als Geheimnis hinter dem Mechanismus. De Mestral sah das als Möglichkeit, zwei Komponenten reversibel zu verbinden und erfand den textilen Klettverschluss. Damit schuf er das wohl bekannteste und erfolgreichste Produkt der Bionik. Der Umsatz mit den Klettverschluss-Produkten erreicht Abermillionen von Euro jährlich.<sup>1</sup>

Die Große Klette, die das Vorbild für die Erfindung des Klettverschlusses lieferte, ist in Eurasien heimisch. Sie wird bis zu 1,50 Meter hoch und entwickelt stachlig-runde Früchte. Durch das Anhaften an Fremdkörper wird der Samen perfekt verbreitet. Klettfrüchte besitzen viele kleine elastische Häkchen, die auch dann nicht kaputt gehen, wenn man sie aus einem Hundefell herauszieht oder von der Kleidung löst. In diesem Fall führte das direkte Abschauen von der Natur zu einer genialen bionischen Lösung für die Technik. Der Klettverschluss besteht aus einem Hakenband, das wie die Klettfrucht eine große Zahl von elastischen Häkchen besitzt. Das Flauschband entspricht dem Tierfell und besteht aus vielen feinen geschlossenen Schlingen, in denen sich die Häkchen verfangen können. Inzwischen gibt es viele Weiterentwicklungen, wie das Pilzkopfband und das Veloursband, die noch stärkere Haftkräfte entwickeln. Auch durch die Nutzung anderer Materialien konnten neue Anwendungsgebiete erschlossen werden, bspw. gibt es das Klettband aus Metall. Das hat eine viel höhere Belastbarkeit und ist in ganz anderen Umgebungen einsetzbar (Verschmutzung... ). Bis zu 35 Tonnen pro Quadratmeter kann ein Klettverschluss aus Metall halten – und das selbst bei 800 Grad Celsius.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> [http://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1620&cHash=81d549eef1ebaaab3110e780d8e1c730](http://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1620&cHash=81d549eef1ebaaab3110e780d8e1c730)

<sup>2</sup> <http://www.biokon.de/news-uebersicht/temperaturbestaendige-klettverschluesse-aus-stahl/>

Verteilen Sie nun das Arbeitsblatt 1: Bionik. Teilen Sie die Klasse in 6 Gruppen. Nach der Einleitung bearbeitet je eine Gruppe ein Beispiel der Bionik. Hierfür wird die Tabelle des Aufgabenblattes ausgefüllt. Die Ergebnisse werden anschließend verglichen und ergänzt.

Bionik und Nachhaltigkeit

**Arbeitsblatt 1**

# Bionik

## Was Bionik ist und kann

Der Begriff Bionik setzt sich zusammen aus den Wörtern Biologie und Technik. Er beschreibt das Umsetzen von Funktionsprinzipien der Biologie in die Technik durch die drei A's der Bionik: Analyse, Abstraktion und Anwendung.

Im Laufe der Evolution und durch die Diversität haben sich Populationen jedem verfügbaren und noch so unwirtlichen Lebensraum angepasst. Für Probleme, die mit technischen Herausforderungen in unterschiedlichen Umgebungsbedingungen vergleichbar sind, gibt es Lösungen, die in Millionen von Jahren optimiert und erprobt wurden. Aus der Vielfalt biologischer Vorbilder ergibt sich für die Forschenden ein nahezu grenzenloser Pool an spezifischen Antworten auf konkrete technische Fragestellungen.

Tiere und Pflanzen haben zwei „Antriebe“: das eigene Überleben und Fortpflanzung. Ein einzelnes Lebewesen muss mit den Ressourcen, welche ihm in seiner Umgebung zur Verfügung stehen, auskommen. Die Pflanze oder das Tier ist also auf Ressourcen- und Energieeffizienz angewiesen, um zu überleben.

Gleichzeitig brauchen Tiere optimierte Sensorik, um ihre Beute zu orten und sie müssen sich effektiv fortbewegen können, um ihren Fressfeinden zu entkommen. Pflanzen müssen sich beispielsweise durch Selbstreinigung vor Krankheitserregern schützen und mit den Wetterverhältnissen wie Wind oder Trockenheit durch angepasste Strukturen und Materialien klarkommen. Bionik heißt, diese Prinzipien zu analysieren, zu abstrahieren und auf die Technik anzuwenden. Ressourceneffiziente Systeme, reibungs- und energiearme Bewegungsmechanismen, Leichtbaustrukturen, Sensorikkonzepte, Energiespeichersysteme, Selbstreinigungs- und Selbstreparaturfunktionsweisen – alles Bionik-Lösungen mit großem Nachhaltigkeitspotential für innovative Produkte und Technologien.

Man unterscheidet in der Bionik zwei Arten von Entwicklungsprozessen. Beim „Biology push“ steht eine interessante Entdeckung aus der Biologie am Anfang des Forschungs- und Entwicklungsprozesses. Auf Grundlage des entschlüsselten Funktionsprinzips kann sich eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Durch völlig neue, teils unerwartete Lösungsansätze sind so Produktentwicklungen bis hin zu Sprunginnovationen möglich. Beim „Technology pull“ wird hingegen gezielt in der Natur nach einer Lösung für ein bestimmtes Problem aus der Technik beziehungsweise der Wirtschaft gesucht, so dass Produkte und Prozesse entwickelt oder optimiert werden können. So bietet die Natur in beeindruckender Vielfalt Lösungsansätze für technische Entwicklungen, die Marktrelevanz in den unterschiedlichsten Branchen haben.

Bionik und Nachhaltigkeit

## Häuser, die sauber bleiben – sie sind kein Traum mehr

Nach dem Erfolg der selbstreinigenden Fassadenfarbe Lotusan® mit einer Pflanze als biologischem Vorbild – die Blätter der Lotuspflanze mit dem sogenannten Lotus-Effekt®, welchen der Bonner Botaniker Professor Dr. Wilhelm Barthlott für selbstreinigende Oberflächen nutzbar gemacht hat – haben die Bioniker nach weiteren Lösungen in der Natur gesucht, wie Flächen sauber bleiben und auch schnell trocknen.

So sind sie auf ein Tier gestoßen und haben sich näher angeschaut, was sie vom Nebeltrinker-Käfer lernen können. Dieser Käfer lebt in der trockenen Namib-Wüste und sammelt zum Trinken den Morgennebel auf seinem Rücken. Sein Chitinpanzer hat eine spezielle noppenähnliche Oberflächenstruktur, an der sich die Tröpfchen des Nebels abscheiden und zu großen Tropfen heranwachsen, die dann zum Maul hin ablaufen, so dass er sie trinken kann.

Dieses Prinzip umgesetzt in der Fassadenfarbe StoColor Dryonic® bewirkt, dass Wasser schnell von der Hauswand abgeführt wird und nicht auf der Oberfläche stehen bleibt. So wird den Algen und Pilzen, die sich häufig auf feuchten Oberflächen ansiedeln und diese beschädigen, die Lebensgrundlage entzogen. Eine Bewuchsbekämpfung durch Gifte (Biozide) ist nicht nötig, um das Haus, die Baumaterialien und Ressourcen nachhaltig zu schützen. Die Farbe wurde für schnell trocknende Fassaden entwickelt. Sie eignet sich aber auch für Bauteile aus Beton, Holz sowie Blech und kann daher auch zum Schutz von Garagen, Regenrinnen und anderen Gebäudeteilen eingesetzt werden.

---

## Sie haften auf glatten, rutschigen, feuchten Oberflächen, sogar auf Menschenhaut

Die Geschwindigkeit und vor allem die Sicherheit, mit der sich Geckos auf den unterschiedlichsten Materialien und Oberflächen selbst kopfüber bewegen, sind einfach beeindruckend. Die Tiere haben an ihren Füßen viele feine Härchen, so dass Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Haarstrukturen und den Kletteruntergründen aber auch elektrostatische Kräfte wirken können.

Durch die Zusammenarbeit von Wissenschaftler\*innen um dem Kieler Professor Dr. Stanislav Gorb, die diese Funktionsprinzipien in jahrelanger Grundlagenforschung an Gecko- und Käferfüßen entschlüsselt haben, und einem Unternehmen, welches seit vielen Jahren an verschiedenen bionischen Haftmechanismen arbeitet, u. a. dem Klettverschluss, wurde das Gecko®-Tape

entwickelt und auf den Markt gebracht werden. Dieses Tape besitzt eine hohe Haftkraft, kann spurlos entfernt werden, ist abwaschbar und wiederverwendbar – ein wichtiger Punkt in Sachen Materialeinsparung und Umwelt- und Ressourcenschonung. Es funktioniert auf allen ebenen und glatten Oberflächen wie Glas, lackiertem Metall, Marmor, Keramik und Kunststoff. Selbst für medizinische Zwecke kann es eingesetzt werden, da das Material aus medizinischem Silikon nicht hautreizend ist. Neben Haushalt und Industrie ist die Einsatzagenda grenzenlos. Kletterroboter mit Gecko-Tape-Füßen oder die Verwendung im Weltraum müssen keine Science Fiction bleiben – das Gecko-Tape® haftet auch im Vakuum.

Bionik und Nachhaltigkeit

## Der Fin Ray Effect® – geniale Bionik-Erfindungen durch Entdeckergeist

Erst kam das Staunen, dann die Frage nach dem Warum und dann die Entdeckung einer genialen Struktur. Beim Angeln entdeckte der Berliner Bioniker Leif Kniese den Fin Ray Effect®: Drückt man mit dem Finger gegen die Schwanzflosse einer Forelle, so biegt sich diese nicht in Krafrichtung weg, sondern die Spitze der Flosse bewegt sich überraschenderweise entgegen der Krafrichtung zum Finger hin.

Die Flossen von Fischen haben als Gerüst mehrere sogenannte Flossenstrahlen. Ein Flossenstrahl besteht aus zwei Längselementen, die sich an einer Spitze treffen, und querliegenden Bindegewebsfasern dazwischen. Als technische Konstruktion wird daraus ein Dreieck aus elastisch oder durch Gelenke miteinander verbundenen Längs- und Querstreben, ein sogenanntes Fin Ray-Element. Diese Struktur passt sich flexibel und passiv der Form konvexer Gegenstände an. Hierdurch werden Punktlasten vermieden, die Kraft verteilt sich über die Fläche.

Greifer aus zwei oder mehreren dieser Fin Ray-Elemente halten Gegenstände sicher und beschädigungsfrei, die Ausschussmenge von empfindlichen Produkten beispielsweise in der Lebensmittelindustrie, beim Sortieren von Eiern, Blumenzwiebeln oder Früchten wird reduziert und dank einer Material- bzw. Gewichtersparnis von bis zu 80% werden Ressourcen geschont. Als Rückenlehne an Stühlen stützt der Fin Ray den gesamten Rücken. Konzentrisch in dem Auswringkorb für einen Wischmopp angeordnet erreichen die Elemente, dass bei gleichem Anpressdruck die Auswringleistung 30% größer ist als ohne Fin Ray Effect®.

---

### Bionik-Dübel helfen am Bau

Heutzutage werden bei energetischen Modernisierungen oft Wärmedämmverbundsysteme und Gipskartonplatten eingesetzt. Durch die neuen Materialien und die Leichtbauweise der energieeffizienten Wandkonzepte wird auch der Montageaufwand geringer. Auf den Baustellen reduziert sich mit dem Gewicht der Bauteile zugleich auch der Aufwand für die Montagesicherungen und die Gerüste und die Arbeit für die Handwerkerinnen und Handwerker wird im wahrsten Sinne leichter.

Diese Leichtbaumaterialien sorgen allerdings auch dafür, dass Dübel schwerer Halt in den Wänden finden. Eine Lösung für das Problem fanden Markus Hollermann und Felix Förster, Studenten des Bremer Bionik-Studiengangs, bei Zecken und Zikaden, die sich mit ihren Mundwerkzeugen in den Wirt „bohren“ und verankern. Zecken

ernähren sich als Wirbeltier-Parasiten vom Blut ihrer Wirte, Zikaden ernähren sich vom zuckerreichen Saft von Pflanzen. So wurde ein Dübel entwickelt, der sich leicht in die Wärmedämmschicht einbringen lässt und sich dort sicher fixieren kann – alles nach dem Vorbild der Natur.

Für das Forschungsergebnis im Rahmen ihrer Abschlussarbeit – der Bionik-Dübel nach Parasitenvorbild – sind die beiden Studenten mit dem „International Bionic Award 2010“ ausgezeichnet worden und konnten mit dem Preisgeld ihr eigenes Unternehmen „die Bioniker“ gründen.

Bionik und Nachhaltigkeit

## Organisationsbionik

Bei der Organisationsbionik werden die Vorgänge in und zwischen Organisationen als Lebensprozesse betrachtet, die nach den gleichen oder ähnlichen Prinzipien ablaufen, wie andere Prozesse in der Natur. Das Wirtschaftsgeschehen wird als Teil einer vielfältigen Entwicklung gesehen und Unternehmen werden wie lebende Organismen betrachtet, die einem ständigen Veränderungsprozess unterworfen sind.

Analogien aus der Natur helfen, die Zusammenhänge zu verstehen, zu verbessern und zu erklären. Ungewollter Ressourcenverbrauch und Emissionen können in Wertschöpfungsketten beispielsweise durch mangelnde Interaktionsfähigkeit verursacht werden. Mit Hilfe der Prinzipien biologischer Vorbilder, wie beispielsweise den im Bienenstaat organisierten Honigbienen, die durch komplexe Kommunikationsmechanismen und den bedarfsangepassten Einsatz von Generalisten ihre Honigproduktion optimieren, werden mit der Organisationsbionik systematisch Ideen zur Lösung derartiger Herausforderungen in Unternehmen entwickelt.

Die Organisationsstrukturen und die Wirtschafts- und Managementprozesse werden für ein nachhaltiges Wirtschaften optimiert. Beispielsweise können die Prinzipien der Selbstorganisation und Schwarmkommunikation auf Start-ups und andere Organisationen angepasst werden. Für Wertschöpfungsketten kann man auch heute noch viel von Kreisläufen der Natur lernen.

---

## Künstliche Haihaut – für Schiffe im Wasser und Flugzeuge in der Luft

Die Haut von Haien besteht aus vielen kleinen gleichgerichteten Zähnchen beziehungsweise Schuppen. Zum einen sind die Haihaut-Schuppen flexibel, beweglich gelagert und zum anderen haben sie Mikrorillen. Die Flexibilität und Elastizität sowie die gerichteten Mikrostrukturen haben zwei Auswirkungen: Der Fisch kann sich reibungsarm, also energieschonend durch das Wasser bewegen und Meereslebewesen wie Seepocken können mit ihrem Kleber nicht an der Oberfläche haften.

Diese Erkenntnisse sind die Grundlage für bionische Schiffsbeschichtungen, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften den Bewuchs, das sogenannte Fouling, verhindern, so dass auf die sonst üblichen Giftstoffe verzichtet werden kann. Den Schiffsrumpf eines mittelgroßen Containerschiffs der Panamax-Klasse mit solch einem giftfreien Anti-Fouling-Lack zu streichen, entlastet nicht nur die Umwelt, sondern

führt auch zu einer signifikanten Treibstoffersparnis von 40 Prozent. Durch Verhinderung des Bewuchses, der ohne Antifouling-Lack den Reibungswiderstand des Schiffes im Wasser erhöht, könnten Mehrkosten für Treibstoff eines solchen Schiffes pro Tag von bis zu 30.000 US-Dollar eingespart werden, das sind neun Millionen Dollar pro Jahr für ein einzelnes Schiff. Es werden Ressourcen, Co2 und Geld gespart.

Die energiesparenden Reibungs-Minimierungs-Effekte sind auch Ziel bei einem bionisch optimierten Badeanzug und bei Flugzeugen, wo sie durch Aufbringen einer sogenannten Ribletfolie erreicht werden oder durch das Lackieren und anschließende Einprägen der Mikrostruktur.

Bionik und Nachhaltigkeit

**Aufgabe** Ordnen Sie den biologischen Vorbildern die im Text genannten Gebrauchsgegenstände zu und ergänzen Sie in der Tabelle den positiven Effekt hinsichtlich Nachhaltigkeit.

Biologisches Vorbild	Gebrauchsgegenstand	Nachhaltigkeitsbeitrag
<i>Lotuspflanze,</i>	<i>(Fassaden-)Farbe</i>	<i>Weniger Giftstoffe (Biozide)</i>
<i>Nebeltrinker-Käfer</i>		<i>Langlebigkeit der durch den Lack geschützten Hausteile</i>
<i>Klette,</i>	<i>Klettverschluss und</i>	<i>Wiederverwendbarkeit</i>
<i>Gecko</i>	<i>„Gecko-Tape“ (Haft- und Befestigungsmaterial)</i>	<i>Materialeinsparung</i>
<i>Fisch (bspw. Forelle)</i>	<i>Fin Ray Effect®: Wischmopp, Greifer, Stuhllehne</i>	<i>Energieeffiziente und materialsparende Struktur Reduktion von Ausschuss Ergonomie</i>
<i>Zecke</i>	<i>Dübel</i>	<i>unterstützt Leichtbauweise beim Hausbau</i>
<i>Bienen</i>	<i>Optimierung von Unternehmensstrukturen und Kommunikationsprozessen und Wertschöpfungsketten</i>	<i>Selbstorganisation und Verbesserung der Kommunikation zur Vermeidung von ungewolltem Ressourcenverbrauch</i>
<i>Haihaut</i>	<i>Schiffsbeschichtungen Flugzeugbeschichtungen Badeanzug</i>	<i>keine Giftstoffe, Reibungsreduktion und dadurch Reduktion von Treibstoffverbrauch und CO2</i>

# ELiSE: Evolutionary Light Structure Engineering

ELiSE ist ein patentierter bionischer Produktentstehungsprozess, der am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven für Leichtbaulösungen entwickelt wurde und Gewichtsreduktionen von über 50% erreicht.

Bei dieser Methode wird das technische Bauteil ausgehend von verschiedenen, voroptimierten Prinzipien aus der Natur optimiert. Leichtbau heißt, dass nur an den Stellen, wo es für die Stabilität nötig ist, Material vorgesehen wird, und dass es an den anderen Stellen eingespart werden kann. Also gehen Materialersparnis und Gewichtsreduktion Hand in Hand. Wenn zum Beispiel ein Bauteil eines Autos oder Flugzeugs mit geringerem Gewicht hergestellt wird und dadurch die gesamte zu bewegende Masse kleiner wird, wird auch weniger Treibstoff benötigt, was zu einer Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes führt. So können Ressourcen und Kosten gespart und umweltschädigende Emissionen reduziert werden.

Mikroskopisch kleine Planktonorganismen, besonders Kieselalgen (Diatomeen), haben im Laufe der Evolution sehr leichte und stabile Schalenstrukturen entwickelt. Weil sie so leicht sind, können sie in den oberen Wasserschichten schweben und das lebensnotwendige Licht für die Photosynthese aufnehmen. Um sich gegen aggressive Fressfeinde zu schützen, müssen ihre Schalen jedoch gleichzeitig stabil sein. Es entstand ein Wettstreit zwischen den Zahnstrukturen der Fressfeinde und den Schutzstrukturen der Kieselalgen. Die daraus resultierenden evolutionsbedingten Leichtbau-Panzerungen bieten den idealen Kompromiss zwischen Leichtigkeit (Schweben) und Stabilität (Defensivstrukturen) und weisen dabei hoch innovative Leichtbauprinzipien auf, die wertvolle Konstruktionsvorschläge für technische Bauteile liefern.

Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=C1rhd3NeS4g>

Nachdem Sie den Einstieg in das Arbeitsblatt besprochen haben, können Sie sich optional dem Arbeitsblatt 2 widmen. Anhand eines Erklärfilms wird das ELiSE-Verfahren erklärt. Den Link zum Film finden Sie auf dem Arbeitsblatt. Hierbei sollen die SuS die Verfahrensschritte beschreiben und die Bedeutung des Verfahrens unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit erläutern.

Bionik und Nachhaltigkeit

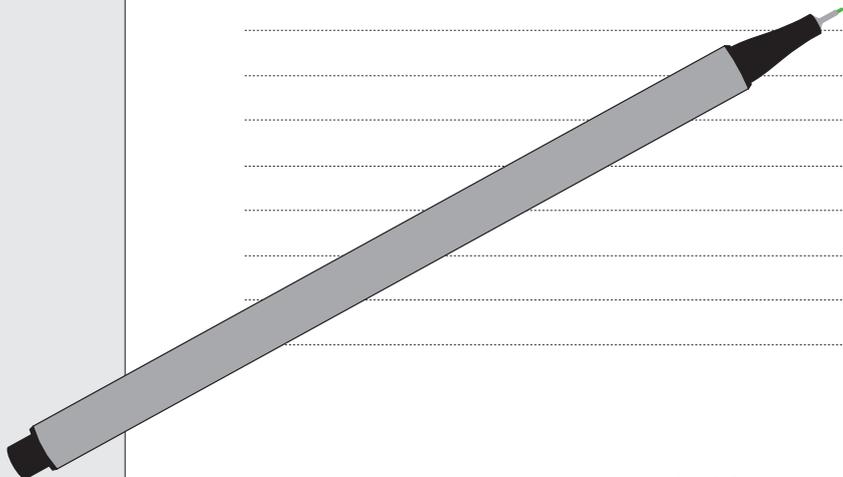
**Aufgabe** Beschreiben Sie grob die im Film vorgestellten Verfahrensschritte.

*Zunächst werden das Bauteil und die entsprechenden Probleme bzw. Anforderungen analysiert. Anschließend werden natürliche Vorbilder gesucht, die das Problem lösen können. Bei den Bauteilentwürfen werden diese Vorbilder in technische Entwürfe übertragen und in Bezug auf die Anforderungen optimiert, um das Produkt auf Grundlage verschiedener Lösungsansätze fertigzustellen.*

Quelle: <https://www.awi.de/forschung/besondere-gruppen/bionischer-leichtbau/elise.html> (29.12.2016)

**Aufgabe** Erläutern Sie die Bedeutung des ELISE-Verfahrens unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit.

*Durch das Verfahren konnten beim Beispiel der Windkraftanlagen Kosten und Material gespart werden. Durch Letzteres werden Ressourcen, wie zum Beispiel seltene Metalle aber auch Wasser zur Weiterverarbeitung dieser Ressourcen gespart.*



Bionik und Nachhaltigkeit

Arbeitsblatt 3

## Marshmallow-Challenge

**Aufgabe**

Bilden Sie Dreier- maximal Vierer- Gruppen. Jede Gruppe bekommt: 20 Spaghetti, eine Klebebandrolle, eine Bindfadenrolle, einen Marshmallow und eine Schere. Aus diesen Materialien sollen Sie innerhalb von 18 Minuten einen frei stehenden Turm bauen, der letztlich einen Marshmallow tragen muss. Klebebandrolle, Schere und Bindfadenrolle dürfen nicht als Halterungen o. ä. genutzt werden. Sie dürfen die Spaghetti auf dem Tisch festkleben und die Spaghetti brechen. Es stehen allerdings nur die 20 Spaghetti zur Verfügung. Gebrochene Spaghetti werden nicht ersetzt. Die Mengen an Bindfaden und Kleberolle sind nicht begrenzt. Jede Gruppe darf nur einen Tisch nutzen. Der Marshmallow darf nicht zerschnitten und nur von einer oberen Nudel aufgepikst oder aufgelegt werden. Der höchste Turm hat gewonnen! Die Zeit läuft...

Verteilen Sie nun das Arbeitsblatt 3: Marshmallow-Challenge. Bilden Sie Dreier- maximal Vierer-Gruppen. Jede Gruppe bekommt: 20 Spaghetti, eine Klebebandrolle, eine Bindfadenrolle, einen Marshmallow und eine Schere. Aus diesen Materialien sollen die SuS innerhalb von 18 Minuten einen frei stehenden Turm bauen, der letztlich einen Marshmallow tragen muss. Klebebandrolle, Schere und Bindfadenrolle dürfen nicht als Halterungen o. ä. genutzt werden. Sie dürfen die Spaghetti auf dem Tisch festkleben und die Spaghetti brechen. Es stehen allerdings nur die 20 Spaghetti zur Verfügung. Gebrochene Spaghetti werden nicht ersetzt. Die Mengen an Bindfaden und Kleberolle sind nicht begrenzt (um den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen, können Sie auch die Menge an Bindfaden und Kleberolle begrenzen). Jede Gruppe darf nur einen Tisch nutzen. Der Marshmallow darf nicht zerschnitten und nur von einer oberen Nudel aufgepikst oder aufgelegt werden. Die Gruppe, die den höchsten Turm baut, hat gewonnen!

Vergleichen Sie anschließend die Höhe der Türme und lassen Sie die SuS kurz reflektieren, wie der höchste Turm zustande gekommen ist (Was fällt bei der Struktur auf? Wie haben die SuS im Team gearbeitet? Optional: wie nachhaltig wurde beim Bauen mit den Arbeitsmaterialien umgegangen?).

© BIONIKON

Im nächsten Schritt verteilen Sie die verschiedenen Pflanzen (-teile) und das Arbeitsblatt 4: Vorbild Natur. Um Zeit zu sparen können Sie als Lehrkraft die Pflanzen auch der Kasse vorstellen.

Bionik und Nachhaltigkeit

#### Arbeitsblatt 4

## Vorbild Natur

Die Zusammenhänge zwischen der Struktur der Pflanzen und deren Herausforderungen in ihrem jeweiligen Lebensumfeld und zwischen dem Aufbau der einzelnen Pflanzenteile und deren Funktionen zeigen, wie praktikabel und oft auch komplex die Natur „funktioniert“. Sie sind Beispiele dafür, wie viel von den durch Selektionsdruck in der Evolution entstandenen Anpassungen gelernt und technisch genutzt werden kann, um beispielsweise bei Konstruktionen Stabilität sicherzustellen und gleichzeitig Material, Energie und damit Kosten einzusparen.

- 
- Aufgabe**                      Untersuchen Sie die verschiedenen Pflanzen(-teile) im Hinblick auf ihre Struktur und ermitteln Sie den Zusammenhang zur Bionik, indem Sie eigene Ideen zu Einsatzmöglichkeiten nennen, um zum Beispiel Gebrauchsgüter nachhaltiger zu gestalten.
- Hausaufgabe a)**            Erstellen Sie Steckbriefe der Pflanzen, indem Sie die botanische Bezeichnung, die Familie, Vorkommen und Verbreitung zusammenstellen. Betrachten Sie hierbei auch die morphologischen Besonderheiten der jeweiligen Pflanze als Anpassung an ihren Standort. Tipp: In diesem Zusammenhang ist auch oft die Wurzel interessant und die Licht-, Wind- und Wasserverhältnisse sowie die Verbreitungsmöglichkeiten der Samen und Sporen.
- Recherchieren Sie auch weitere Nutzungsmöglichkeiten. Dient die Pflanze als Ideengeber für weitere bionische Entwicklungen? Wie wird sie außerhalb der Bionik (zum Beispiel in der Medizin) noch genutzt?
- Hausaufgabe b)**            Recherchieren Sie im Internet Beispiele, wie bereits mit Hilfe der Bionik Produkte nachhaltiger gestaltet werden konnten. Nennen Sie dabei das jeweilige Produkt und beschreiben Sie den Nachhaltigkeitsaspekt.

## Ergänzende Informationen zu den vorgestellten Pflanzen

### **Sonnenblume** (Helianthus spec.)

Stabilität erhält die Pflanze zum einen durch bis zu 2 Meter tiefe Wurzeln und die markhaltigen Stängel. Die Pflanze ist stark lichtabhängig und zählt zu den sogenannten Kompasspflanzen. Diese stellen ihre Blattspreite (flächiger Teil eines Blattes oberhalb des Stiels) in Nord-Südrichtung aus, um so besonders gut das Licht der Mittagssonne einfangen zu können. Verwendung finden die Samen der Sonnenblume unter anderem zur Herstellung von Ölen. Früher wurden aus den Stängeln der Pflanze Flöten hergestellt.

### **Bogenhanf** (Sanseveria spec.)

Sanseveria, oder auch Bogenhanf genannt, ist ursprünglich eine Wüstenpflanze und zählt zu den Dickblattgewächsen (Sukkulente). Er kann besonders gut Wasser speichern. Durch Kultivierung kommt die Pflanze auch in anderen Gebieten und als Zimmerpflanze vor. Der Name Bogenhanf stammt von den fadenartigen Blattfasern ab. Sie dienen nicht nur als Wasserspeicher, sondern sorgen auch für Stabilität<sup>4</sup>. Früher wurden sie zur Herstellung von Bogensehnen genutzt. Heute erfreut sich Bogenhanf als Zimmerpflanze großer Beliebtheit. Aufgrund seiner antiseptischen Bestandteile wird er auch in der alternativen Medizin verwendet.<sup>5 6</sup>

### **Bambus** (Bambusoidea spec.)

Wie auch der Ackerschachtelhalm hat der Bambus Stängel, die innen hohl sind und dünne Außenwände haben. Die Stängel sind in Segmente unterteilen. Die Segmente werden durch Knoten (Blattansatzstellen) und Internodien (Abschnitt der Sprossachse zwischen zwei dieser Blattansatzstellen) gebildet. Die Knoten als massive Verdickungen und der zylindrische Aufbau der Internodien dienen der Stabilisierung bei geringem Gewicht. Bambus ist ein schnell nachwachsender Rohstoff und vielseitig einsetzbarer Werkstoff. Inzwischen werden beispielsweise neben Tellern und Besteck auch Fahrräder aus Bambus hergestellt.

---

<sup>3</sup> <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/kompasspflanzen/6553> (08.05.2019)

<sup>4</sup> <https://www.gartenlexikon.de/pflanzen/bogenhanf.html> (08.05.2019)

<sup>5</sup> Haas H.: Arzneipflanzenkunde Wissenschaftsverlag Mannheim Wien Zürich 1991

<sup>6</sup> <https://www.hauenstein-rafz.ch/de/pflanzenwelt/pflanzenportrait/diverse/Bogenhanf-Schwiegermutterzunge-Sanseveria.php> (08.05.2019)

# Bionik und Nachhaltigkeit

---

## UE 1/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Bionik

Arbeitsblatt 2

ELiSE: Evolutionary Light  
Structure Engineering

Arbeitsblatt 3

Marshmallow-Challenge

Arbeitsblatt 4

Vorbild Natur

## Was Bionik ist und kann

Der Begriff Bionik setzt sich zusammen aus den Wörtern Biologie und Technik. Er beschreibt das Umsetzen von Funktionsprinzipien der Biologie in die Technik durch die drei A's der Bionik: Analyse, Abstraktion und Anwendung.

Im Laufe der Evolution und durch die Diversität haben sich Populationen jedem verfügbaren und noch so unwirtlichen Lebensraum angepasst. Für Probleme, die mit technischen Herausforderungen in unterschiedlichen Umgebungsbedingungen vergleichbar sind, gibt es Lösungen, die in Millionen von Jahren optimiert und erprobt wurden. Aus der Vielfalt biologischer Vorbilder ergibt sich für die Forschenden ein nahezu grenzenloser Pool an spezifischen Antworten auf konkrete technische Fragestellungen.

Tiere und Pflanzen haben zwei „Antriebe“: das eigene Überleben und Fortpflanzung. Ein einzelnes Lebewesen muss mit den Ressourcen, welche ihm in seiner Umgebung zur Verfügung stehen, auskommen. Die Pflanze oder das Tier ist also auf Ressourcen- und Energieeffizienz angewiesen, um zu überleben.

Gleichzeitig brauchen Tiere optimierte Sensorik, um ihre Beute zu orten und sie müssen sich effektiv fortbewegen können, um ihren Fressfeinden zu entkommen. Pflanzen müssen sich beispielsweise durch Selbstreinigung vor Krankheitserregern schützen und mit den Wetterverhältnissen wie Wind oder Trockenheit durch angepasste Strukturen und Materialien klarkommen. Bionik heißt, diese Prinzipien zu analysieren, zu abstrahieren und auf die Technik anzuwenden. Ressourceneffiziente Systeme, reibungs- und energiearme Bewegungsmechanismen, Leichtbaustrukturen, Sensorikkonzepte, Energiespeichersysteme, Selbstreinigungs- und Selbstreparaturfunktionsweisen – alles Bionik-Lösungen mit großem Nachhaltigkeitspotential für innovative Produkte und Technologien.

Man unterscheidet in der Bionik zwei Arten von Entwicklungsprozessen. Beim „Biology push“ steht eine interessante Entdeckung aus der Biologie am Anfang des Forschungs- und Entwicklungsprozesses. Auf Grundlage des entschlüsselten Funktionsprinzips kann sich eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Durch völlig neue, teils unerwartete Lösungsansätze sind so Produktentwicklungen bis hin zu Sprunginnovationen möglich. Beim „Technology pull“ wird hingegen gezielt in der Natur nach einer Lösung für ein bestimmtes Problem aus der Technik beziehungsweise der Wirtschaft gesucht, so dass Produkte und Prozesse entwickelt oder optimiert werden können. So bietet die Natur in beeindruckender Vielfalt Lösungsansätze für technische Entwicklungen, die Marktrelevanz in den unterschiedlichsten Branchen haben.

## Häuser, die sauber bleiben – sie sind kein Traum mehr

Nach dem Erfolg der selbstreinigenden Fassadenfarbe Lotusan® mit einer Pflanze als biologischem Vorbild – die Blätter der Lotuspflanze mit dem sogenannten Lotus-Effekt®, welchen der Bonner Botaniker Professor Dr. Wilhelm Barthlott für selbstreinigende Oberflächen nutzbar gemacht hat – haben die Bioniker nach weiteren Lösungen in der Natur gesucht, wie Flächen sauber bleiben und auch schnell trocknen.

So sind sie auf ein Tier gestoßen und haben sich näher angeschaut, was sie vom Nebeltrinker-Käfer lernen können. Dieser Käfer lebt in der trockenen Namib-Wüste und sammelt zum Trinken den Morgennebel auf seinem Rücken. Sein Chitinpanzer hat eine spezielle noppen-ähnliche Oberflächenstruktur, an der sich die Tröpfchen des Nebels abscheiden und zu großen Tropfen heranwachsen, die dann zum Maul hin ablaufen, so dass er sie trinken kann.

Dieses Prinzip umgesetzt in der Fassadenfarbe StoColor Dryonic® bewirkt, dass Wasser schnell von der Häuserwand abgeführt wird und nicht auf der Oberfläche stehen bleibt. So wird den Algen und Pilzen, die sich häufig auf feuchten Oberflächen ansiedeln und diese beschädigen, die Lebensgrundlage entzogen. Eine Bewuchsbekämpfung durch Gifte (Biozide) ist nicht nötig, um das Haus, die Baumaterialien und Ressourcen nachhaltig zu schützen. Die Farbe wurde für schnell trocknende Fassaden entwickelt. Sie eignet sich aber auch für Bauteile aus Beton, Holz sowie Blech und kann daher auch zum Schutz von Garagen, Regenrinnen und anderen Gebäudeteilen eingesetzt werden.

---

## Sie haften auf glatten, rutschigen, feuchten Oberflächen, sogar auf Menschenhaut

Die Geschwindigkeit und vor allem die Sicherheit, mit der sich Geckos auf den unterschiedlichsten Materialien und Oberflächen selbst kopfüber bewegen, sind einfach beeindruckend. Die Tiere haben an ihren Füßen viele feine Härchen, so dass Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Haarstrukturen und den Kletteruntergründen aber auch elektrostatische Kräfte wirken können.

Durch die Zusammenarbeit von Wissenschaftler\*innen um dem Kieler Professor Dr. Stanislav Gorb, die diese Funktionsprinzipien in jahrelanger Grundlagenforschung an Gecko- und Käferfüßen entschlüsselt haben, und einem Unternehmen, welches seit vielen Jahren an verschiedenen bionischen Haftmechanismen arbeitet, u. a. dem Klettverschluss, wurde das Gecko®-Tape

entwickelt und auf den Markt gebracht werden. Dieses Tape besitzt eine hohe Haftkraft, kann spurlos entfernt werden, ist abwaschbar und wiederverwendbar – ein wichtiger Punkt in Sachen Materialeinsparung und Umwelt- und Ressourcenschonung. Es funktioniert auf allen ebenen und glatten Oberflächen wie Glas, lackiertem Metall, Marmor, Keramik und Kunststoff. Selbst für medizinische Zwecke kann es eingesetzt werden, da das Material aus medizinischem Silikon nicht hautreizend ist. Neben Haushalt und Industrie ist die Einsatzagenda grenzenlos. Kletterroboter mit Gecko-Tape-Füßen oder die Verwendung im Weltraum müssen keine Science Fiction bleiben – das Gecko-Tape® haftet auch im Vakuum.

## Der Fin Ray Effect® – geniale Bionik-Erfindungen durch Entdeckergeist

Erst kam das Staunen, dann die Frage nach dem Warum und dann die Entdeckung einer genialen Struktur. Beim Angeln entdeckte der Berliner Bioniker Leif Kniese den Fin Ray Effect®: Drückt man mit dem Finger gegen die Schwanzflosse einer Forelle, so biegt sich diese nicht in Kraftrichtung weg, sondern die Spitze der Flosse bewegt sich überraschenderweise entgegen der Kraftrichtung zum Finger hin.

Die Flossen von Fischen haben als Gerüst mehrere sogenannte Flossenstrahlen. Ein Flossenstrahl besteht aus zwei Längselementen, die sich an einer Spitze treffen, und querliegenden Bindegewebsfasern dazwischen. Als technische Konstruktion wird daraus ein Dreieck aus elastisch oder durch Gelenke miteinander verbundenen Längs- und Querstreben, ein sogenanntes Fin Ray-Element. Diese Struktur passt sich flexibel und passiv der Form konvexer Gegenstände an. Hierdurch werden Punktlasten vermieden, die Kraft verteilt sich über die Fläche.

Greifer aus zwei oder mehreren dieser Fin Ray-Elemente halten Gegenstände sicher und beschädigungsfrei, die Ausschussmenge von empfindlichen Produkten beispielsweise in der Lebensmittelindustrie, beim Sortieren von Eiern, Blumenzwiebeln oder Früchten wird reduziert und dank einer Material- bzw. Gewichtersparnis von bis zu 80% werden Ressourcen geschont. Als Rückenlehne an Stühlen stützt der Fin Ray den gesamten Rücken. Konzentrisch in dem Auswringkorb für einen Wischmopp angeordnet erreichen die Elemente, dass bei gleichem Anpressdruck die Auswringleistung 30% größer ist als ohne Fin Ray Effect®.

---

## Bionik-Dübel helfen am Bau

Heutzutage werden bei energetischen Modernisierungen oft Wärmedämmverbundsysteme und Gipskartonplatten eingesetzt. Durch die neuen Materialien und die Leichtbauweise der energieeffizienten Wandkonzepte wird auch der Montageaufwand geringer. Auf den Baustellen reduziert sich mit dem Gewicht der Bauteile zugleich auch der Aufwand für die Montagesicherungen und die Gerüste und die Arbeit für die Handwerkerinnen und Handwerker wird im wahrsten Sinne leichter.

Diese Leichtbaumaterialien sorgen allerdings auch dafür, dass Dübel schwerer Halt in den Wänden finden. Eine Lösung für das Problem fanden Markus Hollermann und Felix Förster, Studenten des Bremer Bionik-Studiengangs, bei Zecken und Zikaden, die sich mit ihren Mundwerkzeugen in den Wirt „bohren“ und verankern. Zecken

ernähren sich als Wirbeltier-Parasiten vom Blut ihrer Wirte, Zikaden ernähren sich vom zuckerreichen Saft von Pflanzen. So wurde ein Dübel entwickelt, der sich leicht in die Wärmedämmschicht einbringen lässt und sich dort sicher fixieren kann – alles nach dem Vorbild der Natur.

Für das Forschungsergebnis im Rahmen ihrer Abschlussarbeit – der Bionik-Dübel nach Parasitenvorbild – sind die beiden Studenten mit dem „International Bionic Award 2010“ ausgezeichnet worden und konnten mit dem Preisgeld ihr eigenes Unternehmen „die Bioniker“ gründen.

## Organisationsbionik

Bei der Organisationsbionik werden die Vorgänge in und zwischen Organisationen als Lebensprozesse betrachtet, die nach den gleichen oder ähnlichen Prinzipien ablaufen, wie andere Prozesse in der Natur. Das Wirtschaftsgeschehen wird als Teil einer vielfältigen Entwicklung gesehen und Unternehmen werden wie lebende Organismen betrachtet, die einem ständigen Veränderungsprozess unterworfen sind.

Analogien aus der Natur helfen, die Zusammenhänge zu verstehen, zu verbessern und zu erklären. Ungewollter Ressourcenverbrauch und Emissionen können in Wertschöpfungsketten beispielsweise durch mangelnde Interaktionsfähigkeit verursacht werden. Mit Hilfe der Prinzipien biologischer Vorbilder, wie beispielsweise den im Bienenstaat organisierten Honigbienen, die durch komplexe Kommunikationsmechanismen und den bedarfsangepassten Einsatz von Generalisten ihre Honigproduktion optimieren, werden mit der Organisationsbionik systematisch Ideen zur Lösung derartiger Herausforderungen in Unternehmen entwickelt.

Die Organisationsstrukturen und die Wirtschafts- und Managementprozesse werden für ein nachhaltiges Wirtschaften optimiert. Beispielsweise können die Prinzipien der Selbstorganisation und Schwarmkommunikation auf Start-ups und andere Organisationen angepasst werden. Für Wertschöpfungsketten kann man auch heute noch viel von Kreisläufen der Natur lernen.

---

## Künstliche Haihaut – für Schiffe im Wasser und Flugzeuge in der Luft

Die Haut von Haien besteht aus vielen kleinen gleichgerichteten Zähnen beziehungsweise Schuppen. Zum einen sind die Haihaut-Schuppen flexibel, beweglich gelagert und zum anderen haben sie Mikrorillen. Die Flexibilität und Elastizität sowie die gerichteten Mikrostrukturen haben zwei Auswirkungen: Der Fisch kann sich reibungsarm, also energieschonend durch das Wasser bewegen und Meereslebewesen wie Seepocken können mit ihrem Kleber nicht an der Oberfläche haften.

Diese Erkenntnisse sind die Grundlage für bionische Schiffsbeschichtungen, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften den Bewuchs, das sogenannte Fouling, verhindern, so dass auf die sonst üblichen Giftstoffe verzichtet werden kann. Den Schiffsrumpf eines mittelgroßen Containerschiffs der Panamax-Klasse mit solch einem giftfreien Anti-Fouling-Lack zu streichen, entlastet nicht nur die Umwelt, sondern

führt auch zu einer signifikanten Treibstoffersparnis von 40 Prozent. Durch Verhinderung des Bewuchses, der ohne Antifouling-Lack den Reibungswiderstand des Schiffes im Wasser erhöht, könnten Mehrkosten für Treibstoff eines solchen Schiffes pro Tag von bis zu 30.000 US-Dollar eingespart werden, das sind neun Millionen Dollar pro Jahr für ein einzelnes Schiff. Es werden Ressourcen, Co2 und Geld gespart.

Die energiesparenden Reibungs-Minimierungs-Effekte sind auch Ziel bei einem bionisch optimierten Badeanzug und bei Flugzeugen, wo sie durch Aufbringen einer sogenannten Ribletfolie erreicht werden oder durch das Lackieren und anschließende Einprägen der Mikrostruktur.



# ELiSE: Evolutionary Light Structure Engineering

ELiSE ist ein patentierter bionischer Produktentstehungsprozess, der am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven für Leichtbaulösungen entwickelt wurde und Gewichtsreduktionen von über 50% erreicht.

Bei dieser Methode wird das technische Bauteil ausgehend von verschiedenen, voroptimierten Prinzipien aus der Natur optimiert. Leichtbau heißt, dass nur an den Stellen, wo es für die Stabilität nötig ist, Material vorgesehen wird, und dass es an den anderen Stellen eingespart werden kann. Also gehen Materialersparnis und Gewichtsreduktion Hand in Hand. Wenn zum Beispiel ein Bauteil eines Autos oder Flugzeugs mit geringerem Gewicht hergestellt wird und dadurch die gesamte zu bewegende Masse kleiner wird, wird auch weniger Treibstoff benötigt, was zu einer Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes führt. So können Ressourcen und Kosten gespart und umweltschädigende Emissionen reduziert werden.

Mikroskopisch kleine Planktonorganismen, besonders Kieselalgen (Diatomeen), haben im Laufe der Evolution sehr leichte und stabile Schalenstrukturen entwickelt. Weil sie so leicht sind, können sie in den oberen Wasserschichten schweben und das lebensnotwendige Licht für die Photosynthese aufnehmen. Um sich gegen aggressive Fressfeinde zu schützen, müssen ihre Schalen jedoch gleichzeitig stabil sein. Es entstand ein Wettrüsten zwischen den Zahnstrukturen der Fressfeinde und den Schutzstrukturen der Kieselalgen. Die daraus resultierenden evolutionsbedingten Leichtbau-Panzerungen bieten den idealen Kompromiss zwischen Leichtigkeit (Schweben) und Stabilität (Defensivstrukturen) und weisen dabei hoch innovative Leichtbauprinzipien auf, die wertvolle Konstruktionsvorschläge für technische Bauteile liefern.

Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=C1rhd3NeS4g>



# Marshmallow-Challenge

## Aufgabe

Bilden Sie Dreier- maximal Vierer- Gruppen. Jede Gruppe bekommt: 20 Spaghetti, eine Klebebandrolle, eine Bindfadenrolle, einen Marshmallow und eine Schere. Aus diesen Materialien sollen Sie innerhalb von 18 Minuten einen frei stehenden Turm bauen, der letztlich einen Marshmallow tragen muss. Klebebandrolle, Schere und Bindfadenrolle dürfen nicht als Halterungen o. ä. genutzt werden. Sie dürfen die Spaghetti auf dem Tisch festkleben und die Spaghetti brechen. Es stehen allerdings nur die 20 Spaghetti zur Verfügung. Gebrochene Spaghetti werden nicht ersetzt. Die Mengen an Bindfaden und Kleberolle sind nicht begrenzt. Jede Gruppe darf nur einen Tisch nutzen. Der Marshmallow darf nicht zerschnitten und nur von einer oberen Nudel aufgeklickt oder aufgelegt werden. Der höchste Turm hat gewonnen! Die Zeit läuft...

# Vorbild Natur

Die Zusammenhänge zwischen der Struktur der Pflanzen und deren Herausforderungen in ihrem jeweiligen Lebensumfeld und zwischen dem Aufbau der einzelnen Pflanzenteile und deren Funktionen zeigen, wie praktikabel und oft auch komplex die Natur „funktioniert“. Sie sind Beispiele dafür, wie viel von den durch Selektionsdruck in der Evolution entstandenen Anpassungen gelernt und technisch genutzt werden kann, um beispielsweise bei Konstruktionen Stabilität sicherzustellen und gleichzeitig Material, Energie und damit Kosten einzusparen.

---

- Aufgabe**                      Untersuchen Sie die verschiedenen Pflanzen(-teile) im Hinblick auf ihre Struktur und ermitteln Sie den Zusammenhang zur Bionik, indem Sie eigene Ideen zu Einsatzmöglichkeiten nennen, um zum Beispiel Gebrauchsgüter nachhaltiger zu gestalten.
- Hausaufgabe a)**              Erstellen Sie Steckbriefe der Pflanzen, indem Sie die botanische Bezeichnung, die Familie, Vorkommen und Verbreitung zusammenstellen. Betrachten Sie hierbei auch die morphologischen Besonderheiten der jeweiligen Pflanze als Anpassung an ihren Standort. Tipp: In diesem Zusammenhang ist auch oft die Wurzel interessant und die Licht-, Wind- und Wasserverhältnisse sowie die Verbreitungsmöglichkeiten der Samen und Sporen.
- Recherchieren Sie auch weitere Nutzungsmöglichkeiten. Dient die Pflanze als Ideengeber für weitere bionische Entwicklungen? Wie wird sie außerhalb der Bionik (zum Beispiel in der Medizin) noch genutzt?
- Hausaufgabe b)**              Recherchieren Sie im Internet Beispiele, wie bereits mit Hilfe der Bionik Produkte nachhaltiger gestaltet werden konnten. Nennen Sie dabei das jeweilige Produkt und beschreiben Sie den Nachhaltigkeitsaspekt.

Unterrichtseinheit 1 (vereinfachte Sprache)

# Bionik und Nachhaltigkeit

---

Für das Modul in einfacher Sprache wurden der Ablauf und das Arbeitsmaterial gekürzt. Der Film und die entsprechenden Arbeitsblätter wurden aus Zeitgründen gestrichen. Die Anzahl der Bionikbeispiele des ersten Arbeitsblattes wurden exemplarisch auf zwei gekürzt.

---

**UE 1/1.**

vereinfachte Sprache

# Verlauf, Material und Lösungen

Mit dieser Unterrichtseinheit werden die SuS einen Einblick in die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Bionik bei der Herstellung von Gebrauchsgütern bekommen. Sie werden am Beispiel von Leichtbaukonstruktionen mehr über die Relevanz eines nachhaltigen Wirtschaftens erfahren. Über verschiedene Anpassungen von Pflanzen an ihre Umgebung werden die SuS systemisches Denken kennenlernen.

**Materialien**

Spaghetti, Schere, Marshmallows, Bindfaden, Klebeband, Pflanzen (-teile) (zum Beispiel Bogenhanf, Bambus, Sonnenblume, diverse Gräser), optional: Lupe, Präparationsbesteck

**Unterrichtsverlauf**

<b>Einstieg</b>	L erklärt, als Hinführung zum Thema Bionik den Begriff und erläutert ihn anhand des Klettverschlusses.	<b>5 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 1</b>	Mit Hilfe des Textes „Bionik“ und des Arbeitsblattes 1 „Bionik“ werden Beispiele für die Teilbereiche der Bionik erarbeitet.	<b>30 Minuten</b>
<b>Sicherung 1</b>	SuS vergleichen die Ergebnisse.	<b>5 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 2</b>	SuS führen in Kleingruppen einen Wettkampf („Marshmallow-Challenge“) durch und vergleichen ihre Ergebnisse.	<b>30 Minuten</b>
	Anschließend werden die unterschiedlichen Pflanzen verteilt und von den SuS im Hinblick auf ihre Stabilität hin untersucht	<b>10 Minuten</b>
<b>Sicherung 2</b>	SuS präsentieren im Plenum ihre Ergebnisse.	<b>10 Minuten</b>
<b>Reduktion</b>	Die Erarbeitung 2 kann verkürzt werden, in dem die Lehrkraft die unterschiedlichen Pflanzen vorstellt.	

Unterrichtseinheit 1 (vereinfachte Spache)

# Bionik und Nachhaltigkeit

---

## UE 1/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Bionik

Arbeitsblatt 2

Marshmallow-Challenge

Arbeitsblatt 3

Vorbild Natur

## Arbeitsblatt 1

# Bionik

---

### Was Bionik ist und kann

Der Begriff Bionik setzt sich zusammen aus den Wörtern Biologie und Technik. Man nutzt die Natur als Vorbild für die Technik. Lebewesen müssen zum Beispiel Energie sparen und in der Technik wollen wir das auch. Hierbei können wir entweder etwas Spannendes in der Natur entdecken und nutzen das Wissen dann in der Technik. Oder wir haben in der Technik ein Problem und suchen eine Lösung in der Natur.

---

### Häuser, die sauber bleiben – sie sind kein Traum mehr

Es gibt eine Farbe zum Anstreichen von Hauswänden. Das Vorbild war die Lotuspflanze. Die Blätter der Pflanze bleiben sauber und werden schnell trocken. Dadurch bleiben auch die Hauswände länger sauber. Man muss sie seltener streichen und benutzt auch weniger Giftstoffe gegen Schimmel.

---

### Der Fin Ray Effect® – die Fischflosse macht es vor

Beim Angeln entdeckte der Forscher Leif Kniese den Fin Ray Effect®: Drückt man mit dem Finger gegen die Schwanzflosse eines Fisches, so biegt sich diese nicht weg, sondern die Spitze der Flosse bewegt sich zum Finger hin. Leif Kniese untersuchte den Aufbau der Fischflosse und übertrug das Prinzip in die Technik. Inzwischen gibt es zum Beispiel Greifer zum Transportieren von Sachen, die schnell kaputt gehen. Der Vorteil ist, dass zum Beispiel Eier oder Glühbirnen beim Verpacken durch Maschinen heile bleiben und weniger aussortiert und weggeschmissen werden muss.



# Marshmallow-Challenge

## Aufgabe

Bilden Sie Dreier- maximal Vierer-Gruppen. Jede Gruppe bekommt: 20 Spaghetti, eine Klebebandrolle, eine Bindfadenrolle, einen Marshmallow und eine Schere. Aus diesen Materialien sollen Sie innerhalb von 18 Minuten einen frei stehenden Turm bauen, der letztlich einen Marshmallow tragen muss. Klebebandrolle, Schere und Bindfadenrolle dürfen nicht als Halterungen o.ä. genutzt werden. Sie dürfen die Spaghetti auf dem Tisch festkleben und die Spaghetti brechen. Es stehen allerdings nur die 20 Spaghetti zur Verfügung. Gebrochene Spaghetti werden nicht ersetzt. Die Mengen an Bindfaden und Kleberolle sind nicht begrenzt. Jede Gruppe darf nur einen Tisch nutzen. Der Marshmallow darf nicht zerschnitten und nur von einer oberen Nudel aufgepickst oder aufgelegt werden. Die Gruppe, die den höchsten Turm baut, hat gewonnen! Die Zeit läuft...



# Fahrrad

## Eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung

---

### Unterrichtseinheit kompakt

**Thema der Stunde** Das Fahrrad – ein nachhaltiges Fortbewegungsmittel.

**Lernziele** Die SuS können Beispiele nennen, bei denen das Fahrrad als besonders nachhaltig zu bewerten ist und bei denen es in puncto Nachhaltigkeit noch Verbesserungsbedarf gibt. Die SuS können ein Beispiel für langlebige Bauteile in biologischen und technischen Systemen erläutern. Die SuS entwickeln ein Konzept für ein nachhaltiges Fahrrad.

**Einsatzempfehlungen** insbesondere in den Fächern Biologie, Wirtschaft, Technik

**Verbindung zum Lehrplan** Im Fach Biologie kann die Unterrichtseinheit im Lerngebiet Ökologie und Nachhaltigkeit verankert werden. Ebenso kann die Unterrichtseinheit in der Einführungsphase genutzt werden, um den Begriff der biologischen Systeme zu verdeutlichen. In Wirtschaft kann die Unterrichtseinheit mit dem Lerngebiet 1 (Das Unternehmen als komplexes wirtschaftliches und soziales System) und dem Lerngebiet 5 (Marketing und Marktkommunikation) sowie dem Lerngebiet 9 (Umweltpolitik) in VWL verbunden werden. Für den Technik-Unterricht eignet sich die Stunde als Ergänzung zum Themenkreis Statik, Dynamik und Festigkeitslehre.

**Voraussetzungen** Das Thema Nachhaltigkeit sollte zuvor behandelt worden sein.

---

# UE 2/1. Verlauf, Material und Lösungen

In dieser Unterrichtseinheit werden die SuS am Beispiel des Fahrrades verschiedene Möglichkeiten erarbeiten, wie die unterschiedlichen Aspekte der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) nicht nur bei der technischen Konstruktion und Produktion, sondern zum Beispiel auch bei der Vermarktung von Gebrauchsgütern einbezogen werden können, und so ein Verständnis dafür entwickeln, dass alles zusammenhängt. Dieses Verständnis ist die Basis für praktikable Lösungen für die gesamte Wertschöpfung im Sinne der Nachhaltigkeit.

## Materialien

Geodreieck

**Tipp:** Es gibt dazu einen instruktiven Film im Internet, den Sie verwenden können. Die Unterrichtseinheit ist jedoch auch ohne diesen Film durchführbar.

## Unterrichtsverlauf

<b>Einstieg</b>	L zeigt die Artikelüberschrift „Cycle-Chic die große Zukunft des Fahrrads“ und das Bild vom „Bionic Bike“. L fordert die SuS auf, Stellung zu der dargestellten Entwicklung in Bezug auf die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit zu nehmen. Die SuS äußern ihre Vermutungen.	<b>5 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 1</b> → Arbeitsblatt 1	Aufgeteilt in Gruppe 1 und Gruppe 2 lesen die SuS die Informationstexte 1 und 2. Die SuS fassen erst einmal für sich die wesentlichen Aussagen der Artikel zusammen. Anschließend vergleichen die SuS in ihrer jeweiligen Gruppe, welche den gleichen Artikel bearbeitet hat, ihre Ergebnisse, die herausgefilterten Aussagen, miteinander.	<b>15 Minuten</b>
<b>Sicherung 1</b>	Die SuS präsentieren ihre Ergebnisse im Plenum.	<b>5 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 2</b> → Arbeitsblatt 2	Wie kann die Bionik helfen, ein Fahrrad langlebiger und damit nachhaltiger zu gestalten? L geht mit den SuS nach draußen. Hierbei müssen die SuS Besonderheiten im Wachstum der Bäume erkennen. Alternativ zeigt L Bilder von verschiedenen Bäumen.	<b>20 Minuten</b>
<b>Sicherung 2</b>	Die SuS präsentieren im Plenum ihre Ergebnisse. Die Ergebnisse können durch einen Filmbeitrag ergänzt werden.	<b>10 Minuten</b>
<b>Vertiefung 2</b> → Arbeitsblatt 3	Die SuS optimieren mit Hilfe der Zugdreiecke Teile eines Fahrrades. Die Anleitung hierzu finden Sie im Material.	<b>15 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 3</b> → Arbeitsblatt 4	SuS erstellen eine Mindmap zu einem nachhaltigem Fahrrad- Konzept.	<b>10 Minuten</b>

Unterrichtsverlauf (Fortsetzung)	Sicherung 3	SuS präsentieren ihre Ergebnisse im Plenum.	10 Minuten
	Hausaufgaben- vorschläge	Ausarbeitung der Konzepte.	
	Reduktion	Besonders das „Nachdraußengehen“ nimmt Zeit in Anspruch. Eine gute zeitliche Reduktionsmöglichkeit bietet hier das Zeigen von Bildern im Klassenraum.	

Als Einstieg beginnen Sie die Unterrichtseinheit, indem Sie den SuS den Artikel des Zukunftsinstitutes vorstellen, indem Sie ihn den SuS vorlesen oder die entsprechende PDF-Folie des Begleitmaterials nutzen. Fordern Sie anschließend die SuS auf, Stellung zu der dargestellten Entwicklung in Bezug auf die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit zu nehmen.

### „Cycle-Chic die große Zukunft des Fahrrads“

„Das Fahrrad wandelt sich vom Fortbewegungsmittel und Sportgerät zum stylischen Statussymbol – Ausdruck eines gelassenen, individuellen Lebensgefühls. Der neue Kult eröffnet einen weiten Markt für praktische wie stilvolle Extras. Innovationen, die das Fahrradfahren attraktiver und sicherer machen, werden in den kommenden Jahren einen Markt anfeuern, der einen anhaltenden Boom erlebt. (...)“

<https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/cycle-chic-die-grosse-zukunft-des-fahrrads/09.10.2017>

Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung

## Arbeitsblatt 1a

# Fahrrad und Nachhaltigkeit

## Aufgabe

Lesen Sie den Text durch und stellen Sie die unterschiedlichen Aspekte zum Thema Fahrrad und Nachhaltigkeit tabellarisch dar.

## Nachhaltigkeit! Gerne mit dem Fahrrad

„Nachhaltigkeit – ein großes Wort. Aber mittlerweile vielleicht auch ein wenig überstrapaziert. Speziell, seit Politik und Marketing den Begriff für sich entdeckt haben. Schließlich gibt es heutzutage kaum noch etwas, das sich nicht mit diesem Attribut schmückt. Nachhaltige Möbel, nachhaltige Jobs, nachhaltiger Tourismus, nachhaltige Limo. Und doch ist es auch ein sehr wichtiges Wort. Denn im Kern beschreibt die Nachhaltigkeit das Bestreben des Menschen, seine Existenz auf diesem Planeten zu gestalten, ohne ihn dadurch auf Dauer zu schädigen. Oder, wie es in der Studie ‚Die Grenzen des Wachstums‘ des Club of Rome bereits 1972 formuliert wurde: „Die Chance der Menschheit durch ein auf die Zukunft bezogenes gemeinsames Handeln aller Nationen die Lebensqualität zu erhalten und eine Gesellschaft im weltweiten Gleichgewicht zu schaffen, die Bestand für Generationen hat.“

### Fahrradfahren: der Inbegriff von Nachhaltigkeit

In diesem Kontext wirkt das Fahrrad wie ein starkes Statement. Es hat das Zeug zum Paradebeispiel, zum Inbegriff der Nachhaltigkeit. Denn das menschliche Bedürfnis nach ständiger Mobilität ist eine der größten Belastungen für die Natur, die Erde und das Klima. Flugreisen gehören heute für viele Menschen fast schon zum Alltag, Güter und Lebensmittel werden

erst um die halbe Welt verschifft, um dann per Lkw ans Ziel ihrer Reise zu gelangen. Und die Autos verstopfen längst nicht mehr nur zu Ferienbeginn die Autobahnen. Nun wird das Fahrrad dem Flugzeug oder dem Lkw keine ernsthafte Konkurrenz machen. Aber dem Auto als urbanem Verkehrsmittel ist das Fahrrad durchaus gewachsen – und in vielen Belangen sogar überlegen. Zum Beispiel, wenn es mitten in der Hauptverkehrszeit einfach auf dem Radweg am Stau vorbeisaust. Wenn es die zeitraubende und nervtötende Parkplatzsuche in der überfüllten Innenstadt überflüssig macht. Vor allem aber, weil es weder fossile Treibstoffe verbraucht noch klimaschädliche und giftige Abgase und Feinstaub ausstößt. Dazu steigert es noch die Fitness des Fahrers und wirkt sich positiv auf die Figur aus. Ganz nebenbei entlastet es auch den Geldbeutel ganz erheblich. Denn sowohl in Anschaffung als auch in Wartung und Unterhalt ist das Fahrrad um Klassen günstiger als ein Auto, ganz gleich welcher Bauart. Längst ist das Fahrrad ein Statussymbol geworden und Ausdruck von Individualität. Kurzum:

Das Fahrrad erlaubt in einem gewissen Radius die praktisch emissionsfreie, aber dennoch relativ zügige Fortbewegung des individuellen Menschen.“

<https://www.fahrrad-xxl.de/blog/nachhaltigkeit-fahrrad/> (19.10.2017)

Verteilen Sie die Arbeitsblätter 1a und 1b abwechselnd an die SuS, sodass ein Teil der Klasse den ersten Text und der andere Teil den zweiten Text liest und bearbeitet. Anschließend werden die Ergebnisse der beiden Gruppen verglichen.

## Arbeitsblatt 1b

# Fahrrad und Nachhaltigkeit

## Aufgabe

Lesen Sie den Text durch und stellen Sie die unterschiedlichen Aspekte zum Thema Fahrrad und Nachhaltigkeit tabellarisch dar.

## Im Betrieb vorbildlich, doch wie sieht es bei der Herstellung aus?

Von: Andreas Gonseth et al.

„(...) Velos sind unglaublich schöne, effiziente, vielseitige und spannende Fortbewegungsmittel – im Alltag wie beim Sport. Die viel gepriesene Freiheit und Unabhängigkeit des modernen Menschen ist auf dem Velo ganz einfach erfahrbar, und sein ökologischer Wert gilt in unserer mobilen Gesellschaft im Vergleich zu motorisierten Untersätzen als beispiellos. Da ist es durchaus folgerichtig, dass im Zusammenhang mit dem Zweirad immer häufiger der Begriff „Nachhaltigkeit“ Verwendung findet (...). Nachhaltigkeit ist die Verschmelzung von Ökonomie, Sozialem und Ökologie in einem Prozess, der die Welt auch für die kommenden Generationen bewahrt. Nachhaltigkeit beinhaltet also nicht einfach die Verwendung umweltverträglicher Materialien oder die ökologische Herstellung derselben, sondern auch die Arbeitsbedingungen, unter denen Produkte fabriziert werden. So differenziert die Bedeutung des Begriffs Nachhaltigkeit eigentlich ist, so inflationär und pauschal wird Nachhaltigkeit von vielen Unternehmen in ihrer Marketingstrategie ohne konkrete Detailangaben verwendet. Diese Undifferenziertheit gilt beim Fahrradbau ganz explizit. Denn ausgerechnet unser heiss geliebtes Velo, das im Einsatz völlig zu Recht als „umweltfreundlichstes Verkehrsmittel der Moderne“ gepriesen wird, besteht in der Regel aus Bauteilen, die zumeist alles andere als umweltschonend hergestellt wurden. Und häufig von Menschen verarbeitet werden, die dies unter miserablen Arbeitsbedingungen tun müssen. Kann, soll und darf man also von Nachhaltigkeit reden, wenn eine ihrer tragenden Säulen, nämlich die „Verantwortung für Mensch und Natur“, schon häufig bei der Herstellung des Velos missachtet wird?

Die modernen Velos, die wir heute im Fachgeschäft finden, sind typische Produkte der Globalisierung. Mit allen damit verbundenen Vor- und Nachteilen. Obwohl für das Verkehrsmittel und Sportgerät im Vergleich zu einem Motorrad oder Auto nur vergleichsweise wenige Komponenten verbaut werden, kommen sie doch aus allen Ecken der Welt. Rahmenrohre, Schaltgruppe, Antrieb, Lenker, Sattel, Pedale, Felgen, Naben, Pneus usw. werden zumeist von unterschiedlichen Herstellern in diversen Ländern und mehreren Etappen produziert, um dann letztendlich vom eigentlichen Fahrradproduzenten zusammengebaut zu werden. In Zeiten der Globalisierung ein gängiges, zumeist angestrebtes Verfahren. Die Gründe hierfür: erstens sie vermeintliche Spezialisierung und somit bessere Qualität der einzelnen Teile und zweitens natürlich das Geld. Es ist allzu menschlich, dass Grund zwei – auch bei uns – die grösste Aufmerksamkeit erfährt. Um es lapidar zu formulieren: Wenn ein Unternehmer in Europa ein Produkt für 50 Euro herstellt, dafür in Fernost aber nur fünf Euro bezahlen muss, ist es nur noch eine Frage der Stückzahlen, bis sich der Aufbau neuer Produktionsstätten dort wirtschaftlich lohnt. Ganz zu schweigen von der im Fahrradbau gängigen Situation, dass Produktionsstätten in Fernost bereits existieren und „nur noch“ auf Aufträge warten. Ob dort dann unter akzeptablen ökologischen und sozialen Bedingungen produziert wird, steht auf einem anderen Blatt geschrieben, obwohl die grossen Markenhersteller zumindest Gewähr bieten, die lokalen gesetzlichen Auflagen einzuhalten.“

<https://www.fitforlife.ch/artikel/nachhaltigkeit-in-der-fahrradindustrie/>  
(19.10.2017)

## Ergänzende Informationen zur Arbeitsblatt 1 a/b

	<b>Im ersten Text wird das Fahrrad positiv im Hinblick auf Nachhaltigkeit dargestellt.</b>	<b>Im zweiten Text wird das Fahrrad differenziert im Hinblick auf Nachhaltigkeit diskutiert.</b>
<b>Ökologie</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• keine fossilen Brennstoffe</li><li>• keine klimaschädlichen und giftigen Abgase</li><li>• kein Feinstaub</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vielzahl an Komponenten müssen aus verschiedenen Ländern weltweit transportiert werden</li><li>• Umweltstandards in anderen Ländern</li></ul>
<b>Ökonomie</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• kein Stau</li><li>• keine Parkplatzsuche</li><li>• kostengünstig in Herstellung sowie Anschaffung und Unterhalt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Masse statt Klasse zu günstigen Preisen</li></ul>
<b>Soziales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• fördert die Gesundheit durch persönliche Fitness und weniger Schadstoffe in der Luft</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• schlechte Arbeitsbedingungen in den Produktionsländern</li></ul>

Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung

Arbeitsblatt 2

## Bäume als Vorbild für die Technik

**Aufgabe**

Skizzieren Sie auffällige Wachstumsmerkmale eines Baumes. Vergleichen Sie ihre Ergebnisse untereinander. Interpretieren Sie das Wachstum als Folge abiotischer Faktoren. Beziehen Sie bei Ihren Überlegungen folgende Aspekte ein: Welchen Herausforderungen muss ein Baum „gewachsen sein“? Was sind permanente Anforderungen und was sind spontane oder zeitlich begrenzte Ereignisse, die einen Baum herausfordern?

*Neben den biotischen Faktoren, wie beispielsweise dem Nährstofftransport innerhalb des Baumes und Schädlingen, sollen die SuS hier erkennen, dass Wind und Licht als abiotische Faktoren das Wachstum der Bäume beeinflussen können. Das Wurzelwerk der Bäume sorgt für die Nährstoffaufnahme aus dem Boden und gleichzeitig für Stabilität. Bäume bilden durch Materialanlagerung auf der Windseite am Übergang vom Stamm zur Erdoberfläche einen stärkeren Wurzelanlauf aus. Da die Windseite am stärksten durch (Wind-)Zug belastet ist, kommt es hier zur sogenannten Kerbspannung, die durch die Materialanlagerung abgebaut wird. Auch einzelne Äste mit ihrer Schwerkraft und Zweige mit dem zusätzlichen Gewicht des Blattwerks, welches eine große Angriffsfläche für Wind bietet, zeigen am Übergang zum Stamm oder nächsten Ast diesen Kerbspannungsausgleich. Scharfe Ecken beziehungsweise scharfkantige Kerben findet man an einem Baum also nicht. Auch Baumgabelungen werden entsprechend abgerundet. Wenn Sie mehr über das Thema wissen wollen, empfehlen wir Ihnen folgenden Buchtipp: Claus Mattheck: „Warum alles kaputt geht – Form und Versagen in Natur und Technik“; ISBN 3-923704-42-0*

Mit den Arbeitsblättern 2 bis 3 erarbeiten sich die SuS eine Optimierungsmethode nach dem Vorbild des Wachstums der Bäume.

Falls Sie die Zeit und die Möglichkeit haben, sollten Sie den folgenden Arbeitsauftrag (Arbeitsblatt 2) draußen bearbeiten lassen. Alternativ können Sie auch verschiedene Bilder von Bäumen zeigen. Hierfür haben wir ausgewählte Bilder in der PDF-Folien-Präsentation, die Sie bei Bedarf auch ausdrucken können.

Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung

## Arbeitsblatt 3

# Optimierung – gelernt vom Wachstum der Bäume

An einer Kerbe, also an einer Stelle hoher lokaler Spannung wird der Jahresring vom Baum durch mehr Materialansammlung verdickt, um dadurch die Spannung gleichmäßig zu verteilen. Für Ingenieure hat Professor Mattheck vom Karlsruher Institut für Technologie die graphische Methode der sogenannten Zugdreiecke entwickelt, mit deren Hilfe bei der Konstruktion von Bauteilen Kerbspannungen minimiert werden können.

**Aufgabe 1**

Zeichnen Sie eine senkrechte Gerade und im rechten Winkel dazu nach rechts eine waagerechte Gerade. Der Schnittpunkt der beiden Geraden ist der Punkt A. Markieren Sie nun vom Punkt A ausgehend auf der senkrechten Gerade 5 cm entfernt den Punkt B und auf der waagerechten Gerade 5 cm entfernt den Punkt C. Verbinden Sie die Punkte B und C, so dass B, A und C ein rechtwinkliges, gleichschenkliges Dreieck bilden.

Messen Sie nun die Länge der Strecke zwischen B und C und markieren Sie deren Mittelpunkt D bei ca. 3,5 cm. Diese Entfernung zwischen B und D von 3,5 cm tragen Sie nun auch auf der Senkrechten Gerade von B ausgehend nach oben auf. So erhalten Sie wieder ein gleichschenkliges Dreieck E, B und D. So können Sie immer weiter verfahren und ein Dreieck ans nächste setzen. Die Schenkellänge wird immer kleiner und Sie nähern sich der Senkrechten immer mehr an. Am Ende können Sie die Kerbe mit Hilfe der Dreiecke „ausrunden“. Im Vergleich zu einem bei Ingenieuren üblichen Viertelkreis zur Ausrundung von Kerben erhalten Sie eine optimierte Kontur, die Spannung wird gleichmäßig verteilt und Sie reduzieren deutlich die lokalen Spannungsspitzen.

→ *Individuelle Lösung*

**Aufgabe 2**

Nennen Sie eine typische Schwachstelle beim Fahrrad, die bei Belastung entsteht und optimieren Sie diese mit Hilfe der oben beschriebenen Methode nach „Mattheck“.

→ *Individuelle Lösung*

**Hinweis:** In der Praxis wird die Mattheck-Optimierung weniger für den Rahmen, sondern eher für Übergänge am Lenker oder beispielsweise der Tretkurbel angewendet.

Sehen Sie sich als Einleitung für den nächsten Arbeitsauftrag (Arbeitsblatt 3) am besten zunächst den Kurzfilm „Die Methode der Zugdreiecke von Claus Mattheck“ an.

Link zum Film:

<https://www.youtube.com/watch?v=CSyj-b6poObYan>.

Anschließend lassen Sie die SuS in Einzelarbeit die Aufgaben des Arbeitsblattes 3 bearbeiten. (Hinweis: Die Bearbeitung der Arbeitsblattes 3 ist auch ohne den Film möglich.)

Im nächsten Schritt (Arbeitsblatt 4) sollen die SuS eigene Ideen sammeln, wie ein Fahrrad nachhaltiger produziert/gestaltet werden kann und eine Mind-Map erstellen. Hierbei sollen alle Faktoren der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie und Soziales) berücksichtigt werden.

Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit und Optimierung

Arbeitsblatt 4

## Das Umdenken

### Welche Möglichkeiten gibt es noch?

„ (...) Bislang schien der europäische Endkonsument zu wenig sensibilisiert zu sein, um sich über die Herstellung seines geliebten Sportgerätes Gedanken zu machen. Doch die Zeiten ändern sich langsam. Immer häufiger spielen im Wettbewerb die ökologische und soziale Bilanz vieler Produkte eine deutlich steigende Rolle. Wenn eine relativ hohe Anzahl nahezu identischer Produkte auf dem Markt angeboten wird, die sich oft nur noch durch Markennamen unterscheiden und häufig sogar am selben Produktionsort hergestellt werden, müssen neue Unterscheidungskriterien angesetzt werden, wie eben die Nachhaltigkeit. Stand der Endverbraucher, in unserem Fall der Velofahrer, bis vor Kurzem dem Für und Wider solcher Grundsatzdiskussionen noch eher schulterzuckend gegenüber, könnte und wird sich sein Verhalten in naher Zukunft (hoffentlich) nachvollziehbar ändern.“

<https://fitforlife.ch/artikel/nachhaltigkeit-in-der-fahrradindustrie/> (19.10.2017)

#### Aufgabe

Erarbeiten Sie weitere Möglichkeiten ein Fahrrad nachhaltiger zu gestalten. Präsentieren Sie ihre Ergebnisse als Mindmap. Betrachten Sie bei der Ideenfindung die unterschiedlichen Teilsysteme (Reifen, Sattel, Produktion,...). Nutzen Sie für die Erarbeitung das Internet, ihre eigenen Erfahrungen mit dem Gebrauchsgegenstand Fahrrad und ihre Kreativität. Zeichnen Sie in Ihrer Mindmap auch mögliche Querverbindungen, die sich gegenseitig beeinflussen, auf, so dass ein vernetztes System deutlich wird.

→ *Individuelle Lösung*

#### Hausaufgabe

Ergänzen Sie ihr Konzept eines nachhaltigen Fahrrades.

→ *Die Erfahrung hat gezeigt, dass SuS hier sehr kreativ sind. Die Ideen reichen vom Fahrrad aus recycelten Rohstoffen und alten Fahrrädern bis hin zum Fahrradladen mit Nachbarschaftstreff. Hier verfolgten die SuS die Idee, auch den Fahrradladen nachhaltig zu gestalten und nicht nur das Fahrrad. Lassen Sie den Ideen Ihrer SuS freien Lauf und lassen Sie sich von den Ergebnissen überraschen. Machen Sie anschließend den SuS deutlich, wie systemisch ihre Ansätze sind.*

*So hat sich beispielsweise eine unserer Testgruppen überlegt, dass sie für ihren Fahrradladen ein bereits existierendes Gebäude nutzen wollen, damit nicht noch mehr Natur zerstört werden muss. Zusätzlich überlegten sie sich, falls sie doch neu bauen müssten, weil zum Beispiel die Lage günstiger ist, wollten sie ihr Ladenkonzept aber so gestalten, dass sie möglichst wenig Platz benötigen, um möglichst kleinflächig zu bauen. Den SuS war zu diesem Zeitpunkt gar nicht bewusst, wie systemisch ihre Überlegungen waren.*

© BIOKON

## Weiterführende Informationen

In Ergänzung zu den Schülerbeiträgen kann einer der folgenden Kurzfilme (2 bis 3 Minuten) gezeigt werden:

- 80 Stunden Handarbeit – Fahrräder aus Bambus in Kiel  
[https://www.youtube.com/watch?v=G\\_jmpfxXZ4s](https://www.youtube.com/watch?v=G_jmpfxXZ4s)
  - My Boo – Bambusfahrräder aus Ghana <http://www.my-boo.de/> oder  
<https://www.youtube.com/watch?v=Bzaj2VhZeKk>
  - <https://www.youtube.com/watch?v=QKp0JxXQ2X4> für Fahrradmechaniker
- 

## Vorschläge für eine fächerbezogene Erweiterung

An dieser Stelle möchten wir Ihnen ein paar Vorschläge machen, wie Sie die Unterrichtseinheit vertiefen oder ergänzen können.

### Biologie

In Ergänzung zum Arbeitsblatt 2 (Bäume als Vorbild für die Technik) können Sie auf weitere Anforderungen an einen Baum eingehen. So gibt es **permanente Anforderungen**, wie beispielsweise ein tragfähiges, stabiles und gleichzeitig flexibles Grundgerüst, sichere Verankerung im Boden, Strukturen um Stoffe aus der Luft und den Boden auf- bzw. abzugeben und zu speichern usw. Es gibt aber auch **zeitlich begrenzte Anforderungen**, die sich über die Jahreszeiten oder durch einzelne Wetterereignisse, wie Wind/Sturm, Überflutungen bzw. den Klimawandel ändern. Erarbeiten Sie die einzelnen Anforderungen an das System Baum mit Ihren SuS. Welche Lösungen fallen den SuS ein und wo gibt es Zielkonflikte. Wenn ein Ast beispielsweise einfach nur dicker und damit fester sowie steifer wird, wird er auch schwerer und könnte am Ansatz abbrechen.

Interessant ist auch die erweiterte Betrachtung des Systems Baum auf seinen Lebensraum seine **Umgebungsbedingungen** bezogen, wie Trockenheit/Feuchtigkeit im Boden oder in der Luft, lockerer/verdichteter oder nährstoffreicher/nährstoffarmer Boden, Schadstoffe im Boden oder in der Luft, Solitärbaum/Wald mit Nachbarbäumen, Vögel/Schädlinge).

Sie können bei der Erarbeitung auf die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Teile und Abhängigkeiten der Teile des Systems Baum untereinander eingehen. So können Sie das Thema Wurzeln und Transport behandeln oder über das Thema Fotosynthese auf den Aufbau der einzelnen Blätter und ihre Bedeutung für den Baum eingehen. Auch die Themen abiotische und biotische Faktoren können weiter ausgearbeitet werden.

Abschließend kann das Zusammenspiel von Mensch und Natur behandelt werden: Wie und warum greift der Mensch in das System Baum ein? (Frucht- oder Harzernte, Holzernte also Fällen für Holzindustrie oder Weihnachtsbaumgeschäft, Einkürzung von Ästen für Verkehrssicherheit oder Baumschnitt an Obstbäumen; je nachdem, was der Mensch letztlich erreichen möchte, greift er anders ein. Dazu kommen Gesetze, die zu berücksichtigen sind u. s. w.)

## Technik

Nach der ersten Aufgabe des Arbeitsblattes 3 (Optimierung – gelernt vom Wachstum der Bäume) erarbeiten Sie mit Ihren SuS, wo in der Technik bzw. bei welchen Gebrauchsgütern diese Art der Optimierung Anwendung finden kann. Lassen Sie anschließend die SuS nach weiteren Möglichkeiten der Struktur- und Form-Optimierung nach dem Vorbild der Natur recherchieren. Ein guter Anknüpfungspunkt ist das Bionic-Bike. Es ist ein sehr leichtes und dennoch stabiles Klapprad aus Aluminium, welche mit Hilfe des ELiSE-Verfahrens auf Grundlage von Diatomeenstrukturen optimiert wurde – vgl. Unterrichtseinheit 1, Arbeitsblatt 2. Weitere Infos unter:

<https://www.awi.de/forschung/besondere-gruppen/bionischer-leichtbau/projekte/abgeschlossene-projekte/bionic-bike.html>

Es gibt in der Natur noch weitere Lösungsbeispiele für unterschiedliche Anforderungen. Während der Baum beispielsweise nur Material anlagern kann, wird bei einem Knochen zusätzlich auch Material abgebaut, welches aufgrund geänderter Belastungen nicht mehr benötigt wird. So entstehen stabile und gleichermaßen leichte Strukturen. Auch dieses sind interessante Ansätze für einen technikbezogenen Unterricht. Ebenso können Sie auf die Themen Multifunktionalität als wichtige Eigenschaft in der Natur oder auf verschiedene Fertigungstechniken im Zusammenhang mit Systemintegration eingehen. An dieser Stelle kann auch eine Abwägung der verschiedenen Verfahren und Materialien in Abhängigkeit von der Anwendung stattfinden.

## Wirtschaft

Das Arbeitsblatt 1 (Fahrrad und Nachhaltigkeit) kann durch Einbeziehung der gesamten Wertschöpfungskette mit Blick auf Nachhaltigkeit erweitert werden. Welche Auswirkungen haben bestimmte Veränderungen bei der Produktherstellung auf Primäraktivitäten und unterstützende Aktivitäten? Worauf muss im Hinblick auf ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit geachtet werden? Welche Lösungsansätze gibt es?

Ebenso können Sie das Thema Produktlebenszyklus einbinden. Erarbeiten Sie mit Ihren SuS die fünf Phasen bezugnehmend auf ein neuartiges und nachhaltiges Fahrrad.

Die SuS können sich auch überlegen, wie Nachhaltigkeit und Bionik, das Lernen von der Natur für die Technik, in das Marketing einbezogen werden können.

# Fahrrad

Eine systemische Betrachtung  
in puncto Nachhaltigkeit und  
Optimierung

---

## UE 2/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1a	Fahrrad und Nachhaltigkeit
Arbeitsblatt 1b	Fahrrad und Nachhaltigkeit
Arbeitsblatt 2	Bäume als Vorbild für die Technik
Arbeitsblatt 3	Optimierung – gelernt vom Wachstum der Bäume
Arbeitsblatt 4	Das Umdenken

# Fahrrad und Nachhaltigkeit

## Aufgabe

Lesen Sie den Text durch und stellen Sie die unterschiedlichen Aspekte zum Thema Fahrrad und Nachhaltigkeit tabellarisch dar.

---

## Nachhaltigkeit! Gerne mit dem Fahrrad

„Nachhaltigkeit – ein großes Wort. Aber mittlerweile vielleicht auch ein wenig überstrapaziert. Speziell, seit Politik und Marketing den Begriff für sich entdeckt haben. Schließlich gibt es heutzutage kaum noch etwas, das sich nicht mit diesem Attribut schmückt. Nachhaltige Möbel, nachhaltige Jobs, nachhaltiger Tourismus, nachhaltige Limo. Und doch ist es auch ein sehr wichtiges Wort. Denn im Kern beschreibt die Nachhaltigkeit das Bestreben des Menschen, seine Existenz auf diesem Planeten zu gestalten, ohne ihn dadurch auf Dauer zu schädigen. Oder, wie es in der Studie ‚Die Grenzen des Wachstums‘ des Club of Rome bereits 1972 formuliert wurde: „Die Chance der Menschheit durch ein auf die Zukunft bezogenes gemeinsames Handeln aller Nationen die Lebensqualität zu erhalten und eine Gesellschaft im weltweiten Gleichgewicht zu schaffen, die Bestand für Generationen hat.“

### Fahrradfahren: der Inbegriff von Nachhaltigkeit

In diesem Kontext wirkt das Fahrrad wie ein starkes Statement. Es hat das Zeug zum Paradebeispiel, zum Inbegriff der Nachhaltigkeit. Denn das menschliche Bedürfnis nach ständiger Mobilität ist eine der größten Belastungen für die Natur, die Erde und das Klima. Flugreisen gehören heute für viele Menschen fast schon zum Alltag, Güter und Lebensmittel werden

erst um die halbe Welt verschifft, um dann per Lkw ans Ziel ihrer Reise zu gelangen. Und die Autos verstopfen längst nicht mehr nur zu Ferienbeginn die Autobahnen. Nun wird das Fahrrad dem Flugzeug oder dem Lkw keine ernsthafte Konkurrenz machen. Aber dem Auto als urbanem Verkehrsmittel ist das Fahrrad durchaus gewachsen – und in vielen Belangen sogar überlegen. Zum Beispiel, wenn es mitten in der Hauptverkehrszeit einfach auf dem Radweg am Stau vorbeisaust. Wenn es die zeitraubende und nervtötende Parkplatzsuche in der überfüllten Innenstadt überflüssig macht. Vor allem aber, weil es weder fossile Treibstoffe verbraucht noch klimaschädliche und giftige Abgase und Feinstaub ausstößt. Dazu steigert es noch die Fitness des Fahrers und wirkt sich positiv auf die Figur aus. Ganz nebenbei entlastet es auch den Geldbeutel ganz erheblich. Denn sowohl in Anschaffung als auch in Wartung und Unterhalt ist das Fahrrad um Klassen günstiger als ein Auto, ganz gleich welcher Bauart. Längst ist das Fahrrad ein Statussymbol geworden und Ausdruck von Individualität. Kurzum:

Das Fahrrad erlaubt in einem gewissen Radius die praktisch emissionsfreie, aber dennoch relativ zügige Fortbewegung des individuellen Menschen.“

<https://www.fahrrad-xxl.de/blog/nachhaltigkeit-fahrrad/> (19.10.2017)

# Fahrrad und Nachhaltigkeit

## Aufgabe

Lesen Sie den Text durch und stellen Sie die unterschiedlichen Aspekte zum Thema Fahrrad und Nachhaltigkeit tabellarisch dar.

---

## Im Betrieb vorbildlich, doch wie sieht es bei der Herstellung aus?

Von: Andreas Gonseth et al.

„(...) Velos sind unglaublich schöne, effiziente, vielseitige und spannende Fortbewegungsmittel – im Alltag wie beim Sport. Die viel gepriesene Freiheit und Unabhängigkeit des modernen Menschen ist auf dem Velo ganz einfach erfahrbar, und sein ökologischer Wert gilt in unserer mobilen Gesellschaft im Vergleich zu motorisierten Untersätzen als beispiellos. Da ist es durchaus folgerichtig, dass im Zusammenhang mit dem Zweirad immer häufiger der Begriff „Nachhaltigkeit“ Verwendung findet (...). Nachhaltigkeit ist die Verschmelzung von Ökonomie, Sozialem und Ökologie in einem Prozess, der die Welt auch für die kommenden Generationen bewahrt. Nachhaltigkeit beinhaltet also nicht einfach die Verwendung umweltverträglicher Materialien oder die ökologische Herstellung derselben, sondern auch die Arbeitsbedingungen, unter denen Produkte fabriziert werden. So differenziert die Bedeutung des Begriffs Nachhaltigkeit eigentlich ist, so inflationär und pauschal wird Nachhaltigkeit von vielen Unternehmen in ihrer Marketingstrategie ohne konkrete Detailangaben verwendet. Diese Undifferenziertheit gilt beim Fahrradbau ganz explizit. Denn ausgerechnet unser heiss geliebtes Velo, das im Einsatz völlig zu Recht als „umweltfreundlichstes Verkehrsmittel der Moderne“ gepriesen wird, besteht in der Regel aus Bauteilen, die zumeist alles andere als umweltschonend hergestellt wurden. Und häufig von Menschen verarbeitet werden, die dies unter miserablen Arbeitsbedingungen tun müssen. Kann, soll und darf man also von Nachhaltigkeit reden, wenn eine ihrer tragenden Säulen, nämlich die „Verantwortung für Mensch und Natur“, schon häufig bei der Herstellung des Velos missachtet wird?

Die modernen Velos, die wir heute im Fachgeschäft finden, sind typische Produkte der Globalisierung. Mit allen damit verbundenen Vor- und Nachteilen. Obwohl für das Verkehrsmittel und Sportgerät im Vergleich zu einem Motorrad oder Auto nur vergleichsweise wenige Komponenten verbaut werden, kommen sie doch aus allen Ecken der Welt. Rahmenrohre, Schaltgruppe, Antrieb, Lenker, Sattel, Pedale, Felgen, Naben, Pneus usw. werden zumeist von unterschiedlichen Herstellern in diversen Ländern und mehreren Etappen produziert, um dann letztendlich vom eigentlichen Fahrradproduzenten zusammengebaut zu werden. In Zeiten der Globalisierung ein gängiges, zumeist angestrebtes Verfahren. Die Gründe hierfür: erstens sie vermeintliche Spezialisierung und somit bessere Qualität der einzelnen Teile und zweitens natürlich das Geld. Es ist allzu menschlich, dass Grund zwei – auch bei uns – die grösste Aufmerksamkeit erfährt. Um es lapidar zu formulieren: Wenn ein Unternehmer in Europa ein Produkt für 50 Euro herstellt, dafür in Fernost aber nur fünf Euro bezahlen muss, ist es nur noch eine Frage der Stückzahlen, bis sich der Aufbau neuer Produktionsstätten dort wirtschaftlich lohnt. Ganz zu schweigen von der im Fahrradbau gängigen Situation, dass Produktionsstätten in Fernost bereits existieren und „nur noch“ auf Aufträge warten. Ob dort dann unter akzeptablen ökologischen und sozialen Bedingungen produziert wird, steht auf einem anderen Blatt geschrieben, obwohl die grossen Markenhersteller zumindest Gewähr bieten, die lokalen gesetzlichen Auflagen einzuhalten.“

<https://www.fitforlife.ch/artikel/nachhaltigkeit-in-der-fahrradindustrie/>  
(19.10.2017)

# Bäume als Vorbild für die Technik

## Aufgabe

Skizzieren Sie auffällige Wachstumsmerkmale eines Baumes. Vergleichen Sie ihre Ergebnisse untereinander. Interpretieren Sie das Wachstum als Folge abiotischer Faktoren. Beziehen Sie bei Ihren Überlegungen folgende Aspekte ein: Welchen Herausforderungen muss ein Baum „gewachsen sein“? Was sind permanente Anforderungen und was sind spontane oder zeitlich begrenzte Ereignisse, die einen Baum herausfordern?

# Optimierung – gelernt vom Wachstum der Bäume

An einer Kerbe, also an einer Stelle hoher lokaler Spannung wird der Jahresring vom Baum durch mehr Materialansammlung verdickt, um dadurch die Spannung gleichmäßig zu verteilen. Für Ingenieure hat Professor Mattheck vom Karlsruher Institut für Technologie die graphische Methode der sogenannten Zugdreiecke entwickelt, mit deren Hilfe bei der Konstruktion von Bauteilen Kerbspannungen minimiert werden können.

---

## Aufgabe 1

Zeichnen Sie eine senkrechte Gerade und im rechten Winkel dazu nach rechts eine waagerechte Gerade. Der Schnittpunkt der beiden Geraden ist der Punkt A. Markieren Sie nun vom Punkt A ausgehend auf der senkrechten Gerade 5 cm entfernt den Punkt B und auf der waagerechten Gerade 5 cm entfernt den Punkt C. Verbinden Sie die Punkte B und C, so dass B, A und C ein rechtwinkliges, gleichschenkliges Dreieck bilden.

Messen Sie nun die Länge der Strecke zwischen B und C und markieren sie deren Mittelpunkt D bei ca. 3,5 cm. Diese Entfernung zwischen B und D von 3,5 cm tragen Sie nun auch auf der Senkrechten Gerade von B ausgehend nach oben auf. So erhalten Sie den Punkt E. Wenn Sie jetzt den Punkt E mit dem Punkt D verbinden, erhalten Sie wieder ein gleichschenkliges Dreieck E, B und D. So können Sie immer weiter verfahren und ein Dreieck ans nächste setzen. Die Schenkellänge wird immer kleiner und Sie nähern sich der Senkrechten immer mehr an. Am Ende können Sie die Kerbe mit Hilfe der Dreiecke „ausrunden“. Im Vergleich zu einem bei Ingenieuren üblichen Viertelkreis zur Ausrundung von Kerben erhalten Sie eine optimierte Kontur, die Spannung wird gleichmäßig verteilt und Sie reduzieren deutlich die lokalen Spannungsspitzen.

## Aufgabe 2

Nennen Sie eine typische Schwachstelle beim Fahrrad, die bei Belastung entsteht und optimieren Sie diese mit Hilfe der oben beschriebenen Methode nach „Mattheck“.

# Das Umdenken

## Welche Möglichkeiten gibt es noch?

„ (...) Bislang schien der europäische Endkonsument zu wenig sensibilisiert zu sein, um sich über die Herstellung seines geliebten Sportgerätes Gedanken zu machen. Doch die Zeiten ändern sich langsam. Immer häufiger spielen im Wettbewerb die ökologische und soziale Bilanz vieler Produkte eine deutlich steigende Rolle. Wenn eine relativ hohe Anzahl nahezu identischer Produkte auf dem Markt angeboten wird, die sich oft nur noch durch Markennamen unterscheiden und häufig sogar am selben Produktionsort hergestellt werden, müssen neue Unterscheidungskriterien angesetzt werden, wie eben die Nachhaltigkeit. Stand der Endverbraucher, in unserem Fall der Velofahrer, bis vor Kurzem dem Für und Wider solcher Grundsatzdiskussionen noch eher schulterzuckend gegenüber, könnte und wird sich sein Verhalten in naher Zukunft (hoffentlich) nachvollziehbar ändern.“

<https://fitforlife.ch/artikel/nachhaltigkeit-in-der-fahrradindustrie/> (19.10.2017)

---

### Aufgabe

Erarbeiten Sie weitere Möglichkeiten ein Fahrrad nachhaltiger zu gestalten. Präsentieren Sie ihre Ergebnisse als Mindmap. Betrachten Sie bei der Ideenfindung die unterschiedlichen Teilsysteme (Reifen, Sattel, Produktion,...). Nutzen Sie für die Erarbeitung das Internet, ihre eigenen Erfahrungen mit dem Gebrauchsgegenstand Fahrrad und ihre Kreativität. Zeichnen Sie in Ihrer Mindmap auch mögliche Querverbindungen, die sich gegenseitig beeinflussen, auf, so dass ein vernetztes System deutlich wird.

### Hausaufgabe

Ergänzen Sie ihr Konzept eines nachhaltigen Fahrrades.

# Prothetik und Ethik 1

## Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-)Leben ermöglichen

---

### Unterrichtseinheit kompakt

**Thema der Stunde** Der Mensch als Vorbild für Prothesen.

**Lernziele** Die SuS sollen den Aufbau der menschlichen Hand und die Schwierigkeiten bei der Übertragung auf eine Prothese beschreiben können. Des Weiteren sollen die SuS ihre persönliche Einstellung zum Thema Einsatz von Prothesen reflektieren.

**Einsatzempfehlungen** insbesondere in den Fächern Biologie, Religion/Werte und Normen

**Verbindung zum Lehrplan** Im Fach Biologie kann die Unterrichtseinheit im Lerngebiet Neurologie sowie Bioethik verankert werden. Ebenso kann sie in der Fächern Religion/Werte und Normen im Kompetenzbereich Ethik eingesetzt werden.

**Voraussetzungen** keine

---

# UE 3/1. Verlauf, Material und Lösungen

Der Fokus dieser Unterrichtseinheit liegt auf der sozialen Nachhaltigkeit als Teilhabe an Leben und Gesundheit. Am Beispiel von Bein- und Handprothesen erarbeiten sich die SuS nicht nur den biologischen und technischen Aufbau der Hand (-prothese), sondern sie setzen sich mit sozialen und ethischen Fragen auseinander. Ausgehend vom Thema Prothetik kann die Unterrichtseinheit weitergeführt werden, indem sich die SuS mit der Produktion und Vermarktung von Alltagshelfern zum Beispiel für Senioren auseinandersetzen.

**Materialien** Sie brauchen die Möglichkeit, Filme im Internet zu zeigen.

Unterrichtsverlauf			
Einstieg	L zeigt das Bild/die Überschrift „Vom Holzbein zur Hightech-Prothese“		5 Minuten
	<p><b>Hinweis:</b> Häufig wird der Stumme Impuls immer noch so verstanden, dass die Lehrkraft glaubt, nichts sagen zu dürfen. In dieser Form ist der Einstieg in ein neues Thema wahrscheinlich eine der schwierigsten Methoden. Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass der stumme Impuls im Sinne des kooperativen Lernens eine sehr gute Methode ist, wenn der Lehrer nach einer Weile den Impuls durch einen Denkauftrag ergänzt. Hierbei sollen die Schüler sich Notizen machen und sich mit einem Partner austauschen. (vgl. W. Mattes 2011: „Methoden für den Unterricht“, Schöningh Westermann Verlag)</p>		
Erarbeitung 1	Als Beispiel für eine Prothese nach bionischem Vorbild beschreiben die SuS zunächst den Aufbau und die Funktion einer menschlichen Hand. Im Anschluss lernen sie die „Michelangelo Hand“ kennen.		30 Minuten
Sicherung 1	Die Ergebnisse der Arbeitsblätter werden im Plenum verglichen.		10 Minuten
Vertiefung 1	Mit Hilfe dreier Filme lernen die SuS die Lebensgeschichten zweier Menschen und ihren Umgang mit ihrem Handicap kennen. Nach anschließender Diskussion reflektieren sie ihre eigene Einstellung zu dem Thema.		45 Minuten
Reduktion	Eine Reduktionsmöglichkeit ist der letzte Film. Dieser sollte dann jedoch als Hausaufgabe aufgegeben werden, da er weitere interessante Informationen über die Protagonistin liefert.		

Beginnen Sie die Unterrichtseinheit, indem Sie die Einstiegsfolie zeigen und mit dem stimmigen Impuls Reaktionen und Gedanken der SuS zum Thema Prothesen sammeln. Ergänzen Sie anschließend die Ergebnisse durch die Informationen unterhalb der Bilder.

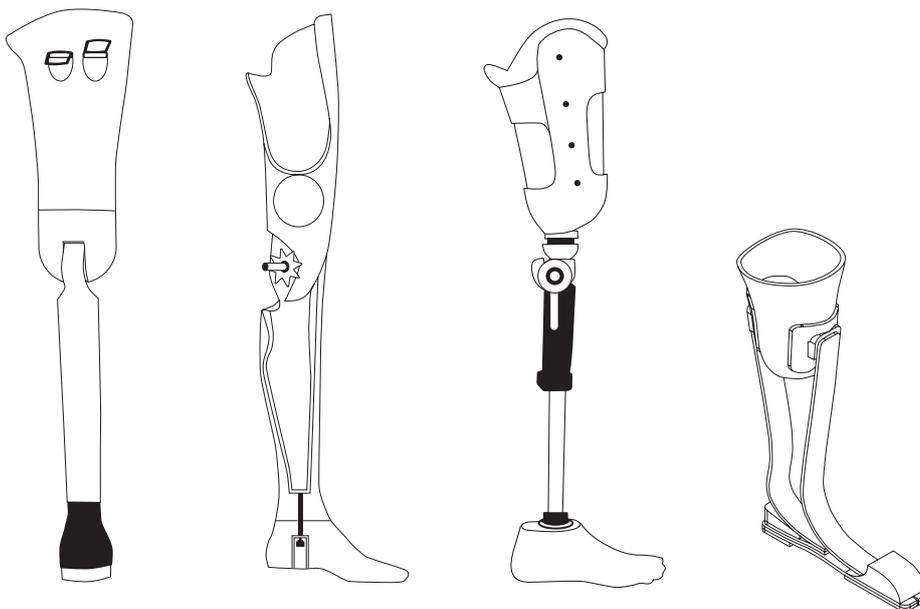
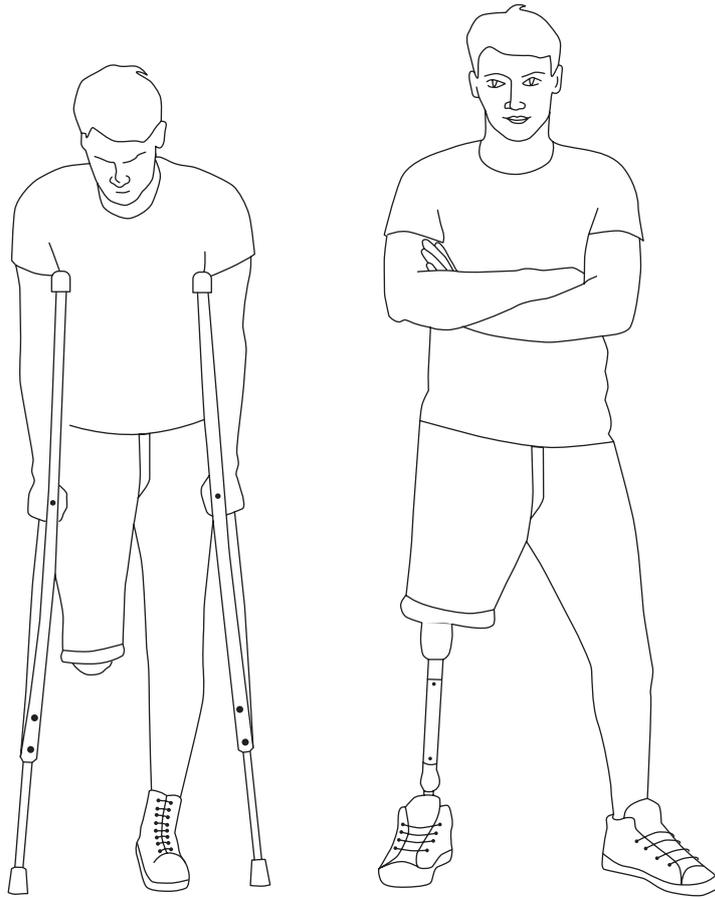
Decken Sie zunächst den unteren Teil der Folie ab.

## Ergänzende Informationen

- Die älteste bisher gefundene Prothese ist 3500 Jahre alt. Es war eine Zehenprothese aus Holz. Sie gehörte einer ägyptischen Frau und wurde nachweislich auch getragen, da sie Abnutzungsspuren aufzeigte.
- Schon die alten Römer nutzen Zahnprothesen. Hierfür verwendeten sie die Zähne von Tieren.
- Die ersten Beinprothesen bestanden noch aus einer einfachen Holzstelze.
- Im 16. Jahrhundert gab es für die reiche Bevölkerung schon erste Prothesenkonstruktionen mit einem gefederten Fuß und einem beweglichen Kniegelenk.
- In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gab es viele Amputationen. Während bis dahin vor allem Handwerker Prothesen herstellten, konstruierten später auch Mediziner, Ingenieure und Naturwissenschaftler Prothesen.
- 1922 begann man, Prothesen nach wissenschaftlichen Kriterien zu bauen.
- Heute werden Beinprothesen mit Hilfe modernster Technik hergestellt, sodass man den Trägern das Handicap kaum noch ansieht und sie sogar Fahrrad fahren können; mit Hilfe von Spezialanfertigungen können sie selbst am Spitzensport teilnehmen.

Autor: Silvio Wenzel <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/medizin/prothesen/index.html>

# Einstiegsfolie



## Informationstext: Die menschliche Hand

Die menschliche Hand ist sehr schwer nachzubauen. Sie besteht aus 17000 Tastzellen und 26 Gelenken. Alleine nur die „Knochen nachzubauen“ ist alles andere als einfach. Die menschliche Hand hat 27 Knochen. Es gibt fünf walzenförmige Mittelhandknochen. Diese verbinden die Finger mit dem Handgelenk. Das Handgelenk ist die Verbindung zwischen Hand und Unterarm. Es besteht aus 8 Handwurzelknochen. Es ist in einer Art Mosaik angeordnet und verleiht der Hand ihre große Beweglichkeit. Jede Hand hat 14 gelenkig miteinander verbundene Fingerknochen. Der Daumen ist den übrigen Fingern gegenüber gesetzt (opponierbarer Daumen), wodurch der Pinzettengriff und damit das Greifen von Gegenständen zwischen Zeigefinger und Daumen möglich sind. Muskeln, welche die Hand bewegen, liegen zum Großteil am Unterarm. Diese Muskulatur ist sozusagen die Fernsteuerung der Finger. Wenn sich der Unterarmmuskel zusammenzieht, beugt sich der entsprechende Finger.

Fordern Sie nun mit Hilfe des Arbeitsblattes 1 Ihre SuS auf, den Umriss ihrer eigenen Hand auf das Aufgabenblatt zu zeichnen. Lesen Sie anschließend den SuS den Informationstext zur Hand vor, damit Ihre SuS ihre Zeichnungen entsprechend ergänzen können.

# Die Hand

## Aufgabe

Zeichnen sie den Umriss ihrer Hand auf ein Blatt Papier und ergänzen bzw. beschriften Sie die Zeichnung mit Hilfe des Informationstextes, die ihnen die Lehrkraft vorliest.

## Lösung

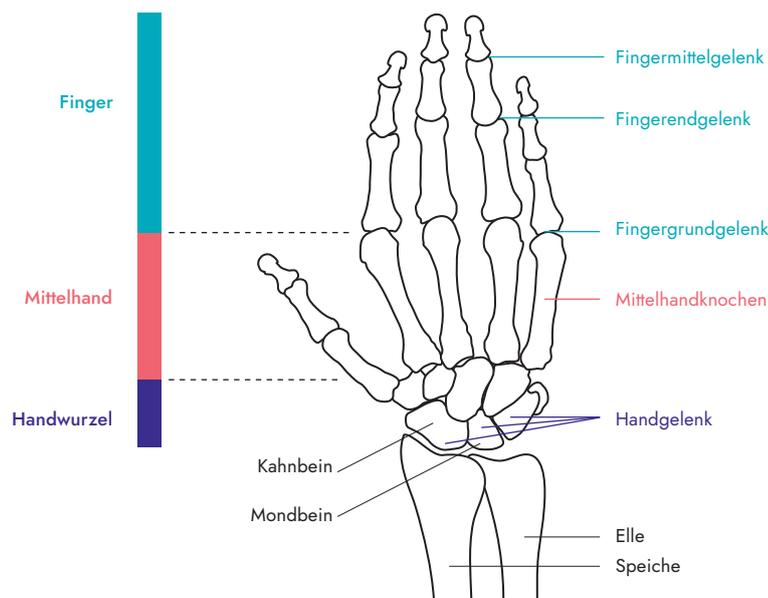


Abbildung: La Loma <sup>7</sup>

<sup>7</sup> Weitere Informationen: <https://www.apotheken.de/gesundheits-heute-news/article/aufbau-und-funktion-der-hand/>



# Die Michelangelo Hand

Die menschliche Hand und der Unterarm liefern das Vorbild für diese Hightech-Prothese von Otto Bock. Sie soll möglichst viele Greif- und Haltefunktionen übernehmen und sich vom Design harmonisch dem natürlichen Körperbild anpassen. Elektroden nehmen an der verbliebenen Muskulatur am Stumpf elektrische Impulse auf und bewegen darüber das mechanische Handgelenk. Es kann gebeugt und gestreckt sowie nach außen und innen gedreht werden. In einem neu entwickelten flexiblen Modus ahmt es sogar das Bewegungsverhalten eines entspannten natürlichen Handgelenks nach. Die Michelangelo Hand gibt mit ihren verschiedenen Möglichkeiten zu greifen den Anwendern zahlreiche Funktionen der natürlichen Hand zurück. Sie ermöglicht es, sieben unterschiedliche Handpositionen zu nutzen und so handwerkliche oder alltägliche Aufgaben zu bewältigen, bei denen Präzision und Kraft gefragt sind.

## Aufgabe

Versuchen Sie, mit nur einer Hand die Textfelder 1 bis 7 auszuschneiden und ordnen Sie die Felder den Nummern in der Zeichnung der Michelangelo Hand zu.

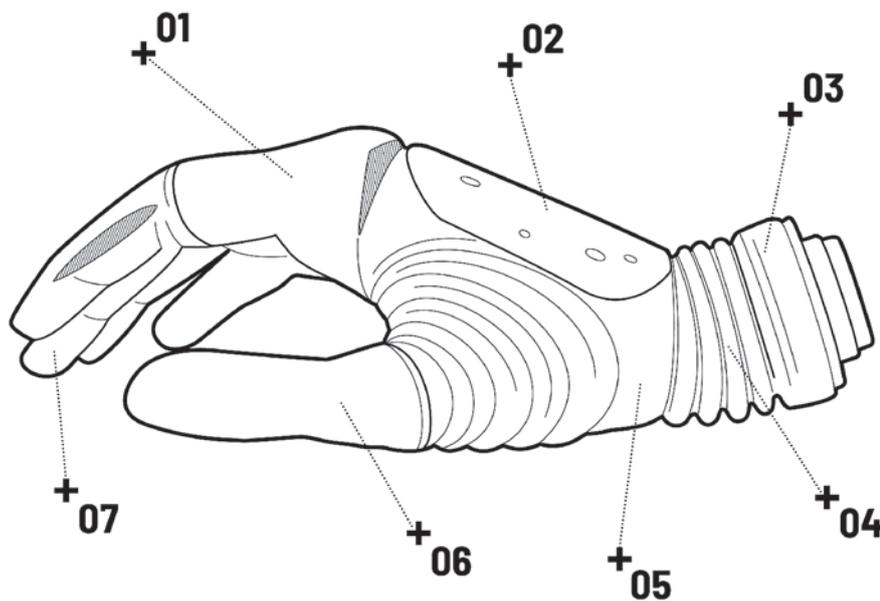


Abbildung: BIONIKON

Um mehr über die Prothese zu erfahren und um zu merken, wie selbstverständlich wir unsere Hände benutzen, sollen die SuS das Arbeitsblatt 3 bearbeiten. Hierfür sollen die SuS versuchen, mit nur einer Hand die Informationstexte 1 bis 7 ausschneiden und sie den richtigen Nummern in der Zeichnung der Michelangelo Hand zuordnen.

## Vorlage zum Ausschneiden



03

Ablösemechanismus: Die Hand lässt sich ganz einfach per Knopfdruck vom Schaft lösen.

06

Daumen: Der Daumen bewegt sich seitlich zum Zeigefinger. Damit lassen sich kleine und große Gegenstände greifen und halten.

02

Hauptantrieb: Im Handrücken befindet sich der Hauptantrieb. Aktiv angesteuerte Elemente sind Daumen-, Zeige- und Mittelfinger. Ringfinger und kleiner Finger bewegen sich passiv mit.

05

Griffmöglichkeiten: Die Michelangelo Hand schafft sieben unterschiedliche Greifmöglichkeiten. Die Griffkraft liegt zwischen sechs und sieben Kilogramm.

01

Griffkinematik: Die Kraft, die notwendig ist, schwere oder leichte Gegenstände zu halten, lässt sich eigenständig dosieren und steuern.

07

Finger: Beim Pinzettengriff bildet der Daumen mit Mittel- und Zeigefinger eine Dreipunktauflage.<sup>8</sup>

04

Handgelenk: Das flexible Handgelenk lässt sich beugen und strecken sowie passiv nach innen und außen drehen.

<sup>8</sup> Informationstexte und Bilder verändert nach: <https://ausstellung.green-up-your-future.de/patrick/> (05.05.2020)

Prothetik und Ethik 1

Arbeitsblatt 4

# Viktoria Modesta

## Aufgabe 4a

Beschreiben Sie grob die im Film vorgestellten Verfahrensschritte.

*Das Video beginnt mit dem Text „Forget about you know about disability“ und zeigt eine Szene, bei der die Künstlerin auf einer Art Thron sitzt. Zu ihrer Linken eine Person mit einer großen Spritze und zu Ihrer Rechten ein Hackbeil auf einem Tablett. (Hintergrundinformation: Die Künstlerin hat sich ebenfalls bewusst das Bein amputieren lassen.)*

.....

.....

.....

.....

.....

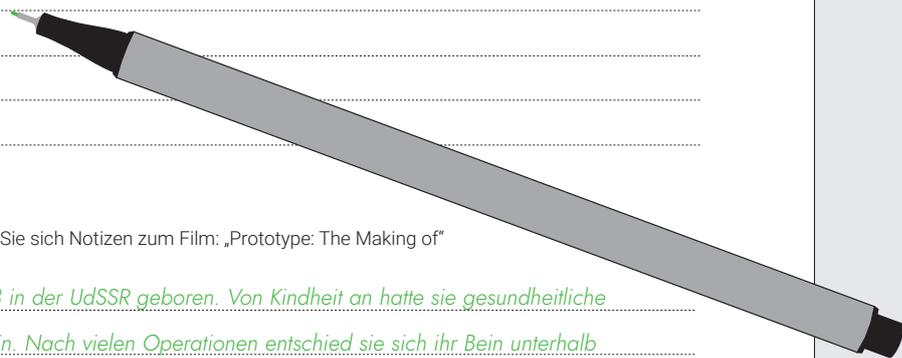
.....

.....

.....

.....

.....



## Aufgabe 4b

Machen Sie sich Notizen zum Film: „Prototype: The Making of“

*Viktoria Modesta wurde 1988 in der UdSSR geboren. Von Kindheit an hatte sie gesundheitliche Probleme mit ihrem linken Bein. Nach vielen Operationen entschied sie sich ihr Bein unterhalb des Knies amputieren zu lassen. 2012 trat sie bei der Schlussfeier der Paralympischen Spiele auf. Hierbei setzte sie ihre Prothese bewusst in Szene. Interessant ist auch die Geschichte der Prothesenherstellerin: Ursprünglich stellte sie besondere Prothesen für ein kleines Mädchen her, das immer wieder eine andere, auffällige Prothesen haben wollte. Die Herstellerin vergleicht dies in dem Interview mit einer Art Tattoo. Sie suchte ein Model für ihre Prothesen und traf auf Viktoria Modesta.*

.....

.....

Für das Aufgabenblatt 4 sehen Sie sich nun gemeinsam mit Ihren SuS den zweiten Film an. Hierbei handelt es sich um eine Künstlerin, die ebenfalls eine Prothese trägt und sie künstlerisch in Szene setzt. Bei dem Film handelt es sich um ein Musikvideo.

Musikvideo „Prototype“: <https://www.youtube.com/watch?v=jA8inmHhx8c>

Zeigen Sie nun Ihren SuS den Film „Prototype: The Making of“ Hierbei erfahren die SuS mehr über das Leben der Künstlerin.

**Hinweis:** Sie können ebenso das Thema Umgang Sexualität und Behinderung aufgreifen, da die Künstlerin dies ebenfalls im Musikvideo anspricht und im Making of erläutert.

Video „Prototype: The Making of“: <https://www.youtube.com/watch?v=2fiSAXr4UME>

# Prothetik und Ethik 1

Wie Prothesen die Teilhabe am  
(Arbeits-)Leben ermöglichen

---

## UE 3/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Die Hand

Arbeitsblatt 2

Bionische Prothesen

Arbeitsblatt 3

Die Michelangelo Hand

Arbeitsblatt 4

Viktoria Modesta

# Die Hand

## Aufgabe

Zeichnen sie den Umriss ihrer Hand auf ein Blatt Papier und ergänzen bzw. beschriften Sie die Zeichnung mit Hilfe des Informationstextes, die ihnen die Lehrkraft vorliest.



# Die Michelangelo Hand

Die menschliche Hand und der Unterarm liefern das Vorbild für diese Hightech-Prothese von Otto Bock. Sie soll möglichst viele Greif- und Haltefunktionen übernehmen und sich vom Design harmonisch dem natürlichen Körperbild anpassen. Elektroden nehmen an der verbliebenen Muskulatur am Stumpf elektrische Impulse auf und bewegen darüber das mechanische Handgelenk. Es kann gebeugt und gestreckt sowie nach außen und innen gedreht werden. In einem neu entwickelten flexiblen Modus ahmt es sogar das Bewegungsverhalten eines entspannten natürlichen Handgelenks nach. Die Michelangelo Hand gibt mit ihren verschiedenen Möglichkeiten zu greifen den Anwendern zahlreiche Funktionen der natürlichen Hand zurück. Sie ermöglicht es, sieben unterschiedliche Handpositionen zu nutzen und so handwerkliche oder alltägliche Aufgaben zu bewältigen, bei denen Präzision und Kraft gefragt sind.

## Aufgabe

Versuchen Sie, mit nur einer Hand die Textfelder 1 bis 7 auszuschneiden und ordnen Sie die Felder den Nummern in der Zeichnung der Michelangelo Hand zu.

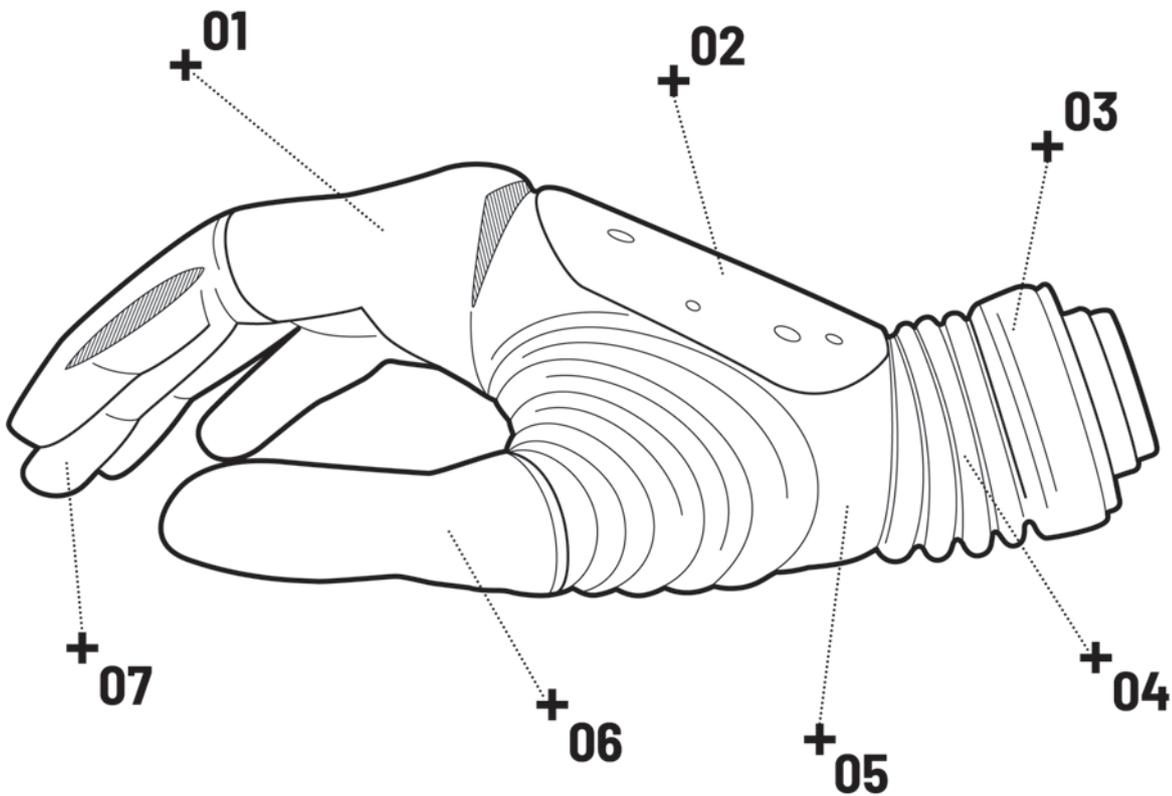


Abbildung: BIONIKON

## Vorlage zum Ausschneiden



Ablösemechanismus: Die Hand lässt sich ganz einfach per Knopfdruck vom Schaft lösen.

Daumen: Der Daumen bewegt sich seitlich zum Zeigefinger. Damit lassen sich kleine und große Gegenstände greifen und halten.

Hauptantrieb: Im Handrücken befindet sich der Hauptantrieb. Aktiv angesteuerte Elemente sind Daumen-, Zeige- und Mittelfinger. Ringfinger und kleiner Finger bewegen sich passiv mit.

Griffmöglichkeiten: Die Michelangelo Hand schafft sieben unterschiedliche Greifmöglichkeiten. Die Griffkraft liegt zwischen sechs und sieben Kilogramm.

Griffkinematik: Die Kraft, die notwendig ist, schwere oder leichte Gegenstände zu halten, lässt sich eigenständig dosieren und steuern.

Finger: Beim Pinzettengriff bildet der Daumen mit Mittel- und Zeigefinger eine Dreipunktauflage.<sup>8</sup>

Handgelenk: Das flexible Handgelenk lässt sich beugen und strecken sowie passiv nach innen und außen drehen.

<sup>8</sup> Informationstexte und Bilder verändert nach: <https://ausstellung.green-up-your-future.de/patrick/> (05.05.2020)

# Viktoria Modesta

**Aufgabe 4a**

Beschreiben Sie grob die im Film vorgestellten Verfahrensschritte.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Aufgabe 4b**

Machen Sie sich Notizen zum Film: „Prototype: The Making of“

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# Prothetik und Ethik 2

Technische Innovationen für  
Umwelt und Gesundheit –  
wie weit dürfen wir gehen?

---

## Unterrichtseinheit kompakt

**Thema der Stunde** Ethikkommission zur Einführung einer neuen Prothese.

**Lernziele** Die SuS sollen den Aufbau des menschlichen Ohrs beschreiben können. Die SuS sollen durch einen Perspektivwechsel die Einführung eines neuen Produktes im Hinblick auf das Thema Nachhaltigkeit und ethische Aspekte bewerten.

**Einsatzempfehlungen** insbesondere in den Fächern Religion/Werte und Normen, Biologie, Wirtschaft.

**Verbindung zum Lehrplan** Im Fach Biologie kann die Unterrichtseinheit im Lerngebiet Neurologie sowie Bioethik verankert werden. Ebenso kann sie in der Fächern Religion/Werte und Normen im Kompetenzbereich Ethik eingesetzt werden.

**Voraussetzungen** Die SuS sollten bereits Erfahrung mit der Methode der Gruppendiskussion haben. Der zeitliche Faktor ist für diese Unterrichtseinheit schwer einzuschätzen. Je nach Erfahrung, Interesse und Motivation der Gruppe planen Sie ggf. eine weitere Unterrichtsstunde für das Thema ein.

---

## UE 4 / 1. **Verlauf, Material und Lösungen**

In dieser Unterrichtseinheit werden die SuS die (Markt-)Einführung eines neuen Produkts im Rahmen einer Ethikkommission diskutieren. Hierbei sollen die SuS nicht nur unterschiedliche Interessengruppen kennenlernen, sondern sich mit der Herangehensweise an (umwelt-)ethische Fragestellungen auseinandersetzen. Im weitesten Sinne sollen sich die SuS somit bewusst machen, dass ihr Handeln unterschiedliche Auswirkungen haben kann.

### Materialien

Stifte und großes Papier

Sie sollten die Möglichkeit haben, Filme über das Internet zu zeigen.

Unterrichtsverlauf			
	<b>Einstieg</b>	Der Lehrer begrüßt die SuS, ohne zu sprechen, dadurch sollen die SuS erkennen, dass es um das Thema Hören geht.	<b>5 Minuten</b>
	<b>Erarbeitung 1</b>	Mit Hilfe der Arbeitsblätter 1 erarbeiten sich die SuS den Aufbau eines Ohrs und wie Hören funktioniert.	<b>15 Minuten</b>
	<b>Sicherung 1</b>	Die Ergebnisse werden im Plenum verglichen. Als Ergänzung wird ein Film zum sogenannten Cochlea Implantat gezeigt.	<b>10 Minuten</b>
	<b>Erarbeitung 2</b>	Die SuS bewerten im Rahmen einer Ethik-Kommission die Einführung einer neuen Ohrprothese aus verschiedenen Perspektiven.	<b>30 Minuten</b>
	<b>Sicherung 2</b>	Die Ergebnisse werden in der Diskussion vertreten.	<b>30 Minuten</b>
	<b>Reduktion</b>	Die Arbeitsblätter können durch einen Film ersetzt werden.	

Prothetik und Ethik 2

Arbeitsblatt 1

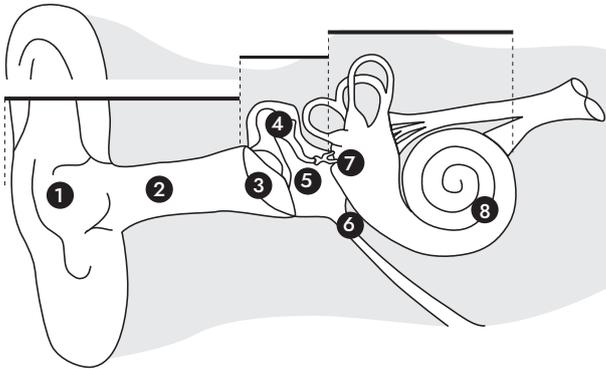
# Das Gehör

**Aufgabe 1a** Nennen Sie (evolutive) Gründe für die Notwendigkeit des Hörens.

*Lösungen: (Gleichgewichtssinn); Hören von Gefahren aber auch Futterquellen und Wasser.*

*Fortpflanzung; zum Beispiel Balzrufe von Vögeln*

**Aufgabe 1b** Benennen Sie die gekennzeichneten Strukturen des Ohrs.



### Wortspeicher

**Außenohr** (Ohrmuschel, Gehörgang, Außenseite des Trommelfells);

**Mittelohr** (Trommelfell, Paukenhöhle, Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel);

**Ohrtrumpete** (Eustachische Röhre);

**Innenohr** (Vorhof mit Gleichgewichtsorgan; Schnecke (Cochlea))

**Aufgabe 1c** Benennen Sie die gekennzeichneten Strukturen des Ohrs.

**Lösung:**

a) Schallwelle trifft auf Außenohr

b) Trommelfell schwingt Mittelohr leitet mechanische Schwingung weiter

c) Gehörknöchelchen und ovales Fenster übertragen

Schwingung

d) Schwingungen werden auf Gehörschnecke übertragen

e) Basilarmembran schwingt

f) Haarzellen im Corti-Organ werden erregt

g) Signal wird an die Nervenzellen weitergeleitet

Begrüßen Sie die SuS, ohne zu sprechen. Dadurch sollen die SuS erkennen, dass es um das Thema Hören geht. Verteilen Sie anschließend das Arbeitsblatt 1. Die SuS sollen in Einzelarbeit die Aufgaben bearbeiten. Die Ergebnisse werden anschließend in der Klasse vorgestellt.

**Hinweis:** Als Ergänzung können Sie je nach Wissenstand der SuS folgenden Film schauen. Er dauert ungefähr 4 Minuten und erklärt anschaulich Aufbau und Funktion des Ohrs. „Wie funktioniert das Ohr?“

<https://www.youtube.com/watch?v=Zulv7v9zCKo>

# Cochlea Implantat

**Aufgabe**

Machen Sie sich Notizen zum Film „Neues Hörgerät: Cochlea Implantat – Welt der Wunder“ <https://www.youtube.com/watch?v=8uthsMncDY>

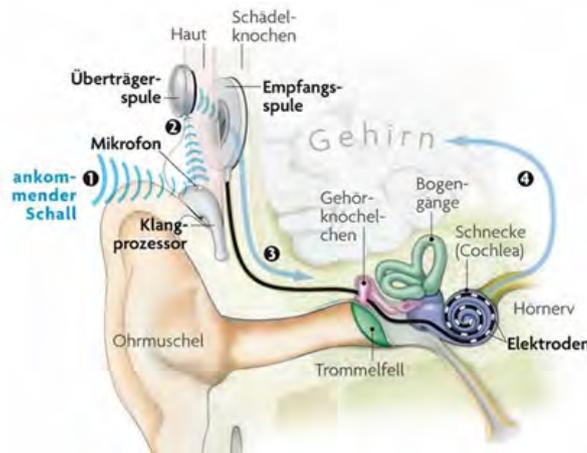


Abbildung:BIOKON

Die Entwickler des Cochlea-Implantates sind das Ehepaar Hochmeier. Das Besondere dieses Implantates ist es, dass erstmals die komplette Funktion eines Sinnesorgans ersetzt werden konnte. Hierbei wird das Implantat operativ unter der Haut eingesetzt. Ein Audioprozessor nimmt analog Schallimpulse auf und wandelt sie in digitale Signale um. Diese werden über eine Spule zum Implantat im Innenohr übertragen. Das Cochlea-Implantat übernimmt somit die Funktion der defekten Haarsinneszellen. Die Sensation war, dass 1985 erstmals Träger des Implantates Sprache verstehen konnten.

.....

.....

.....

.....

.....

Nach der Bearbeitung und Beantwortung des Arbeitsblattes 1 schauen Sie sich zunächst mit Ihrer Klasse den Film „Neues Hörgerät: Cochlea-Implantat – Welt der Wunder“ an <https://www.youtube.com/watch?v=8uthsMncDY>. Die SuS sollen sich Notizen zum Film machen, die Sie anschließend im Plenum vergleichen (Arbeitsblatt 2).

**Infobox**

## Eine bionische Hörprothese: das Cochlea-Implantat

Das Cochlea Implantat (CI) wurde in den 1970er Jahren entwickelt und ist eine der ersten und wichtigsten Errungenschaften der Bionik-Forschung. Erstmals gelang es damals, einen menschlichen Sinn prothetisch zu ersetzen. Im Gegensatz zu Hörgeräten, die nur den eintreffenden Schall verstärken, übernimmt das CI den natürlichen Vorgang der Signalübertragung zwischen Haarsinneszelle und Hörnervenfaser. Damit ist es keine

Hörhilfe, sondern eine Hörprothese für Gehörlose, deren Gehörnerv noch funktioniert. Diese ist von höchstem Nutzen, denn jeden Tag werden allein in Deutschland ein bis zwei gehörlose Kinder geboren. Dazu verlieren viele Menschen durch Unfälle und Krankheit ihren Hörsinn. Vielen dieser Menschen kann mit dem CI die Rückkehr in ein weitgehend normales Leben ermöglicht werden.

**Technische  
Anwendung**

Ein Cochlea-Implantat besteht aus externen und zu implantierenden Bauteilen. Die außenliegenden Komponenten wie Mikrofon, Soundprozessor, Batterie und Sendespule werden meist hinter dem Ohr getragen. Bei einer Operation implantiert werden Empfängerspule und Elektroden. All dies dient dazu, den natürlichen Hörvorgang technisch zu simulieren. Das Mikrofon fängt die Schallwellen aus der Umgebung auf. Der Soundprozessor wandelt diese elektronisch um und codiert sie. Die Sendespule sendet diese dann an die implantierte Empfängerspule, die wiederum über Elektroden direkt den Hörnerv anregt. Ab dann geht alles seinen natürlichen Weg. Für jeden CI-Benutzer wird der Soundprozessor mit einem speziellen Computerprogramm individuell angepasst.

**Bionisches  
Funktionsprinzip**

Mit dem Cochlea-Implantat wird der natürliche Hörvorgang nachgebildet. Bei Menschen mit normalem Hörvermögen steht dabei die Hörschnecke (Cochlea) im Zentrum. Die Haarsinneszellen im Inneren der Cochlea wandeln mechanische Schwingungen in Nervenimpulse um, die an das Gehirn weitergeleitet werden. Jede Haarsinneszelle ist auf eine spezielle Tonfrequenz spezialisiert, die sie an die Hörnervenfaser weitergibt. Die Elektroden im Cochlea-Implantat bilden diesen Vorgang nach: Sie erregen den Hörnerv. Die besondere Herausforderung besteht darin, die Hörnervenfaser punktgenau wie beim natürlichen Hörvorgang zu reizen.

**Vorbild aus  
der Natur**

Das Innenohr ist ein wahres Multitalent und gehört zu den wichtigsten Sinnesorganen des Menschen. Neben dem Hör- ist es auch für den Gleichgewichtssinn zuständig. Über Jahrmillionen wurde die Funktion des Innenohrs perfektioniert. Das Ohr funktioniert als Trichter und leitet die Schallwellen ans Trommelfell weiter. Dort sitzen die Gehörknöchelchen – Hammer, Amboss und Steigbügel – die den Reiz weiterleiten. Haarzellen wandern den mechanischen Reiz dann in einen elektrischen um, der im Gehirn verarbeitet wird.

**Prothetik und Ethik 2**

**Das bionische Ohr** Das Cochlea-Implantat, das in das Innere des Ohres eingesetzt wird und akustische Signale in Nervenimpulse umsetzt und an das Gehirn weitersendet, gibt tauben Patienten mit genetisch bedingter Taubheit in 45 bis 50 Prozent der Fälle ihr Gehör zurück. Bei Fällen von post-infektiöser Taubheit, Hörverlust ausgelöst durch Medikamententoxikation oder Problemen während der Schwangerschaft – beispielsweise viralen Erkrankungen der Mutter im ersten Schwangerschaftsdrittel – hilft das Implantat bei 25 bis 30 Prozent der Betroffenen. „Das Cochlea-Implantat ist bei allen Patienten wirksam, bei denen die Taubheit auf Probleme im Innenohr zurückzuführen ist und jene Zellen geschädigt sind, die dafür zuständig sind die Geräusche in elektrische Signale umzusetzen und durch den Hörnerv an das Gehirn weiterzuleiten“, erklärt Studienleiter Gaetano Paludetti von der Università Cattolica di Roma.

**Übrigens** Mehr als 300.000 Menschen tragen weltweit das Cochlea-Implantat, davon über 30.000 allein in Deutschland.

<https://www.biokon.de/eine-bionische-hoerprothese-das-cochlea-implantat/>

# Die Ethik-Kommission

## Aufgabe 1

Die Firma *profuture* möchte ein neues weiterentwickeltes Implantat auf den Markt bringen: Mit dem Implantat kann der Träger was er jemals gehört hat nie wieder vergessen/ Handygespräche mithören/ durch Wände hören. Als Teil einer Ethikkommission vertreten Sie die Interessen verschiedener Stakeholder. Bilden Sie sechs Gruppen und ziehen Sie eine Stakeholderkarte.

## Aufgabe 2

Beginnen Sie eine Diskussion auf der Basis der von Gruppe 6 (die Moderatoren) festgelegten Regeln. Stellen Sie im Anschluss der Diskussion vor, wie es Ihnen ergangen ist. Die Moderatoren stellen ihre Beobachtungen vor.



## DIE MODERATOREN

Ihre erste Aufgabe besteht darin, die Umgangsformen für die Diskussion festzulegen und als Beobachter zu fungieren. Hierzu müssen sie die Regeln aufstellen und vorstellen. Zusätzlich müssen Sie die Gruppen und die Diskussion beobachten und ihre Reflektion vorstellen. Denken Sie hierbei an die Regeln zur Reflektion: kritisieren Sie Ihre Mitschüler nicht!

Ihre zweite Aufgabe besteht darin, die Ergebnissicherung zu liefern. Fassen Sie die Ergebnisse der verschiedenen Interessensgruppen in Form eines Handouts zusammen.

Teilen Sie die Klasse in sechs Gruppen. Jede Gruppe muss in eine andere Rolle „schlüpfen“ und im Rahmen einer Ethik-Kommission ihren Standpunkt ermitteln und vertreten. Entscheiden Sie oder lassen Sie dabei die SuS entscheiden, welche Funktion das neue Produkt haben soll:

Mit dem Implantat kann der Träger

- etwas, das er jemals gehört hat, nie wieder vergessen.
- Handygespräche mithören.
- durch Wände hören.

**Hinweis:** Als Einstieg in das Thema Ethik-Kommission empfiehlt sich der Kurzfilm (1 min 30) „Sarif Industries: Augmentation Testimonials“. Hierbei handelt es sich um ein futuristisches und fiktives Werbevideo zum Thema Augmentierung.

Link zum Video: <https://www.youtube.com/watch?v=UWmeBeRb1RY>

## MEDIZIN/FORSCHUNG

## KIRCHE

## HAUSHALT/VERBRAUCHER

## UNTERNEHMEN

## STAAT

Ihre Hauptthemen sind Recht und Verordnungen.  
Klären Sie aus der Sicht Ihrer Gruppe:

- a) Was gehört zu dem Thema?
- b) Was sind Vor- und Nachteile des Themas im Hinblick auf die Einführung des neuen Produktes?
- c) Welches Ziel wollen Sie als Gruppe verfolgen?  
Ja/Nein/Vielleicht: Warum wollen Sie dieses Ziel verfolgen und welche Strategie haben Sie um Ihre Interessen zu vertreten?

Folgende fünf Schritte können Ihnen bei der Herangehensweise helfen (verändert nach RPI Locom 2008: Arbeitshilfe BBS27)

1. Beschreibung des Problems → Was ist das Problem?

Worin liegt der Konflikt? Welche Details können wichtig sein? Was bedeutet das Problem für mich/ für Betroffene?

2. Analyse des Sachverhaltes → Wie kam es dazu?

Wer ist direkt oder indirekt beteiligt? Welche Folgen könnten sich ergeben? Wer trägt am schwersten Folgen?

3. Erörterung der Verhaltensalternativen → Was könnte man tun?

Welche Verhaltensmöglichkeit gibt es? Was sind die Ziele? Was sind die Motive? Welche Folgen hat die jeweilige Verhaltensmöglichkeit? Welche Bezüge zur Nachhaltigkeit gibt es?

4. Prüfung der Normen → Was darf man tun?

Was sagt/sagen das Gesetz, die Berufsregeln, Alltagsregeln, der gesunde Menschenverstand dazu? Welche der Normen können wir am ehesten verfolgen? Welche Verhaltensregel aus Schritt 3 passt am ehesten zu der gewählten Norm?

5. Wie entscheiden wir uns? Wie begründen wir unsere Entscheidung? Können wir mit dieser Entscheidung gut leben? Können andere mit dieser Entscheidung gut leben?

Die Arbeitsblätter für die jeweiligen Gruppen finden Sie unter den Kopiervorlagen. Die Lösungen zu den Aufgaben sind individuell. Bitte bedenken Sie, dass Sie das Thema ggf. in einer weiteren Stunde noch einmal aufgreifen bzw. weiterbearbeiten müssen. Der Zeitfaktor ist für diese Unterrichtseinheit schwer festzulegen, da er in der Testphase je nach Schülergruppe sehr unterschiedlich war.

# Prothetik und Ethik 2

Technische Innovationen für  
Umwelt und Gesundheit –  
wie weit dürfen wir gehen?

---

## UE 4/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Das Gehör

Arbeitsblatt 2

Cochlea-Implantat

Arbeitsblatt 3

Die Ethik-Kommission

# Das Gehör

**Aufgabe 1a**

Nennen Sie (evolutive) Gründe für die Notwendigkeit des Hörens.

.....

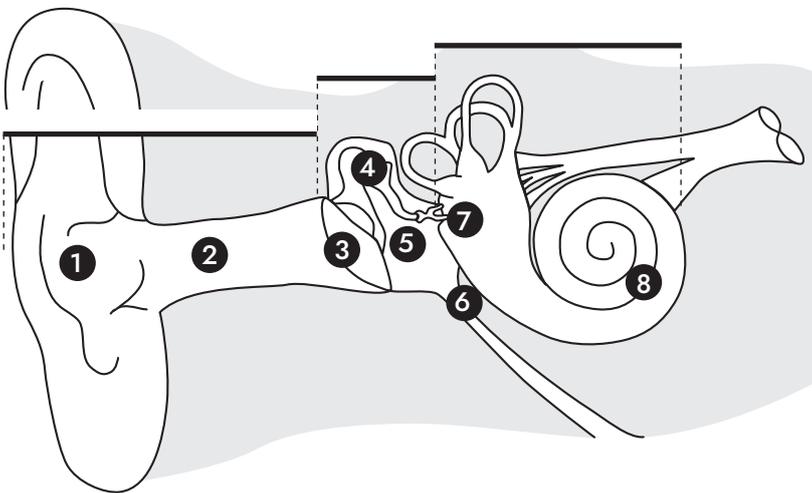
.....

.....

.....

**Aufgabe 1b**

Benennen Sie die gekennzeichneten Strukturen des Ohrs.



**Wortspeicher**

**Außenohr** (Ohrmuschel, Gehörgang, Außenseite des Trommelfells);

**Mittelohr** (Trommelfell, Paukenhöhle, Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel);

**Ohrtrompete** (Eustachische Röhre);

**Innenohr** (Vorhof mit Gleichgewichtsorgan; Schnecke (Cochlea)

**Aufgabe 1c**

Benennen Sie die gekennzeichneten Strukturen des Ohrs.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Infobox

---

## Eine bionische Hörprothese: das Cochlea-Implantat

Das Cochlea-Implantat (CI) wurde in den 1970er Jahren entwickelt und ist eine der ersten und wichtigsten Errungenschaften der Bionik-Forschung. Erstmals gelang es damals, einen menschlichen Sinn prothetisch zu ersetzen. Im Gegensatz zu Hörgeräten, die nur den eintreffenden Schall verstärken, übernimmt das CI den natürlichen Vorgang der Signalübertragung zwischen Haarsinneszelle und Hörnervenfaser. Damit ist es keine

Hörhilfe, sondern eine Hörprothese für Gehörlose, deren Gehörnerv noch funktioniert. Diese ist von höchstem Nutzen, denn jeden Tag werden allein in Deutschland ein bis zwei gehörlose Kinder geboren. Dazu verlieren viele Menschen durch Unfälle und Krankheit ihren Hörsinn. Vielen dieser Menschen kann mit dem CI die Rückkehr in ein weitgehend normales Leben ermöglicht werden.

---

### Technische Anwendung

Ein Cochlea-Implantat besteht aus externen und zu implantierenden Bauteilen. Die außenliegenden Komponenten wie Mikrofon, Soundprozessor, Batterie und Sendespule werden meist hinter dem Ohr getragen. Bei einer Operation implantiert werden Empfängerspule und Elektroden. All dies dient dazu, den natürlichen Hörvorgang technisch zu simulieren. Das Mikrofon fängt die Schallwellen aus der Umgebung auf. Der Soundprozessor wandelt diese elektronisch um und codiert sie. Die Sendespule sendet diese dann an die implantierte Empfängerspule, die wiederum über Elektroden direkt den Hörnerv anregt. Ab dann geht alles seinen natürlichen Weg. Für jeden CI-Benutzer wird der Soundprozessor mit einem speziellen Computerprogramm individuell angepasst.

### Bionisches Funktionsprinzip

Mit dem Cochlea-Implantat wird der natürliche Hörvorgang nachgebildet. Bei Menschen mit normalem Hörvermögen steht dabei die Hörschnecke (Cochlea) im Zentrum. Die Haarsinneszellen im Inneren der Cochlea wandeln mechanische Schwingungen in Nervenimpulse um, die an das Gehirn weitergeleitet werden. Jede Haarsinneszelle ist auf eine spezielle Tonfrequenz spezialisiert, die sie an die Hörnervenfaser weitergibt. Die Elektroden im Cochlea-Implantat bilden diesen Vorgang nach: Sie erregen den Hörnerv. Die besondere Herausforderung besteht darin, die Hörnervenfaser punktgenau wie beim natürlichen Hörvorgang zu reizen.

### Vorbild aus der Natur

Das Innenohr ist ein wahres Multitalent und gehört zu den wichtigsten Sinnesorganen des Menschen. Neben dem Hör- ist es auch für den Gleichgewichtssinn zuständig. Über Jahrmillionen wurde die Funktion des Innenohrs perfektioniert. Das Ohr funktioniert als Trichter und leitet die Schallwellen ans Trommelfell weiter. Dort sitzen die Gehörknöchelchen – Hammer, Amboss und Steigbügel – die den Reiz weiterleiten. Haarzellen wandern den mechanischen Reiz dann in einen elektrischen um, der im Gehirn verarbeitet wird.

**Das bionische Ohr** Das Cochlea-Implantat, das in das Innere des Ohres eingesetzt wird und akustische Signale in Nervenimpulse umsetzt und an das Gehirn weitersendet, gibt tauben Patienten mit genetisch bedingter Taubheit in 45 bis 50 Prozent der Fälle ihr Gehör zurück. Bei Fällen von post-infektiöser Taubheit, Hörverlust ausgelöst durch Medikamententoxikation oder Problemen während der Schwangerschaft – beispielsweise viralen Erkrankungen der Mutter im ersten Schwangerschaftsdrittel – hilft das Implantat bei 25 bis 30 Prozent der Betroffenen. „Das Cochlea-Implantat ist bei allen Patienten wirksam, bei denen die Taubheit auf Probleme im Innenohr zurückzuführen ist und jene Zellen geschädigt sind, die dafür zuständig sind die Geräusche in elektrische Signale umzusetzen und durch den Hörnerv an das Gehirn weiterzuleiten“, erklärt Studienleiter Gaetano Paludetti von der Università Cattolica di Roma.

**Übrigens** Mehr als 300.000 Menschen tragen weltweit das Cochlea-Implantat, davon über 30.000 allein in Deutschland.

<https://www.biokon.de/eine-bionische-hoerprothese-das-cochlea-implantat/>

# Die Ethik-Kommission

## Aufgabe 1

Die Firma *profuture* möchte ein neues weiterentwickeltes Implantat auf den Markt bringen: Mit dem Implantat kann der Träger was er jemals gehört hat nie wieder vergessen/ Handygespräche mithören/ durch Wände hören. Als Teil einer Ethikkommission vertreten Sie die Interessen verschiedener Stakeholder. Bilden Sie sechs Gruppen und ziehen Sie eine Stakeholderkarte.

## Aufgabe 2

Beginnen Sie eine Diskussion auf der Basis der von Gruppe 6 (die Moderatoren) festgelegten Regeln. Stellen Sie im Anschluss der Diskussion vor, wie es Ihnen ergangen ist. Die Moderatoren stellen ihre Beobachtungen vor.



## DIE MODERATOREN

Ihre erste Aufgabe besteht darin, die Umgangsformen für die Diskussion festzulegen und als Beobachter zu fungieren. Hierzu müssen sie die Regeln aufstellen und vorstellen. Zusätzlich müssen Sie die Gruppen und die Diskussion beobachten und ihre Reflektion vorstellen. Denken Sie hierbei an die Regeln zur Reflektion: kritisieren Sie Ihre Mitschüler nicht!

Ihre zweite Aufgabe besteht darin, die Ergebnissicherung zu liefern. Fassen Sie die Ergebnisse der verschiedenen Interessensgruppen in Form eines Handouts zusammen.



---

## STAAT

---

**Ihre Hauptthemen sind Recht und Verordnungen.  
Klären Sie aus der Sicht Ihrer Gruppe:**

- a) Was gehört zu dem Thema?
- b) Was sind Vor- und Nachteile des Themas im Hinblick auf die Einführung des neuen Produktes?
- c) Welches Ziel wollen Sie als Gruppe verfolgen?  
Ja/Nein/Vielleicht: Warum wollen Sie dieses Ziel verfolgen und welche Strategie haben Sie um Ihre Interessen zu vertreten?

**Folgende fünf Schritte können Ihnen bei der Herangehensweise helfen (verändert nach RPI Loccum 2008: Arbeitshilfe BBS27)**

1. Beschreibung des Problems → Was ist das Problem?  
Worin liegt der Konflikt? Welche Details können wichtig sein? Was bedeutet das Problem für mich/ für Betroffene?
2. Analyse des Sachverhaltes → Wie kam es dazu?  
Wer ist direkt oder indirekt beteiligt? Welche Folgen könnten sich ergeben? Wer trägt am schwersten Folgen?
3. Erörterung der Verhaltensalternativen → Was könnte man tun?  
Welche Verhaltensmöglichkeit gibt es? Was sind die Ziele? Was sind die Motive? Welche Folgen hat die jeweilige Verhaltensmöglichkeit? Welche Bezüge zur Nachhaltigkeit gibt es?
4. Prüfung der Normen → Was darf man tun?  
Was sagt/sagen das Gesetz, die Berufsregeln, Alltagsregeln, der gesunde Menschenverstand dazu? Welche der Normen können wir am ehesten verfolgen? Welche Verhaltensregel aus Schritt 3 passt am ehesten zu der gewählten Norm?
5. Wie entscheiden wir uns? Wie begründen wir unsere Entscheidung? Können wir mit dieser Entscheidung gut leben? Können andere mit dieser Entscheidung gut leben?



---

## UNTERNEHMEN

---

**Ihre Hauptthemen sind Recht und Verordnungen.  
Klären Sie aus der Sicht Ihrer Gruppe:**

- a) Was gehört zu dem Thema?
- b) Was sind Vor- und Nachteile des Themas im Hinblick auf die Einführung des neuen Produktes?
- c) Welches Ziel wollen Sie als Gruppe verfolgen?  
Ja/Nein/Vielleicht: Warum wollen Sie dieses Ziel verfolgen und welche Strategie haben Sie um Ihre Interessen zu vertreten?

**Folgende fünf Schritte können Ihnen bei der Herangehensweise helfen (verändert nach RPI Loccum 2008: Arbeitshilfe BBS27)**

1. Beschreibung des Problems → Was ist das Problem?  
Worin liegt der Konflikt? Welche Details können wichtig sein? Was bedeutet das Problem für mich/ für Betroffene?
2. Analyse des Sachverhaltes → Wie kam es dazu?  
Wer ist direkt oder indirekt beteiligt? Welche Folgen könnten sich ergeben? Wer trägt am schwersten Folgen?
3. Erörterung der Verhaltensalternativen → Was könnte man tun?  
Welche Verhaltensmöglichkeit gibt es? Was sind die Ziele? Was sind die Motive? Welche Folgen hat die jeweilige Verhaltensmöglichkeit? Welche Bezüge zur Nachhaltigkeit gibt es?
4. Prüfung der Normen → Was darf man tun?  
Was sagt/sagen das Gesetz, die Berufsregeln, Alltagsregeln, der gesunde Menschenverstand dazu? Welche der Normen können wir am ehesten verfolgen? Welche Verhaltensregel aus Schritt 3 passt am ehesten zu der gewählten Norm?
5. Wie entscheiden wir uns? Wie begründen wir unsere Entscheidung? Können wir mit dieser Entscheidung gut leben? Können andere mit dieser Entscheidung gut leben?



---

## HAUSHALT/VERBRAUCHER

---

**Ihre Hauptthemen sind Recht und Verordnungen.  
Klären Sie aus der Sicht Ihrer Gruppe:**

- a) Was gehört zu dem Thema?
- b) Was sind Vor- und Nachteile des Themas im Hinblick auf die Einführung des neuen Produktes?
- c) Welches Ziel wollen Sie als Gruppe verfolgen?  
Ja/Nein/Vielleicht: Warum wollen Sie dieses Ziel verfolgen und welche Strategie haben Sie um Ihre Interessen zu vertreten?

**Folgende fünf Schritte können Ihnen bei der Herangehensweise helfen (verändert nach RPI Loccum 2008: Arbeitshilfe BBS27)**

1. Beschreibung des Problems → Was ist das Problem?  
Worin liegt der Konflikt? Welche Details können wichtig sein? Was bedeutet das Problem für mich/ für Betroffene?
2. Analyse des Sachverhaltes → Wie kam es dazu?  
Wer ist direkt oder indirekt beteiligt? Welche Folgen könnten sich ergeben? Wer trägt am schwersten Folgen?
3. Erörterung der Verhaltensalternativen → Was könnte man tun?  
Welche Verhaltensmöglichkeit gibt es? Was sind die Ziele? Was sind die Motive? Welche Folgen hat die jeweilige Verhaltensmöglichkeit? Welche Bezüge zur Nachhaltigkeit gibt es?
4. Prüfung der Normen → Was darf man tun?  
Was sagt/sagen das Gesetz, die Berufsregeln, Alltagsregeln, der gesunde Menschenverstand dazu? Welche der Normen können wir am ehesten verfolgen? Welche Verhaltensregel aus Schritt 3 passt am ehesten zu der gewählten Norm?
5. Wie entscheiden wir uns? Wie begründen wir unsere Entscheidung? Können wir mit dieser Entscheidung gut leben? Können andere mit dieser Entscheidung gut leben?



---

## KIRCHE

---

**Ihre Hauptthemen sind Recht und Verordnungen.  
Klären Sie aus der Sicht Ihrer Gruppe:**

- a) Was gehört zu dem Thema?
- b) Was sind Vor- und Nachteile des Themas im Hinblick auf die Einführung des neuen Produktes?
- c) Welches Ziel wollen Sie als Gruppe verfolgen?  
Ja/Nein/Vielleicht: Warum wollen Sie dieses Ziel verfolgen und welche Strategie haben Sie um Ihre Interessen zu vertreten?

**Folgende fünf Schritte können Ihnen bei der Herangehensweise helfen (verändert nach RPI Loccum 2008: Arbeitshilfe BBS27)**

1. Beschreibung des Problems → Was ist das Problem?  
Worin liegt der Konflikt? Welche Details können wichtig sein? Was bedeutet das Problem für mich/ für Betroffene?
2. Analyse des Sachverhaltes → Wie kam es dazu?  
Wer ist direkt oder indirekt beteiligt? Welche Folgen könnten sich ergeben? Wer trägt am schwersten Folgen?
3. Erörterung der Verhaltensalternativen → Was könnte man tun?  
Welche Verhaltensmöglichkeit gibt es? Was sind die Ziele? Was sind die Motive? Welche Folgen hat die jeweilige Verhaltensmöglichkeit? Welche Bezüge zur Nachhaltigkeit gibt es?
4. Prüfung der Normen → Was darf man tun?  
Was sagt/sagen das Gesetz, die Berufsregeln, Alltagsregeln, der gesunde Menschenverstand dazu? Welche der Normen können wir am ehesten verfolgen? Welche Verhaltensregel aus Schritt 3 passt am ehesten zu der gewählten Norm?
5. Wie entscheiden wir uns? Wie begründen wir unsere Entscheidung? Können wir mit dieser Entscheidung gut leben? Können andere mit dieser Entscheidung gut leben?



---

## MEDIZIN/FORSCHUNG

---

**Ihre Hauptthemen sind Recht und Verordnungen.  
Klären Sie aus der Sicht Ihrer Gruppe:**

- a) Was gehört zu dem Thema?
- b) Was sind Vor- und Nachteile des Themas im Hinblick auf die Einführung des neuen Produktes?
- c) Welches Ziel wollen Sie als Gruppe verfolgen?  
Ja/Nein/Vielleicht: Warum wollen Sie dieses Ziel verfolgen und welche Strategie haben Sie um Ihre Interessen zu vertreten?

**Folgende fünf Schritte können Ihnen bei der Herangehensweise helfen (verändert nach RPI Loccum 2008: Arbeitshilfe BBS27)**

1. Beschreibung des Problems → Was ist das Problem?  
Worin liegt der Konflikt? Welche Details können wichtig sein? Was bedeutet das Problem für mich/ für Betroffene?
2. Analyse des Sachverhaltes → Wie kam es dazu?  
Wer ist direkt oder indirekt beteiligt? Welche Folgen könnten sich ergeben? Wer trägt am schwersten Folgen?
3. Erörterung der Verhaltensalternativen → Was könnte man tun?  
Welche Verhaltensmöglichkeit gibt es? Was sind die Ziele? Was sind die Motive? Welche Folgen hat die jeweilige Verhaltensmöglichkeit? Welche Bezüge zur Nachhaltigkeit gibt es?
4. Prüfung der Normen → Was darf man tun?  
Was sagt/sagen das Gesetz, die Berufsregeln, Alltagsregeln, der gesunde Menschenverstand dazu? Welche der Normen können wir am ehesten verfolgen? Welche Verhaltensregel aus Schritt 3 passt am ehesten zu der gewählten Norm?
5. Wie entscheiden wir uns? Wie begründen wir unsere Entscheidung? Können wir mit dieser Entscheidung gut leben? Können andere mit dieser Entscheidung gut leben?

# Plastik in Kleidung

## Nutzen, Umweltprobleme, Lösungen

---

### Unterrichtseinheit kompakt

**Thema der Stunde** Plastik – Nutzen, Probleme und Lösungen

**Lernziele** Die SuS können den Nutzen und die Probleme bei der Verwendung von Plastik in Gebrauchsgütern nennen. Die SuS können Lösungsansätze aus der Bionik erläutern. Die SuS erstellen einen Blogbeitrag zum Thema Plastik.

**Einsatzempfehlungen** insbesondere in den Fächern Biologie und Wirtschaft.

**Verbindung zum Lehrplan** Im Fach Biologie kann die Unterrichtseinheit im Lerngebiet Ökologie und Nachhaltigkeit verankert werden. Ebenso kann die Unterrichtseinheit in der Einführungsphase genutzt werden, um den Begriff der biologischen Systeme zu verdeutlichen. In Wirtschaft kann die Unterrichtseinheit mit dem Lerngebiet 1 (Das Unternehmen als komplexes wirtschaftliches und soziales System) und dem Lerngebiet 5 (Marketing und Marktkommunikation) sowie dem Lerngebiet 9 (Umweltpolitik) in VWL verbunden werden.

**Voraussetzungen** Das Thema Nachhaltigkeit sollte zuvor behandelt worden sein.

---

**UE 5/1.**

# Verlauf, Material und Lösungen

In dieser Unterrichtseinheit werden die SuS am Beispiel Kleidung mit dem Thema Plastik(-müll) Gründe für die Verwendung von Plastik, den Problemen mit Plastikmüll und Lösungsansätze erarbeiten. Nachdem sich die SuS mit dem Thema befasst haben, erstellen sie eine Blogbeitrag zum Thema Plastik (in Kleidung).

**Materialien**

Verschiedene Gebrauchsgegenstände aus Plastik, z. B. Zahnbürste, Becher, Nylonstrumpfhose,...

**Unterrichtsverlauf**

<b>Einstieg</b>	L zeigt SuS verschiedene Plastikgegenstände und stellt die Frage: Warum ist Plastik so ein Erfolgsmodell? Anschließend werden während eines kurzen Brainstormings die Gedanken der SuS an der Tafel festgehalten.	<b>10 Minuten</b>
<b>Erarbeitung 1</b>	Mit Hilfe des Arbeitsblattes 1 „Plastik in Kleidung“ erarbeiten die Schüler die Fragen: Welche Arten von Plastik gibt es und warum wird Plastik in Kleidung genutzt?	<b>20 Minuten</b>
<b>Sicherung 1</b>	Ergebnisse werden im Plenum vorgestellt.	
<b>Erarbeitung 2</b>	Mit Hilfe des Arbeitsblattes 2 „Leandra Hamann“ erfahren die SuS mehr über Umweltverschmutzung durch Plastik, die junge Wissenschaftlerin und ihre Entwicklung.	<b>20 Minuten</b>
<b>Sicherung 2</b>	Blogbeitrag, #ImGrünenBereich.	<b>40 Minuten</b>
<b>Hausaufgabenvorschläge</b>		
<b>Reduktion</b>	Erarbeitung 1 kann entfallen, wenn das Thema von dem Beispiel Kleidung losgelöst wird.	



Plastik in Kleidung

**Aufgabe 1b**

Überlegen Sie anschließend gemeinsam mit Hilfe des Textes „Plastik in Kleidung“, warum die entsprechenden Plastikarten in Ihren Kleidungsstücken verarbeitet wurden. Stellen sie sich dabei die Frage, welche Funktion ihr Kleidungsstück hat / haben soll. Stellen Sie die Ergebnisse der Klasse vor.

---

## Informationstext „Plastik in Kleidung“

Damit T-Shirts und Pullover *besonders dehnbar sind und schön eng anliegen*, werden häufig Kunstfasern eingesetzt. Dazu gehören zum Beispiel Elasthan und Lycra. Auch dickere Pullover werden mit Kunstfasern, wie Polyacryl(nitril), Polyamid oder Polyester hergestellt. Vor allem bei leichten Sommerkleidern und Röcken, *die fließend fallen sollen* kommen Elastan und andere flexible Kunstfasern zum Einsatz. Obwohl die gute alte Jeans aus Baumwolle besteht, werden häufig Kunstfasern wie Polyester beigemischt. Sie sorgen besonders

bei Stretchjeans *für einen dehnbaren Stoff*. Sport- und Badekleidung bestehen meistens aus Polyamid und Elasthan, *damit sie besonders eng anliegen und schnell trocknen*. Auch Sportbekleidung und Jacken bestehen zu großen Teilen, wenn nicht sogar komplett, aus Kunstfasern.

Weitere Gründe für die Verwendung von Kunststoffen in Kleidung sind: *licht- und wetterbeständig, formstabil, filzfrei, reißfest, leicht, knitterfrei*.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Verändert nach: <https://www.codecheck.info/news/Diese-Fasern-in-Deiner-Kleidung-sind-aus-Plastik-262205>

## Infobox für Lehrer

---

<b>Aramid</b>	Dieses reißfeste Material wird auch als Kevlar, Nomex oder Twaron bezeichnet.
<b>Polyamid</b>	Als Handelsnamen werden häufig Nylon, Peron, Dederon und Grilon verwendet. Abgekürzt wird Polyamid mit <b>PA</b> .
<b>Polyester</b>	Wird auch als Diolen oder Trevira bezeichnet und mit <b>PES</b> abgekürzt.
<b>Polyethylen</b>	Diese Faser ist auch unter dem Namen Dyneema im Handel unterwegs. Die Abkürzung ist <b>PE</b> .
<b>Polypropylen</b>	Eine sehr leichte Faser, die auch als Asota bekannt ist und mit <b>PP</b> abgekürzt wird.
<b>Polyurethan</b>	Dieses Material ist uns eher als Elasthan, Spandex, Lycra oder Dorlastan bekannt. Abgekürzt wird es mit <b>PU</b> <sup>9</sup> .

---

Der Unterschied zwischen Nano- und Mikroplastik besteht in der Partikelgröße. Als Mikroplastik werden Plastikstücke aus PET (Polyethylenterephthalat), PP (Polypropylen), PE (Polyethylen) oder anderen Kunststoffen bezeichnet, welche kleiner als 5 mm sind. Eine einheitliche Definition für Mikroplastik existiert derzeit noch nicht. Unter dem Begriff „primäres Mikroplastik“ fallen industriell hergestellte Produkte für z. B. kosmetische Produkte, Waschmittel oder auch Wirkstoffträger in der Medizin. Den größten Teil macht jedoch „sekundäres“ Mikroplastik aus, welches in der Umwelt durch die Zersetzung von Kunststoffabfällen entsteht. Durch immer weitere Zerkleinerung entsteht schließlich auch Nanoplastik.

Mikroplastik steht aktuell in der Diskussion, schädliche Auswirkungen auf die Umwelt zu haben. Diese Fragestellung wird von verschiedenen Stellen auf nationaler und europäischer Ebene intensiv untersucht. Die Bildung einer nanoskaligen Kunststofffraktion unter Umweltbedingungen konnte bereits nachgewiesen werden, allerdings gibt es zurzeit noch keine Studien zu deren möglichen negativen Effekten für Fauna und Flora.

Für Nanomaterialien hingegen besteht bereits ein Definitionsvorschlag anhand der Größe, ihre Zusammensetzung ist nicht auf Kunststoffpolymere begrenzt, sondern beinhaltet auch Metalle oder Kohlenstoffbasierte Materialien. Auch weiß man derzeit dank intensiver Forschungsaktivitäten seit mehreren Jahren wesentlich mehr zu den möglichen Effekten von Nanomaterialien auf Mensch und Umwelt<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> <https://www.codecheck.info/news/Diese-Fasern-in-Deiner-Kleidung-sind-aus-Plastik-262205>

<sup>10</sup> <https://www.nanopartikel.info/haeufige-fragen/2252-was-unterscheidet-nanomaterialien-von-mikroplastik>

Plastik in Kleidung

Arbeitsblatt 2

## Leandra Hamann

**„Veränderung beginnt  
immer mit dem ersten  
Schritt“**



Foto: L. Hamann

Leandra Hamann studierte von 2009–2013 Biologie (B. Sc.) an der Universität zu Köln und von 2013–2016 Bionics/Biomimetics (M. Sc.) an der Fachhochschule Rhein-Waal in Kleve. Mit ihrer Masterarbeit am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT über einen bionischen Ansatz zur Reduzierung von Mikroplastik begann sie ihre Forschung über Mikrokunststoffe. Von 2016–2018 arbeitete sie anschließend als wissenschaftliche

Mitarbeiterin in Projekten zu Mikro- und Makroplastik in der Umwelt im Bereich Nachhaltigkeit und Ressourcenmanagement. Im September 2018 begann sie ihre Doktorarbeit in Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer UMSICHT und der Universität zu Köln, um Suspensionsfresser weiter zu untersuchen und ein bionisches Filtermodul zur Reduzierung von Mikrokunststoffen zu entwickeln.

### Aufgabe 1

Lesen Sie sich den Text „Kunststoffe in der Umwelt“ durch und arbeiten Sie die Kernaussagen heraus.

# Kunststoffe in der Umwelt – Gibt es eine bionische Lösung?

Fragen an Leandra Hamann

**Kunststoffteile und Mikroplastikpartikel in den Weltmeeren, in der Umwelt und Atemluft – was braut sich da zusammen?**

Durch Verarbeitung, den vielfältigen Einsatz und unseren täglichen Gebrauch von Kunststoffen entstehen Mikroplastikemissionen, die in der Umwelt verteilt werden. Man kann davon ausgehen, dass in jedem Umweltkompartiment Mikroplastik vorhanden ist. Obwohl das Thema in der Wissenschaft aktuell viel erforscht und in der Gesellschaft diskutiert wird, wissen wir leider noch nicht viel über die kurz- und langfristigen Auswirkungen von Mikroplastik auf Organismen, Ökosysteme oder den Menschen.

**Warum sind Plastik und insbesondere Mikroplastik in der Umwelt so gefährlich?**

Bisher gibt es nur einzelne Studien, die negative Auswirkungen auf Organismen zeigen. Da das Thema noch recht neu ist, müssen erst noch allgemeingültige Methoden und Standards entwickelt werden, um negative Effekte und Risiko vollständig abzuschätzen. Fest steht aber, dass erhebliche Mengen in die Umwelt gelangen, die da nicht hingehören, und diese in Zukunft eher noch ansteigen werden.

**Was passiert, wenn der Plastikeintrag nicht gestoppt oder zumindest signifikant vermindert wird?**

Prognosen der Ellen MacArthur Foundation zeigen, dass der Kunststoffverbrauch bis 2050 weiter rasant ansteigen werden und somit auch die Verluste in die Umwelt. Es soll dann genauso viel Masse an Kunststoff im Meer vorhanden sein wie Fische. Ich empfinde das als keine schöne Vorstellung.

**Sie beschäftigen sich in Ihrer Dissertation mit Lösungsansätzen aus der Natur. Welche Rolle spielt dabei die Bionik?**

Ein technischer Lösungsansatz zur Reduzierung von Mikroplastik ist der Einsatz von Filtern. Bei der Entwicklung neuer oder optimierter Filtertechniken kann uns die Natur helfen. Sogenannte Suspensionsfresser ernähren sich von partikulärer Nahrung und haben Mechanismen entwickelt, mit derer sie diese vom umgebenden Wasser trennen können. Zu Suspensionsfressern gehören zum Beispiel Schwämme, Muscheln, manche Fische oder Barbenwale. Insgesamt habe ich 24 verschiedene Organismen analysiert, von denen ich jetzt eine Auswahl weiter bearbeiten werde.

**Gibt es ein Beispiel, das anschaulich macht, wie die Natur und die Bionik zur Problemlösung beitragen können?**

Es gibt ganz unterschiedliche Vorbilder: Es gibt Röhrenwürmer, die ihre büstenähnlichen Fortsätze in die Strömung halten und damit Partikel einfangen. Köcherfliegenlarven spinnen ausgetüftelte Netze aus Seide zwischen Steine und Stöcke in Bäche und Walhaie schwimmen mit offenem Maul durchs Wasser und sammeln alles ein, was ihnen vors Maul kommt. Genau diese Vielfalt macht es so spannend sich mit dem Thema zu beschäftigen und bietet uns ganz unterschiedliche Lösungswege an.

**Plastik lässt sich nicht mir-nichts-dir-nichts aus der Natur verbannen. Wie könnte ein biologischer Filtermechanismus aussehen, der nachhaltig wirksam wäre?**

Ein bionischer Filter könnte zum Beispiel in Waschmaschinen eingebaut werden, um dort ausgewaschene Mikroplastikfasern von Textilien zurückzuhalten. Der

#### Plastik in Kleidung

Filter sollte möglichst aus nachwachsenden Rohstoffen basieren, lange haltbar und gut recycelbar sein. Er sollte einfach in der Handhabung sein und natürlich selber kein Mikroplastik abgeben. Das macht die Filterentwicklung letztendlich nicht so einfach. Aktuell bin ich aber noch auf der Suche nach einem funktionierenden bionischen Mechanismus, der zu den Anforderungen der Waschmaschine passt. Denn nur weil etwas in der Natur passt, heißt das nicht, dass es auch in jeder beliebigen technischen Anwendung funktioniert.

#### Welche Möglichkeiten bieten sich Konsumenten zur Plastikvermeidung und zu einer nachhaltigeren Plastikentsorgung?

Man sollte seinen Müll nicht in der Umwelt oder im Abwasser, sondern immer korrekt entsorgen. Ich habe mir angewöhnt, wenn ich unterwegs bin Müll auf der Straße einzusammeln und bis zum nächsten Mülleimer mitzunehmen, wenn es sich anbietet. Langlebige oder alternative Produkte reduzieren den Kunststoffkonsum. Produkte, bei denen häufig Mikroplastik entsteht sollten reduziert oder vermieden werden, zum Beispiel Autofahren (Reifenabrieb, Straßenabrieb) oder Textilien aus Polyester. Ich weiß, das ist vielleicht für den ein oder anderen nicht immer so einfach. Aber wenn man sich der Problematik zumindest bewusst ist, kann man sein Verhalten nach und nach ändern und sein Umfeld dafür sensibilisieren.

#### Welche Erwartungen haben Sie an Politik und Wirtschaft?

Ich warte von Politik und Wirtschaft, dass sie deutliche Maßnahmen ergreifen, um Kunststoffe in der Umwelt zu vermeiden. Das kostet Geld und Zeit und die Umstellung des Systems ist sicherlich nicht einfach,

aber notwendig, wenn wir zukünftig keinen Plastikmüll mehr an jedem Strand, Fluss oder Straßenrand finden möchten. Es sind aber auch wie gesagt die Konsumenten gefragt hier aktiv zu werden, Änderungen zu fordern und eigenes Verhalten zu anzupassen. Es müssen alle zusammenarbeiten. Das gilt aber nicht nur für die Mikroplastikproblematik, sondern für alle großen Umweltprobleme.

#### Mit welchem Argument würden Sie Entscheider dazu bewegen, sich mit Bionik als Lösungsansatz für ökologische Fragen zu beschäftigen?

Die Natur liefert ganz verschiedene Ansätze und Lösungen, um unsere Technik- und Wirtschaftssysteme nachhaltiger zu gestalten. Über Bionik kann man Formen und Materialstrukturen adaptieren und vorhandene technische Systeme optimieren. Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und ihrer Kreislaufführung in der Natur inspiriert zu einem Wandel zur Bioökonomie und dem zirkulären Wirtschaften. Das Ganze läuft unter dem Stichwort der Biologisierung und könnte zukunftsnahe umgesetzt werden. Dazu braucht es aber weitere Förderung sowohl der Grundlagenforschung der Natur, als auch interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren. Bionikerinnen und Bioniker sind darin geübt und können beim Wandel mit ihrer Erfahrung unterstützen.

---

#### Aufgabe 2

Nachdem Sie nun mit dem Thema Plastik, Plastik in Kleidung und Möglichkeiten der Plastikvermeidung befasst haben, erstellen Sie gemeinsam in Ihrer Gruppe einen Blogbeitrag zum Thema Plastik.

*Individuelle Lösung: Gute Beiträge können gerne unter #ImGrünenBereich eingestellt werden.*

# Plastik in Kleidung

Nutzen, Umweltprobleme,  
Lösungen

---

## UE 4/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Plastik und Kleidung

Arbeitsblatt 2

Leandra Hamann



**Aufgabe 1b**

Überlegen Sie anschließend gemeinsam mit Hilfe des Textes „Plastik in Kleidung“, warum die entsprechenden Plastikarten in Ihren Kleidungsstücken verarbeitet wurden. Stellen sie sich dabei die Frage, welche Funktion ihr Kleidungsstück hat/haben soll. Stellen Sie die Ergebnisse der Klasse vor.

---

## Informationstext „Plastik in Kleidung“

Damit T-Shirts und Pullover *besonders dehnbar sind und schön eng anliegen*, werden häufig Kunstfasern eingesetzt. Dazu gehören zum Beispiel Elasthan und Lycra. Auch dickere Pullover werden mit Kunstfasern, wie Polyacryl(nitril), Polyamid oder Polyester hergestellt. Vor allem bei leichten Sommerkleidern und Röcken, *die fließend fallen sollen* kommen Elastan und andere flexible Kunstfasern zum Einsatz. Obwohl die gute alte Jeans aus Baumwolle besteht, werden häufig Kunstfasern wie Polyester beigemischt. Sie sorgen besonders

bei Stretchjeans *für einen dehnbaren Stoff*. Sport- und Badekleidung bestehen meistens aus Polyamid und Elasthan, *damit sie besonders eng anliegen und schnell trocknen*. Auch Sportbekleidung und Jacken bestehen zu großen Teilen, wenn nicht sogar komplett, aus Kunstfasern.

Weitere Gründe für die Verwendung von Kunststoffen in Kleidung sind: *licht- und wetterbeständig, formstabil, filzfrei, reißfest, leicht, knitterfrei*.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Verändert nach: <https://www.codecheck.info/news/Diese-Fasern-in-Deiner-Kleidung-sind-aus-Plastik-262205>

# Leandra Hamann

## „Veränderung beginnt immer mit dem ersten Schritt“



Foto: L. Hamann

Leandra Hamann studierte von 2009–2013 Biologie (B. Sc.) an der Universität zu Köln und von 2013–2016 Bionics/Biomimetics (M. Sc.) an der Fachhochschule Rhein-Waal in Kleve. Mit ihrer Masterarbeit am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT über einen bionischen Ansatz zur Reduzierung von Mikroplastik begann sie ihre Forschung über Mikrokunststoffe. Von 2016–2018 arbeitete sie anschließend als wissenschaftliche

Mitarbeiterin in Projekten zu Mikro- und Makroplastik in der Umwelt im Bereich Nachhaltigkeit und Ressourcenmanagement. Im September 2018 begann sie ihre Doktorarbeit in Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer UMSICHT und der Universität zu Köln, um Suspensionsfresser weiter zu untersuchen und ein bionisches Filtermodul zur Reduzierung von Mikrokunststoffen zu entwickeln.

---

### Aufgabe 1

Lesen Sie sich den Text „Kunststoffe in der Umwelt“ durch und arbeiten Sie die Kernaussagen heraus.

# Kunststoffe in der Umwelt – Gibt es eine bionische Lösung?

Fragen an Leandra Hamann

**Kunststoffteile und Mikroplastikpartikel in den Weltmeeren, in der Umwelt und Atemluft – was braut sich da zusammen?**

Durch Verarbeitung, den vielfältigen Einsatz und unseren täglichen Gebrauch von Kunststoffen entstehen Mikroplastikemissionen, die in der Umwelt verteilt werden. Man kann davon ausgehen, dass in jedem Umweltkompartiment Mikroplastik vorhanden ist. Obwohl das Thema in der Wissenschaft aktuell viel erforscht und in der Gesellschaft diskutiert wird, wissen wir leider noch nicht viel über die kurz- und langfristigen Auswirkungen von Mikroplastik auf Organismen, Ökosysteme oder den Menschen.

**Warum sind Plastik und insbesondere Mikroplastik in der Umwelt so gefährlich?**

Bisher gibt es nur einzelne Studien, die negative Auswirkungen auf Organismen zeigen. Da das Thema noch recht neu ist, müssen erst noch allgemeingültige Methoden und Standards entwickelt werden, um negative Effekte und Risiko vollständig abzuschätzen. Fest steht aber, dass erhebliche Mengen in die Umwelt gelangen, die da nicht hingehören, und diese in Zukunft eher noch ansteigen werden.

**Was passiert, wenn der Plastikeintrag nicht gestoppt oder zumindest signifikant vermindert wird?**

Prognosen der Ellen MacArthur Foundation zeigen, dass der Kunststoffverbrauch bis 2050 weiter rasant ansteigen werden und somit auch die Verluste in die Umwelt. Es soll dann genauso viel Masse an Kunststoff im Meer vorhanden sein wie Fische. Ich empfinde das als keine schöne Vorstellung.

**Sie beschäftigen sich in Ihrer Dissertation mit Lösungsansätzen aus der Natur. Welche Rolle spielt dabei die Bionik?**

Ein technischer Lösungsansatz zur Reduzierung von Mikroplastik ist der Einsatz von Filtern. Bei der Entwicklung neuer oder optimierter Filtertechniken kann uns die Natur helfen. Sogenannte Suspensionsfresser ernähren sich von partikulärer Nahrung und haben Mechanismen entwickelt, mit derer sie diese vom umgebenden Wasser trennen können. Zu Suspensionsfressern gehören zum Beispiel Schwämme, Muscheln, manche Fische oder Bartenwale. Insgesamt habe ich 24 verschiedene Organismen analysiert, von denen ich jetzt eine Auswahl weiter bearbeiten werde.

**Gibt es ein Beispiel, das anschaulich macht, wie die Natur und die Bionik zur Problembewältigung beitragen können?**

Es gibt ganz unterschiedliche Vorbilder: Es gibt Röhrenwürmer, die ihre büstenähnlichen Fortsätze in die Strömung halten und damit Partikel einfangen. Köcherfliegenlarven spinnen ausgetüftelte Netze aus Seide zwischen Steine und Stöcke in Bäche und Walhaie schwimmen mit offenem Maul durchs Wasser und sammeln alles ein, was ihnen vors Maul kommt. Genau diese Vielfalt macht es so spannend sich mit dem Thema zu beschäftigen und bietet uns ganz unterschiedliche Lösungswege an.

**Plastik lässt sich nicht mir-nichts-dir-nichts aus der Natur verbannen. Wie könnte ein biologischer Filtermechanismus aussehen, der nachhaltig wirksam wäre?**

Ein bionischer Filter könnte zum Beispiel in Waschmaschinen eingebaut werden, um dort ausgewaschene Mikroplastikfasern von Textilien zurückzuhalten. Der

Filter sollte möglichst aus nachwachsenden Rohstoffen basieren, lange haltbar und gut recycelbar sein. Er sollte einfach in der Handhabung sein und natürlich selber kein Mikroplastik abgeben. Das macht die Filterentwicklung letztendlich nicht so einfach. Aktuell bin ich aber noch auf der Suche nach einem funktionierenden bionischen Mechanismus, der zu den Anforderungen der Waschmaschine passt. Denn nur weil etwas in der Natur passt, heißt das nicht, dass es auch in jeder beliebigen technischen Anwendung funktioniert.

### Welche Möglichkeiten bieten sich Konsumenten zur Plastikvermeidung und zu einer nachhaltigeren Plastikentsorgung?

Man sollte seinen Müll nicht in der Umwelt oder im Abwasser, sondern immer korrekt entsorgen. Ich habe mir angewöhnt, wenn ich unterwegs bin Müll auf der Straße einzusammeln und bis zum nächsten Mülleimer mitzunehmen, wenn es sich anbietet. Langlebige oder alternative Produkte reduzieren den Kunststoffkonsum. Produkte, bei denen häufig Mikroplastik entsteht sollten reduziert oder vermieden werden, zum Beispiel Autofahren (Reifenabrieb, Straßenabrieb) oder Textilien aus Polyester. Ich weiß, das ist vielleicht für den ein oder anderen nicht immer so einfach. Aber wenn man sich der Problematik zumindest bewusst ist, kann man sein Verhalten nach und nach ändern und sein Umfeld dafür sensibilisieren.

### Welche Erwartungen haben Sie an Politik und Wirtschaft?

Ich warte von Politik und Wirtschaft, dass sie deutliche Maßnahmen ergreifen, um Kunststoffe in der Umwelt zu vermeiden. Das kostet Geld und Zeit und die Umstellung des Systems ist sicherlich nicht einfach,

aber notwendig, wenn wir zukünftig keinen Plastikmüll mehr an jedem Strand, Fluss oder Straßenrand finden möchten. Es sind aber auch wie gesagt die Konsumenten gefragt hier aktiv zu werden, Änderungen zu fordern und eigenes Verhalten zu anzupassen. Es müssen alle zusammenarbeiten. Das gilt aber nicht nur für die Mikroplastikproblematik, sondern für alle großen Umweltprobleme.

### Mit welchem Argument würden Sie Entscheider dazu bewegen, sich mit Bionik als Lösungsansatz für ökologische Fragen zu beschäftigen?

Die Natur liefert ganz verschiedene Ansätze und Lösungen, um unsere Technik- und Wirtschaftssysteme nachhaltiger zu gestalten. Über Bionik kann man Formen und Materialstrukturen adaptieren und vorhandene technische Systeme optimieren. Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und ihrer Kreislaufführung in der Natur inspiriert zu einem Wandel zur Bioökonomie und dem zirkulären Wirtschaften. Das Ganze läuft unter dem Stichwort der Biologisierung und könnte zukunftsnahe umgesetzt werden. Dazu braucht es aber weitere Förderung sowohl der Grundlagenforschung der Natur, als auch interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren. Bionikerinnen und Bioniker sind darin geübt und können beim Wandel mit ihrer Erfahrung unterstützen.

---

## Aufgabe 2

Nachdem Sie nun mit dem Thema Plastik, Plastik in Kleidung und Möglichkeiten der Plastikvermeidung befasst haben, erstellen Sie gemeinsam in Ihrer Gruppe einen Blogbeitrag zum Thema Plastik.

# Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegen- stände besser und nachhaltiger machen

---

## Unterrichtseinheit kompakt

**Thema der Stunde**    Arbeitsweisen der Bionik

**Lernziele**                Die SuS können die Prozesse des bionischen Arbeitens (Analyse, Abstraktion, Anwendung) beschreiben und definieren an einem ausgewählten Beispiel Grenzen und Möglichkeiten der Bionik.

**Einsatzempfehlungen** insbesondere in den Fächern Biologie, Technik

**Verbindung zum Lehrplan**            Im Fach Biologie kann die Unterrichtseinheit im Lerngebiet Evolution und mit dem Basiskonzept Struktur und Funktion verankert werden. Für den Technik-Unterricht eignet sich diese Unterrichtseinheit, um den Begriff Bionik einzuführen.

**Voraussetzungen**        keine

---

# UE 6/1. Verlauf, Material und Lösungen

In dieser Unterrichtseinheit lernen die SuS die Arbeitsweisen der Bionik kennen. Um das Interesse der SuS für das Thema zu wecken, erfolgt der Einstieg über das Smartphone.

**Materialien** Pomelo, Grapefruit  
 Sie brauchen die Möglichkeit, Filme zu zeigen.

<b>Unterrichtsverlauf</b>	<b>Einstieg</b>	L stellt die Frage „Was bedeutet für euch euer Smartphone?“	<b>5 Minuten</b>
	<b>Erarbeitung 1</b>	Zunächst lesen die SuS einen Informationstext zum Thema Bionisches Arbeiten. Am Beispiel des Smartphones erarbeiten die SuS Vorbilder aus der Natur zum Thema Bruchsicherheit und Aufprallschutz.	<b>15 Minuten</b>
	<b>Sicherung 1</b>	Ergebnisse werden im Plenum vorgestellt.	<b>10 Minuten</b>
	<b>Erarbeitung 2</b>	Die SuS erarbeiten den Prozess des bionischen Arbeitens (Analyse, Abstraktion, Anwendung) und definieren Grenzen und Möglichkeiten am Beispiel der Pomelo.	<b>40 bis 50 Minuten</b> je nach Klassengröße
	<b>Sicherung 2</b>	Fotodokumentation	

Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen

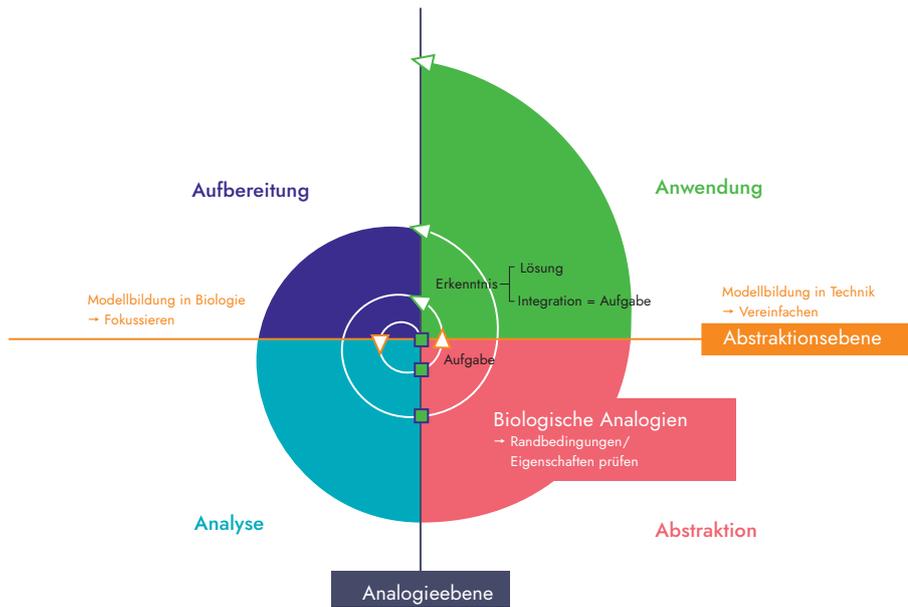
Arbeitsblatt 1

# Infotext: Bionisches Arbeiten

Informationstext VDI-Richtlinie: „Bionik bezeichnet Forschungs- und Entwicklungsansätze, die ein technisches Anwendungsinteresse verfolgen. Auf der Suche nach Problemlösungen, Erfindungen und Innovationen wird Wissen aus der Analyse lebender Systeme herangezogen und dieses Wissen wird auf technische Systeme übertragen. Der Gedanke der Übertragung von der Biologie zur Technik ist dabei das zentrale Element der Bionik. In der Richtlinie VDI 6220 wird die Bionik klassifiziert, definiert und zahlreiche Begriffsbestimmungen und eine Beschreibung des Prozesses des bionischen Arbeitens von der Ideenfindung bis zum bionischen Produkt durchgeführt. ... Die Richtlinie stellt eine Anleitung und Unterstützung für Entwickler, Konstrukteure und Anwender dar, die sich mit dem bionischen

Entwicklungsprozess befassen und die Bionik in ihre Arbeit integrieren möchten. Sie kann überall dort Anwendung finden, wo die belebte Natur ein dem technischen Zielsystem ausreichend ähnliches Vorbild für eine technische Entsprechung hervorgebracht hat. Weiterhin bietet sie einen Rahmen für die sprachliche Gestaltung und Ausformulierung bionischer Texte in Lehre und Forschung.“<sup>12</sup>

Wesentliche Arbeitsschritte eines bionischen Entwicklungsprozesses sind dabei (1) Analyse, (2) Abstraktion und (3) Anwendung. In der Überarbeitung der VDI-Richtlinie 6220 werden diese detailliert beschrieben und nachfolgend vereinfacht zusammengefasst:



<sup>12</sup> <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-6220-bionik>

Als Einstieg beginnen Sie die Unterrichtseinheit mit der Frage, was den SuS das Smartphone bedeutet. Heutzutage ist es ein wichtiges Kommunikationsmittel und für die SuS besonders wichtig. Fragen Sie die SuS anschließend, wem sein Smartphone durch Herunterfallen schon einmal kaputt gegangen ist. Sie werden in dieser Unterrichtseinheit mit ihren SuS die drei Schritte des bionischen Arbeitens kennenlernen. Verteilen Sie zunächst das Arbeitsblatt 1. Dieser Text dient als Informationstext. Besprechen Sie offene Fragen mit Ihren SuS und verteilen Sie anschließend das Arbeitsblatt 2.

**Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen**

Durch die **Analyse** eines gefundenen biologischen Vorbildes gelangt man zu einem tiefgehenden Verständnis der zugrunde liegenden Eigenschaften der Biologie. Das biologische Wirkprinzip wird analysiert und verstanden.

Für die Übertragung in die Technik ist eine funktionsorientierte Beschreibung, die **Abstraktion** des biologischen Wirkprinzips in ein funktionales Modell mit entsprechenden Randbedingungen und Parametern wichtig. Durch die Abstraktion des biologischen Wirkprinzips wird das bionische Funktionsprinzip erarbeitet.

Danach findet die **Anwendung** statt, eine technische Umsetzung, bei der zunächst erste Prototypen entwickelt und getestet werden. Im Anschluss folgen weitere Schritte einer klassischen Produktentwicklung und Markteinführung.

Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen

Arbeitsblatt 2

# Bruchgefahr beim Smartphone

Wer kennt das nicht? Kaum hat man das neue Smartphone endlich in der Hand, geht es durch eine unvorsichtige Bewegung kaputt. Dies ist nicht nur ärgerlich für das Konto, sondern auch in puncto Nachhaltigkeit. So ist es doch eine Möglichkeit nachhaltig zu handeln,

wenn man Gebrauchsgegenstände lange nutzt. Aber wer möchte schon ein Smartphone mit einer „Spider-App“? Die Industrie hat verschiedene Möglichkeiten entwickelt, das empfindliche Display zu schützen. Aber wie kann die Natur uns dabei helfen?

**Aufgabe** Erstellen Sie in Ihrer Gruppe eine Liste von natürlichen Vorbildern, die irgendwo herunterfallen, ohne kaputt zu gehen. Stellen Sie die Ergebnisse anschließend im Plenum vor.

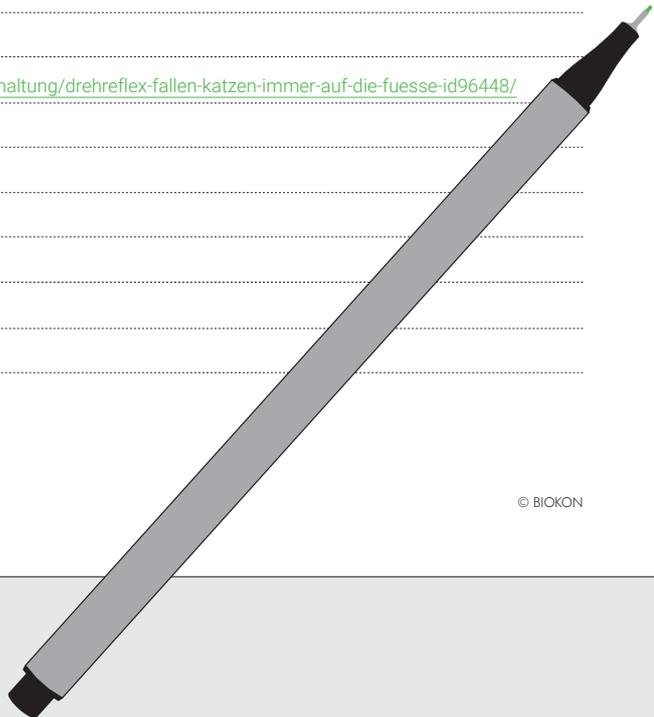
***Katze:** Beim Fallen drehen sich Katzen um ihre eigene Achse. Dabei drehen sie den Kopf und die Vorderpfoten in Richtung Boden und ziehen gleichzeitig die Hinterpfoten nach unten. Der Schwanz dient dabei als Steuer. Um die Erschütterung beim Landen abzufangen, macht die Katze gleichzeitig einen Buckel.<sup>13</sup>*

***Ahornsamensamen:** Durch ihren Aufbau wird die Fallgeschwindigkeit reduziert und die Ahornsamensamen gleiten zu Boden.*

***Nüsse:** Der empfindliche Samen der Nüsse wird beim Aufprall durch die feste Schale geschützt. Unreife Walnüsse haben zudem beispielsweise noch eine fleischige Außenschale, die den Inhalt unter anderem vor Schädlingen schützt. Die Macadamianuss hat zudem ein stark verholztes Festigungsgewebe.*

***Kokosnuss:** Die Kokosnuss hat zusätzlich zur harten Schale eine Außenschicht, welche die Frucht schützt.*

<sup>13</sup> [http://www.einfachtierisch.de/katzen/katzenhaltung/drehreflex-fallen-katzen-immer-auf-die-fuesse-id96448/\(04.072019\)](http://www.einfachtierisch.de/katzen/katzenhaltung/drehreflex-fallen-katzen-immer-auf-die-fuesse-id96448/(04.072019))



© BIOKON

Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen

Arbeitsblatt 3

# Pomelo und Co.

Die Pomelo gehört wie auch die Grapefruit und die Orange zu den Zitrusfrüchten.

**Aufgabe a** Lassen Sie die Pomelo aus unterschiedlichen Höhen fallen und notieren Sie ihre Beobachtung tabellarisch. Halten sie gegebenenfalls Ihr Experiment filmisch mit dem Smartphone fest. Denken Sie daran, dass bei einer gewissen Höhe der Aufprallbereich durch andere Teammitglieder gesichert werden muss, um Unfälle zu vermeiden.

**Aufgabe b** Zerschneiden Sie die Pomelo und skizzieren Sie nach Möglichkeit die innere Struktur der Schale in Bezug zu ihrer Funktion.  
**Tipp:** Drücken Sie hierfür mal die Schale mit stumpfen oder spitzen Gegenständen oder mit Ihren Fingern zusammen.

**Aufgabe c** Überlegen Sie, ob man das Prinzip der Pomelo auf eine Handyhülle anwenden kann. Was spricht dafür? Was spricht dagegen?

**Aufgabe d** Überlegen Sie, auf welche Gebrauchsgegenstände das Prinzip übertragen werden kann.

**Lösung a** *Individuelle Lösung*

**Lösung b** *Die dicke Fruchtwand der Pomelo besitzt bei geringer Dichte gute stoßdämpfende Eigenschaften. Die Schale besteht aus schaumartigen Geweben mit unterschiedlicher Porengröße<sup>13</sup>. Dadurch entstehen viele Hohlräume, die von außen nach innen größer werden und in ein Fasernetz eingebunden sind<sup>14</sup>. Die Pomeloschale (bzw. der Schaum) wird, wenn man sie zusammendrückt, nicht nach außen breiter, sondern zieht sich nach innen zusammen (auxetisches Material).*

**Lösung c** *Individuelle Lösung*

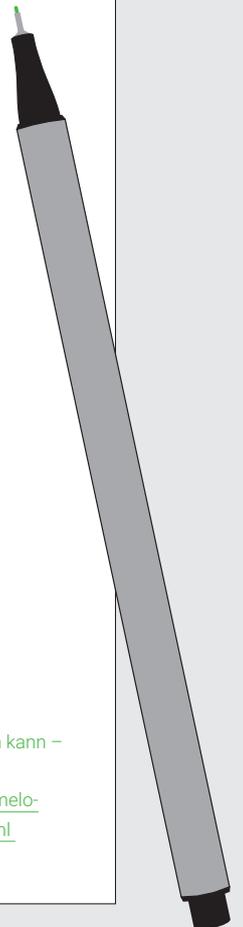
**Lösung d** *Fahrradhelm, Motorradhelm: Filmtipp:*

*<https://www.swr.de/swr2/wissen/fahrradhelmnach-vorbildderpomelo-frucht/-/id=661224/did=20621702/nid=661224/og0jrw/index.html>*

Stellen Sie Ihren SuS die Pomelo vor und verteilen Sie das Arbeitsblatt 2. Führen Sie zunächst die Fallversuche durch. Alternativ können Sie auch eine Pampelmuse oder Grapefruit nehmen. Die Fallhöhe sollte dann jedoch nicht so hoch sein. Das Prinzip lässt sich dennoch erklären.

<sup>14</sup> Speck Thomas (2011) et al.: „Was die Technik von Pflanzen lernen kann – Bionik in botanischen Gärten“ ISBN978-3-00-034463-3 S.52-53

<sup>15</sup> <https://www.swr.de/swr2/wissen/fahrradhelmnach-vorbildderpomelo-frucht/-/id=661224/did=20621702/nid=661224/og0jrw/index.html>



# Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegen- stände besser und nachhaltiger machen

---

## UE 6/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Infotext: Bionisches Arbeiten

Arbeitsblatt 2

Bruchgefahr beim Smartphone

Arbeitsblatt 3

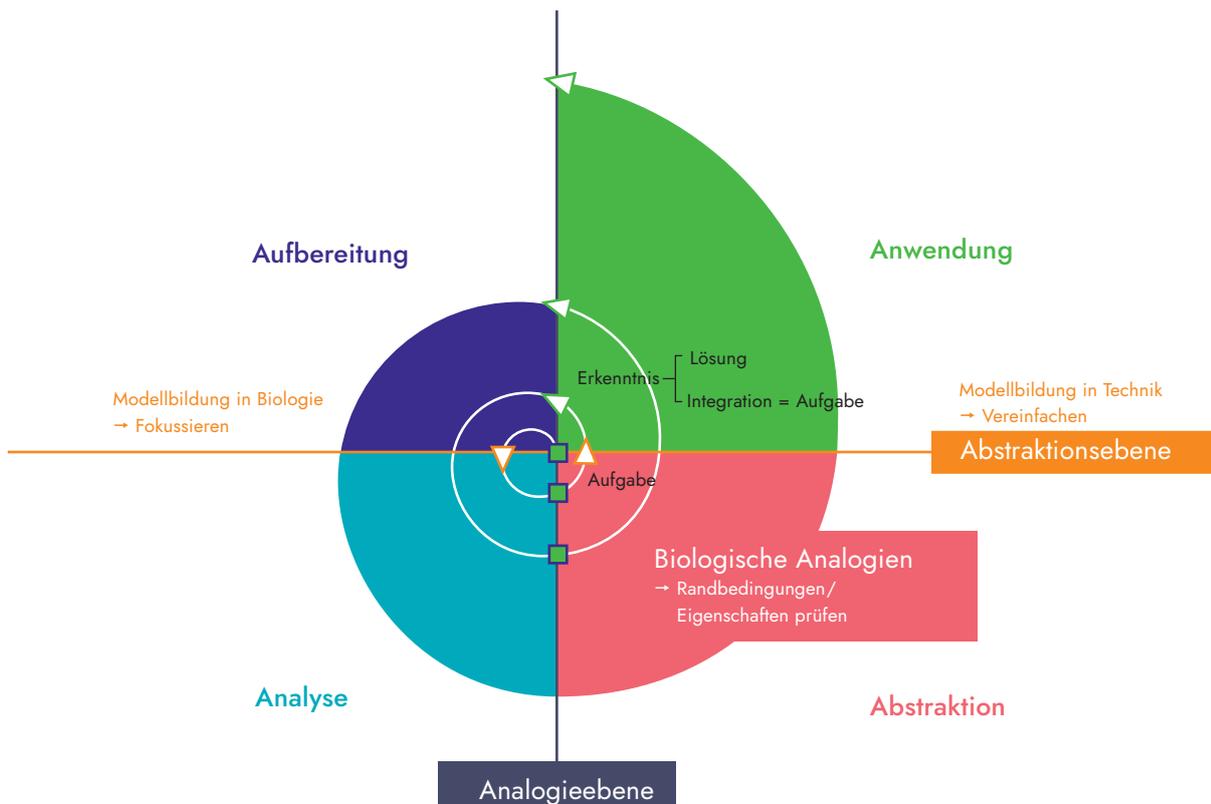
Pomelo und Co.

# Infotext: Bionisches Arbeiten

Informationstext VDI-Richtlinie: „Bionik bezeichnet Forschungs- und Entwicklungsansätze, die ein technisches Anwendungsinteresse verfolgen. Auf der Suche nach Problemlösungen, Erfindungen und Innovationen wird Wissen aus der Analyse lebender Systeme herangezogen und dieses Wissen wird auf technische Systeme übertragen. Der Gedanke der Übertragung von der Biologie zur Technik ist dabei das zentrale Element der Bionik. In der Richtlinie VDI 6220 wird die Bionik klassifiziert, definiert und zahlreiche Begriffsbestimmungen und eine Beschreibung des Prozesses des bionischen Arbeitens von der Ideenfindung bis zum bionischen Produkt durchgeführt. ... Die Richtlinie stellt eine Anleitung und Unterstützung für Entwickler, Konstrukteure und Anwender dar, die sich mit dem bionischen

Entwicklungsprozess befassen und die Bionik in ihre Arbeit integrieren möchten. Sie kann überall dort Anwendung finden, wo die belebte Natur ein dem technischen Zielsystem ausreichend ähnliches Vorbild für eine technische Entsprechung hervorgebracht hat. Weiterhin bietet sie einen Rahmen für die sprachliche Gestaltung und Ausformulierung bionischer Texte in Lehre und Forschung.“<sup>12</sup>

Wesentliche Arbeitsschritte eines bionischen Entwicklungsprozesses sind dabei (1) Analyse, (2) Abstraktion und (3) Anwendung. In der Überarbeitung der VDI-Richtlinie 6220 werden diese detailliert beschrieben und nachfolgend vereinfacht zusammengefasst:



<sup>12</sup> <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-6220-bionik-konzeption-und-strategie-abgrenzung-zwischen-bionischen-und-konventionellen-verfahrenprodukten>

Durch die **Analyse** eines gefundenen biologischen Vorbildes gelangt man zu einem tiefgehenden Verständnis der zugrunde liegenden Eigenschaften der Biologie. Das biologische Wirkprinzip wird analysiert und verstanden.

Für die Übertragung in die Technik ist eine funktionsorientierte Beschreibung, die **Abstraktion** des biologischen Wirkprinzips in ein funktionales Modell mit entsprechenden Randbedingungen und Parametern wichtig. Durch die Abstraktion des biologischen Wirkprinzips wird das bionische Funktionsprinzip erarbeitet.

Danach findet die **Anwendung** statt, eine technische Umsetzung, bei der zunächst erste Prototypen entwickelt und getestet werden. Im Anschluss folgen weitere Schritte einer klassischen Produktentwicklung und Markteinführung.



# Pomelo und Co.

Die Pomelo gehört wie auch die Grapefruit und die Orange zu den Zitrusfrüchten.

## Aufgabe a

Lassen Sie die Pomelo aus unterschiedlichen Höhen fallen und notieren Sie ihre Beobachtung tabellarisch. Halten sie gegebenenfalls Ihr Experiment filmisch mit dem Smartphone fest. Denken Sie daran, dass bei einer gewissen Höhe der Aufprallbereich durch andere Teammitglieder gesichert werden muss, um Unfälle zu vermeiden.

## Aufgabe b

Zerschneiden Sie die Pomelo und skizzieren Sie nach Möglichkeit die innere Struktur der Schale in Bezug zu ihrer Funktion.

**Tipp:** Drücken Sie hierfür mal die Schale mit stumpfen oder spitzen Gegenständen oder mit Ihren Fingern zusammen.

## Aufgabe c

Überlegen Sie, ob man das Prinzip der Pomelo auf eine Handyhülle anwenden kann. Was spricht dafür? Was spricht dagegen?

## Aufgabe d

Überlegen Sie, auf welche Gebrauchsgegenstände das Prinzip übertragen werden kann.

---

# Unterrichtseinheiten für Berufseinstiegs- klassen

---

# Bienen –

interessant, schützenswert und  
nützlich für Wirtschaft und Technik

---

## Unterrichtseinheit kompakt

Thema der Stunde	Bienen und Bionik
Lernziele	Die SuS können Beispiele für den Nutzen von Bienen für die Produktion von nachhaltigen Gebrauchsgütern beschreiben und nennen Beispiele für die Gefährdung und den Schutz von Bienen.
Einsatzempfehlungen	Durch die Interdisziplinarität des Beispiels kann die Unterrichtseinheit in allen Schwerpunkten der Berufseinstiegsschulen eingesetzt werden.
Verbindung zum Lehrplan	Die Unterrichtseinheit bietet sich im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung an.
Voraussetzungen	Der Begriff „Bionik“ sollte zuvor erklärt werden.

---

# BES 1/1. Verlauf, Material und Lösungen

In dieser Unterrichtseinheit werden die SuS den Nutzen der Bienen im nichttechnischen und technischen Bereich erarbeiten.

**Materialien** Honigglas, Scheren, Klebestifte

<b>Unterrichtsverlauf</b>	<b>Einstieg</b>	L zeigt Honigglas. Die SuS sollen Beispiele nennen, warum Bienen so wertvoll für den Menschen sind.
	<b>Erarbeitung 1</b> → Arbeitsblatt 1	SuS erarbeiten und vertiefen durch den Film „Die wunderbare Organisation der Bienen“ weitere Informationen über Bienen.
	<b>Sicherung 1</b>	Die SuS präsentieren ihre Ergebnisse im Plenum.
	<b>Erarbeitung 2</b> → Arbeitsblatt 2	SuS basteln einen Ball und stärken dabei ihre psychomotorischen Fähigkeiten.
	<b>Sicherung 2</b>	Die SuS präsentieren im Plenum ihre Ergebnisse.
	<b>Vertiefung 2</b> → Arbeitsblatt 2 → Aufgabe 3	Die SuS nennen und beschreiben Beispiele und Vorteile von Wabenstrukturen bei der Gestaltung nachhaltiger Gebrauchsgüter.
	<b>Sicherung</b>	Die SuS präsentieren im Plenum ihre Ergebnisse.
	<b>Reduktion</b> → Arbeitsblatt 2 → Aufgabe 3	Das Arbeitsblatt 3 kann nach einer Wiederholung auch in der nächsten Stunde oder als Hausaufgabe bearbeitet werden.

Bienen

Arbeitsblatt 1

# Die wunderbare Organisation der Bienen

**Aufgabe 1a**

Sehen Sie sich den Film an und tragt die entsprechenden Informationen in die Tabelle ein.

Thema	Information
<b>Kommunikation</b> (Wie sprechen Bienen miteinander?)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Durch verschiedene Tänze: Rund- und Schwänzeltanz, Trommeltanz (ähnlich wie Morsezeichen)</li> <li>· Duftstoffe</li> </ul>
<b>Bienenwaben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Stabilität, gleichzeitig leicht und wenig Material</li> <li>· Anwendung von Wabenstrukturen zum Beispiel in Segelflugzeugen, Skiern</li> </ul>
<b>Nutzen der Bienen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Eine Biene bestäubt bis zu 300 Blüten pro Tag.</li> <li>· Pro Jahr und Volk werden 20–30 kg Honig produziert.</li> <li>· 80% Obst und Gemüse werden durch Bienen bestäubt.</li> </ul>
<b>Bienensterben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Monokulturen</li> <li>· Varroamilbe</li> </ul>
<b>Hilfe für Bienen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ameisensäure gegen die Milbe</li> <li>· mehr bunte Gärten (auch in der Stadt, z.B. in Hotelgärten und auf Dächern)</li> <li>· keine Pflanzenschutzmittel</li> </ul>



Beginnen Sie die Unterrichtseinheit mit einem Glas Honig. Die SuS sollen Beispiele nennen, warum Bienen so wertvoll für den Menschen sind. Sammeln Sie die Ergebnisse an der Tafel und besprechen Sie diese. Anschließend zeigen Sie den Film „Die wunderbare Organisation der Bienen“ und verteilen Sie das Arbeitsblatt 1 mit den Fragen zum Film.

Film: „Die wunderbare Organisation der Bienen“  
<https://www.youtube.com/watch?v=DHOuywA-5CrU>

Bienen

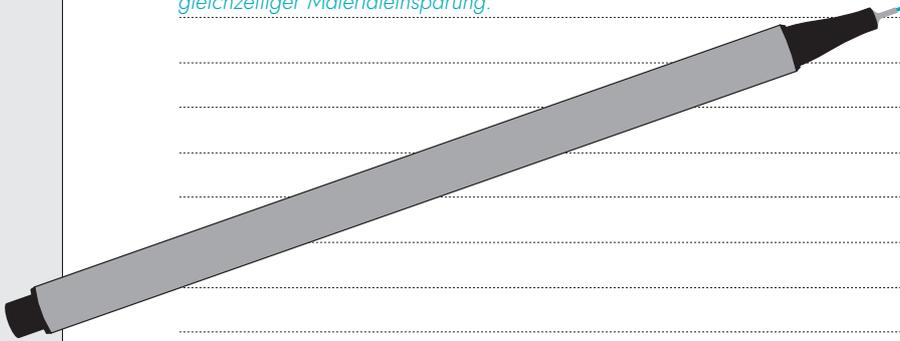
Arbeitsblatt 2

# Wabenball mit Löchern

**Aufgabe 1** Stellen Sie aus der Vorlage einen Ball her. Bearbeitungszeit: **20 Minuten**

**Aufgabe 2** Beschreiben Sie die Besonderheiten der des Balls.

*Durch die Sechseck-Struktur ist der Ball besonders stabil bei gleichzeitiger Materialeinsparung.*



**Aufgabe 3** Begründen Sie, warum eine Leichtbauweise von Vorteil ist. Nennen Sie Beispiele für Produkte/Gebrauchsgegenstände, bei denen es auf eine Leichtbauweise ankommt.

*Individuelle Lösung: Folgende Punkte sollten herausgearbeitet werden: Durch eine Leichtbauweise kann Material eingespart werden. Dadurch können zum Beispiel auch Transportkosten der Gebrauchsmaterialien eingespart werden. Die Gebrauchsgegenstände sind nicht nur leichter, sondern vor allem stabiler und damit langlebiger. Beispiele hierfür sind: Ziegelsteine, Waschmaschinen(trommel).*

Nachdem Sie die Ergebnisse besprochen haben, teilen Sie das Arbeitsblatt 2 aus. Die SuS sollen nun in Einzelarbeit einen Ball mit Löchern basteln. Hierbei ist neben motorischen Fähigkeiten auch das genaue Befolgen der Arbeitsanleitung wichtig.

Die Bastel-Vorlage finden Sie in der ergänzenden PDF-Folien-Präsentation zu diesen Unterrichtsmaterialien oder unter:

<https://www.mathestunde.com/fussball-basteln>

Im Anschluss an das Basteln, sollen die SuS die Aufgaben 2 und 3 bearbeiten.

# Bienen –

interessant, schützenswert und  
nützlich für Wirtschaft und Technik

---

## BES 1/2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Die wunderbare Organisation  
der Bienen

Arbeitsblatt 2

Wabenball mit Löchern

# Die wunderbare Organisation der Bienen

**Aufgabe 1a**

Sehen Sie sich den Film an und tragt die entsprechenden Informationen in die Tabelle ein.

Thema	Information
<b>Kommunikation</b> (Wie sprechen Bienen miteinander?)   	   
<b>Bienenwaben</b>   	   
<b>Nutzen der Bienen</b>   	   
<b>Bienensterben</b>   	   
<b>Hilfe für Bienen</b>   	   

# Wabenball mit Löchern

**Aufgabe 1**

Stellen Sie aus der Vorlage einen Ball her. Bearbeitungszeit: **20 Minuten**

**Aufgabe 2**

Beschreiben Sie die Besonderheiten der des Balls.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Aufgabe 3**

Begründen Sie, warum eine Leichtbauweise von Vorteil ist. Nennen Sie Beispiele für Produkte/Gebrauchsgegenstände, bei denen es auf eine Leichtbauweise ankommt.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt

---

## Unterrichtseinheit kompakt

<b>Thema der Stunde</b>	Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt
<b>Lernziele</b>	In dieser Unterrichtseinheit werden die SuS mehr über die Natur als Vorbild für Prothesen und Roboter lernen.
<b>Einsatzempfehlungen</b>	Durch die Interdisziplinarität des Beispiels kann die Unterrichtseinheit in allen Schwerpunkten der Berufseinstiegsschulen eingesetzt werden.
<b>Verbindung zum Lehrplan</b>	Die Unterrichtseinheit bietet sich im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung an.
<b>Voraussetzungen</b>	Der Begriff Bionik sollte zuvor erklärt werden.

---

# BES 2/1. Verlauf, Material und Lösungen

In dieser Unterrichtseinheit werden die SuS mehr über die Natur als Vorbild für Prothesen und Roboter lernen.

**Materialien** Sie brauchen die Möglichkeit, Filme im Internet zu zeigen.

<b>Unterrichtsverlauf</b>	<b>Einstieg</b>	L zeigt die Bilder Hand und Prothese und Roboterhand und Hand und bespricht Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Bilder.
	<b>Erarbeitung 1</b>	Als Beispiel für eine Prothese nach bionischem Vorbild lernen die SuS anhand eines Films einen jungen Prothesenträger kennen und diskutieren über die Inhalte des Films.
	<b>Sicherung 1</b>	Die Ergebnisse der Arbeitsblätter werden im Plenum verglichen.
	<b>Erarbeitung 2</b>	Die SuS erarbeiten die Einsatzmöglichkeiten von Robotern und beschreiben ihre Gemeinsamkeiten.
	<b>Sicherung 2</b>	Die Ergebnisse der Arbeitsblätter werden im Plenum verglichen.
	<b>Vertiefung</b>	Mit Hilfe eines Films lernen die SuS Beispiele von Robotern kennen, bei denen die Natur als Vorbild und Ideengeber diente.
	<b>Reduktion</b>	Eine Reduktionsmöglichkeit ist der letzte Film. Dieser sollte dann jedoch als Hausaufgabe aufgegeben werden.

## Einstiegsfolie



Foto: BIONKON / <https://www.bionkon.de/news-uebersicht/mit-bionik-und-gruenen-berufen-in-eine-spannende-zukunft/>

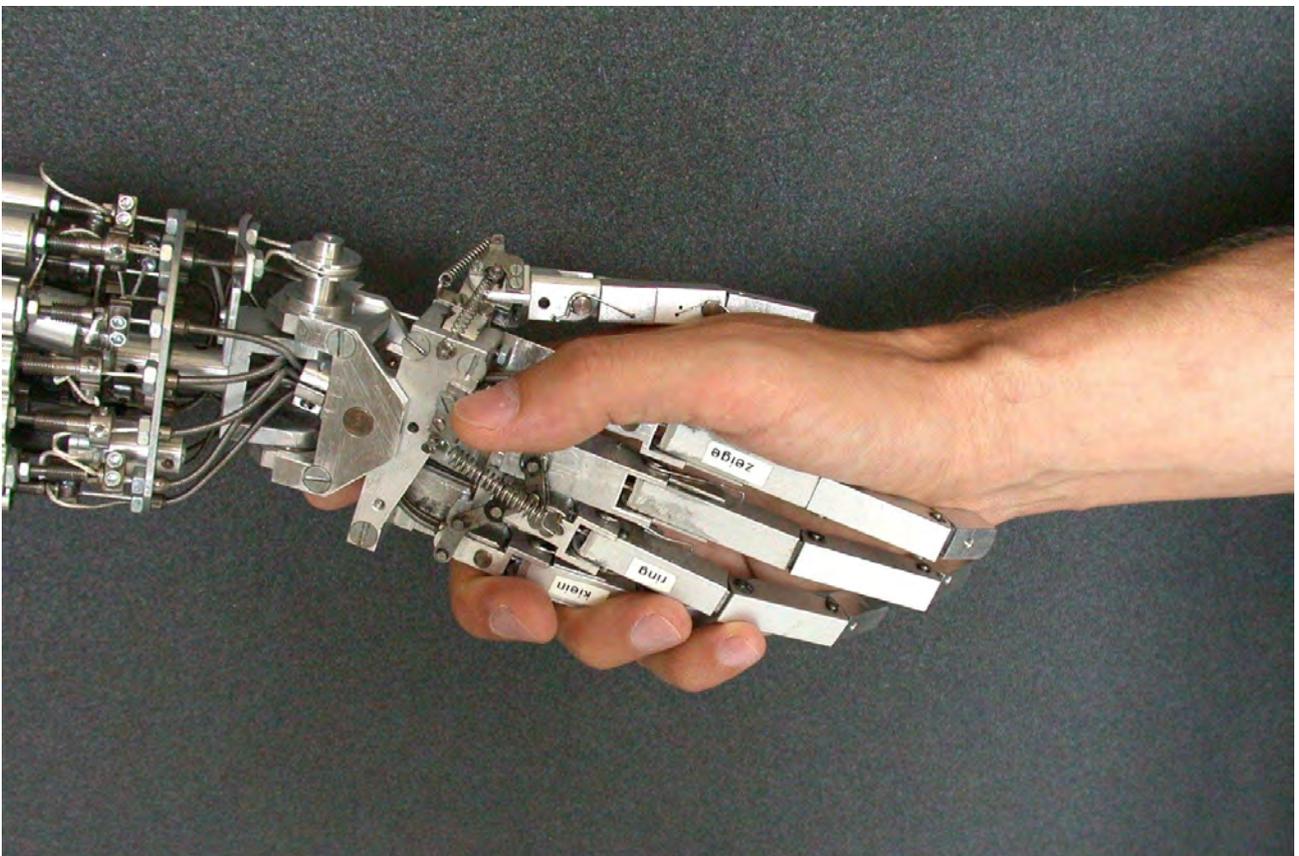


Foto: TU Berlin <https://www.bionkon.de/bionik/was-ist-bionik/>

Beginnen Sie die Unterrichtseinheit, indem Sie die Einstiegsfolie zeigen und fragen Sie die SuS nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden der beiden Bilder.

Das erste Bild zeigt eine Unterarmprothese mit Michelangelo-Hand der Prothesen- und Orthesenherstellers Ottobock SE & Co. KGaA und das zweite Bild eine Roboterhand. Beides sind durch die Natur inspirierte Hilfsmittel für den Menschen. Im Verlauf des Unterrichts werden die SuS nicht nur mehr über die geschichtliche (Weiter-)Entwicklung von Prothesen, sondern auch mehr über deren Nutzen erfahren und ethische Fragestellungen diskutieren.

Nach dem Einstiegsbild informieren Sie ihre SuS zum Thema geschichtliche Entwicklung der Prothesen. Hier einige Hintergrundinformationen:

- Die älteste bisher gefundene Prothese ist 3500 Jahre alt. Es war eine Zehenprothese aus Holz. Sie gehörte einer ägyptischen Frau und wurde nachweislich auch getragen, da sie Abnutzungsspuren aufzeigte.
- Schon die alten Römer nutzen Zahnprothesen. Hierfür verwendeten sie die Zähne von Tieren.
- Die ersten Beinprothesen bestanden noch aus einer einfachen Holzstelze.
- Im 16. Jahrhundert gab es für die reiche Bevölkerung schon erste Prothesenkonstruktionen mit einem gefederten Fuß und einem beweglichen Kniegelenk.
- In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gab es viele Amputationen. Während bis dahin vor allem Handwerker Prothesen herstellten, konstruierten später auch Mediziner, Ingenieure und Naturwissenschaftler Prothesen.
- 1922 begann man, Prothesen nach wissenschaftlichen Kriterien zu bauen.
- Heute werden Beinprothesen mit Hilfe modernster Technik hergestellt, sodass man den Trägern das Handicap kaum noch ansieht und sie sogar Fahrrad fahren können; mit Hilfe von Spezialanfertigungen können sie selbst am Spitzensport teilnehmen.

Autor: Silvio Wenzel <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/medizin/prothesen/index.html>

Das Anschließend verteilen Sie das Arbeitsblatt 1 und sehen sich den Film „Einsteins 2016 – Bionische Prothesen“ an.  
<https://www.youtube.com/watch?v=RzsjXB4NjTO>

Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt

Arbeitsblatt 1

# Bionische Prothesen

**Aufgabe 1**

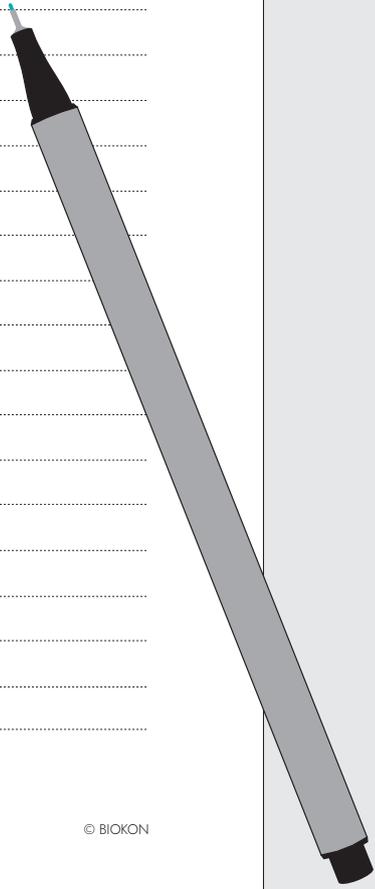
Machen Sie sich Notizen zum Film: Einstein 2016 – Bionische Prothesen

.....  
.....  
<https://www.youtube.com/watch?v=RzsjXB4NjT0>

*Wichtige Informationen aus dem Film: Patrick hat seine Hand durch einen Starkstromunfall die Funktion seiner linken Hand eingebüßt. Für ihn fühlte sich die Hand danach wie ein Fremdkörper an und er entschied sich für die Amputation der Hand. Er war der erste Mensch, bei dem eine vorhandene Gliedmaße amputiert wurde. Er arbeitet jetzt als Produkttrainer bei einem Prothesenhersteller. Die Prothese wird über Elektroden, die mit dem Unterarmmuskel verbunden sind bewegt. Patrick ist trotz seines Handicaps Weltmeister im Snowboardfahren.*

Besprechen Sie anschließend die Ergebnisse im Plenum.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt

Arbeitsblatt 2

# Von der Prothese zum Roboter

**Informationstext** Eine Prothese kann also ein oder mehrere Körperteile ersetzen und damit Menschen mit Behinderungen bei alltäglichen Arbeiten helfen und diese erleichtern. Arbeiten erleichtern können auch Roboter. Aber was sind Roboter eigentlich?

**Aufgabe** Überlegen Sie sich, wo uns Roboter begegnen und wie man sie beschreiben kann.

*Lösung: Individuelle Schülerlösung*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Im Jahr 1956 wurde der erste Industrieroboter entwickelt. 1970 setzte Mercedes Benz Roboter in der Autoproduktion ein. Diese konnten zum Beispiel lackieren und schweißen. Mit der Zeit wurden Roboter auch in anderen Industriebereichen eingesetzt. Inzwischen können Menschen sogar mit den bioinspirierten Robotern, die nachgiebig agieren, gemeinsam arbeiten, weil diese keine Verletzungsgefahr für den Menschen darstellen.

Foto U. Dahl, TU Berlin  
[https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1624&cHash=074eaa92dc5827774725acef1a5af442](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1624&cHash=074eaa92dc5827774725acef1a5af442)

© BIOKON

Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt

Arbeitsblatt 3

# Tiere als Vorbilder für die Entwicklung von Robotern

## Aufgabe

Notieren Sie die Tiere, die in dem Film vorkommen und wo/wofür sie als Vorbild eingesetzt werden / eingesetzt werden sollen

*Elefant: Flexibler Greifarm in der Industrie*

*Fischflosse: Greifer*

*Neunauge: Erkundung in dunklen Gewässern*

*Salamander: Forschungsprojekt*

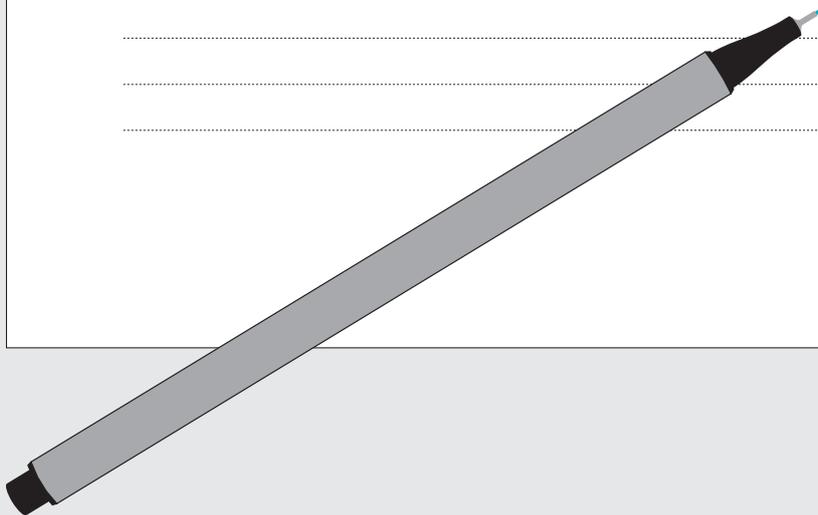
*Ameise: Kommunikation zwischen Robotern untereinander*

Sehen sie sich anschließend den Film „Wenn Roboter Tiere kopieren an“. Durch die Bilder ist der Film verständlich. Planen Sie dennoch Zeit ein, einzelne Begriffe zu erklären. Hierfür empfiehlt sich eine Pause nach jedem vorgestellten Tier.

<https://www.youtube.com/watch?v=UhOkOSuyUVg>

**Hinweis:** Der Titel des Films wurde von der Redaktion Arte.TV / Futuremag leider falsch gewählt. Roboter kopieren keine Tiere! Die im Film genannten Tiere inspirierten die Forscher und Entwickler der vorgestellten Roboter. Bitte weisen Sie Ihre SuS darauf hin!

© BIOKON



# Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt

---

## BES 2 / 2. Kopiervorlagen

Arbeitsblatt 1

Bionische Prothesen

Arbeitsblatt 2

Von der Prothese zum Roboter

Arbeitsblatt 3

Tiere als Vorbilder für die  
Entwicklung von Robotern



# Von der Prothese zum Roboter

**Informationstext**

Eine Prothese kann also ein oder mehrere Körperteile ersetzen und damit Menschen mit Behinderungen bei alltäglichen Arbeiten helfen und diese erleichtern. Arbeiten erleichtern können auch Roboter. Aber was sind Roboter eigentlich?

**Aufgabe**

Überlegen Sie sich, wo uns Roboter begegnen und wie man sie beschreiben kann.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Im Jahr 1956 wurde der erste Industrieroboter entwickelt. 1970 setzte Mercedes Benz Roboter in der Autoproduktion ein. Diese konnten zum Beispiel lackieren und schweißen. Mit der Zeit wurden Roboter auch in anderen Industriebereichen eingesetzt. Inzwischen können Menschen sogar mit den bioinspirierten Robotern, die nachgiebig agieren, gemeinsam arbeiten, weil diese keine Verletzungsgefahr für den Menschen darstellen.

Foto U. Dahl, TU Berlin  
[https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1624&cHash=074eaa92dc5827774725acef1a5af442](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1624&cHash=074eaa92dc5827774725acef1a5af442)





---

Projekttag /  
Projektwoche

# Systemisch Denken –

## für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern

**Liebe Lehrende,**

dieses Unterrichtsmaterial soll Ihnen helfen an Ihrer Bildungsstätte drei- bis fünftägige Projekttag zu dem oben genannten Thema durchzuführen. Dabei soll systemisches Denken mit Hilfe der Bionik stärker in die berufliche Bildung integriert werden. Nachwuchskräfte sollen bereits in ihrer Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen vertraut gemacht werden, damit sie die für eine zukunftsfähige Wirtschaftsweise nötigen Kompetenzen in die Unternehmen tragen und die nachhaltige Entwicklung und Gestaltung von Gebrauchsgütern sowie deren breite Akzeptanz in Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben. Ausgehend von faszinierenden Bionik-Beispielen sollen die Schülerinnen und Schüler insbesondere die Bedeutung und Qualität von strukturierten Perspektivwechseln und systemischem Denken in Zusammenhang mit der Entwicklung und Produktion nachhaltiger Gebrauchsgüter lernen. Das Verständnis von Abläufen und Prozessen natürlicher Systeme, wie es durch die Bionik vermittelt wird, öffnet hier wesentliche den Betrachtungs- und Verständnishorizont.

Die Projekttag wurden in Zusammenarbeit mit den Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern der BBS Burgdorf mehrfach erprobt und das Feedback der Teilnehmenden in die Gestaltung der Unterrichtsmaterialien einbezogen. So bewerteten die Schülerinnen und Schüler die Projekttag insgesamt sehr positiv.

„... Abschließend lässt sich sagen, dass die Projekttag von uns mit großem Interesse verfolgt wurden. Es hat uns Spaß gemacht die Biologie von einer anderen Seite zu betrachten. Außerdem war es spannend zu erfahren, was durch Bionik alles erreicht und umgesetzt werden kann.“ (Finja und Friederike)

# Häufige Fragen (FAQs)

## a) Für wen eignen sich die Projektstage?

Das Konzept der Projektstage eignet sich für Schülerinnen und Schüler sowie Auszubildende ab 16 Jahren. Es kann in den naturwissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Fächern angewendet werden. Die Projektstage eignen sich ebenfalls als Vorbereitung zum Beispiel für die Teilnahme am „deutschen Gründerpreis für Schulen“ (<https://www.dgp-schueler.de>) oder Angeboten wie „Start Green@School“ (<https://start-green.net/school/>) vom Borderstep Institut zur Gründung einer nachhaltigen Schülerfirma.

## b) Wie groß sollte die Teilnehmerzahl sein?

Das Konzept für die Projektwoche wurde mit einer Gruppenstärke von 10 bis 40 Teilnehmern getestet. Die Teilnehmerzahl kann aber auch kleiner oder größer ausfallen.

## c) Können die Projektstage an einer Schule häufiger durchgeführt werden, ohne dass sie sich wiederholen?

Ja, auch wir haben die Projektstage mehrfach an der BBS Burgdorf durchgeführt. Variationsmöglichkeiten ergeben sich aus den Gebrauchsgegenständen, den Versuchen und der Wahl der Ergebnissicherung.

## d) In welchen Fachbereichen können die Projektstage durchgeführt werden?

Insbesondere in den Fachbereichen Biologie, Technik, Wirtschaft

## e) In welchen Schulformen können die Projektstage durchgeführt werden?

Die Projektstage haben sich insbesondere in den beruflichen Gymnasien Wirtschaft und Technik bewährt. Sie können jedoch individuell angepasst werden und somit in allen Schulformen ab Klasse 9 durchgeführt werden.

## f) Können die Projektstage erweitert /ergänzt werden?

Ja, je nach Vorkenntnissen und Umfang. Sie sollten jedoch mind. 3 Tage max. 5 Tage dauern. Wir stehen Ihnen gerne per E-Mail-Anfrage beratend zu Verfügung: [kerstin.kuhlmann@biokon.de](mailto:kerstin.kuhlmann@biokon.de)

## g) Was kostet die ProWo?

Dies hängt von den verwendeten Materialien ab. Sie sollten mit einem Kostenfaktor von 1 bis 3 Euro pro Teilnehmenden rechnen.

## h) Ist die Organisation aufwändig?

Wie so oft ist eine gute Vorbereitung sehr wichtig. Die Materialien unterstützen Sie hierbei allerdings und dadurch, dass die Bionik vielfältige interdisziplinäre Anknüpfungspunkte hat, können Sie viele Kollegen aus unterschiedlichen Fachrichtungen mit ins Boot holen.

# Inhalt und Überblick

Den Handlungsrahmen bildet eine fiktive Firma, die zur Einführung eines neuen/verbesserten Produktes eine Pressekonferenz hält.

**Tipp:** Hierzu können am letzten Veranstaltungstag z. B. die Schulleitung und Eltern eingeladen werden.

Nachdem sich die Teilnehmenden mit den Begriffen Nachhaltigkeit, Bionik und Systemisch Denken vertraut gemacht haben, werden sie zunächst Gebrauchsgegenstände im Hinblick auf eventuelle Schwachstellen und

Nachhaltigkeitsaspekte untersuchen. Im Anschluss werden Versuche zur Bionik durchgeführt. Ziel ist es, dass die Teilnehmenden ihren Gebrauchsgegenstand unter anderem mit Hilfe der Bionik verbessern und nachhaltiger gestalten. Abschließend werden die Ergebnisse in einer fiktiven Pressekonferenz oder in Form eines Werbefilms vorgestellt.

Phase	Inhalt
<b>Einstieg</b>	Vorstellung des Programms und Bildung der Arbeitsgruppen Erarbeitung der Themen Nachhaltigkeit, Bionik und Systemisch Denken.
<b>Aufgabenstellung</b>	Die SuS sollen einen bestimmten Gebrauchsgegenstand verbessern und ihre Ergebnisse in einer fiktiven Pressekonferenz vorstellen.
<b>Erarbeitungsphase 1</b>	Testen der Gebrauchsgegenstände und Vorstellung der Ergebnisse im Plenum.
<b>Erarbeitungsphase 2</b>	Versuche zur Bionik Ggf. Vorstellung der Versuche und Anwendungsmöglichkeiten im Plenum/ Alternative: Stationslernen
<b>Erarbeitungsphase 3</b>	Optieren der Gebrauchsgegenstände und kritisches Hinterfragen der Optimierung
<b>Ergebnissicherung</b>	Betriebliche Teambesprechung Vorbereitung der Pressekonferenz in Form von z. B. Poster-PowerPoint-Präsentationen, Vorträgen oder auch Werbefilmen

# Materialien und Informationen für die Projekttag

Die Materialien sind in der Reihenfolge der Projektphasen (siehe Tabelle 1) angeordnet. Sie können die Projekttag mit den zur Verfügung gestellten Materialien (Arbeitsblätter, mögliche Aufgabenstellungen) und Informationen (Bücher, Internet-Adressen und -Links) flexibel gestalten. So können Sie je nach Teilnehmerzahl zwischen ein und bis zu zehn verschiedene Gebrauchsgegenstände

nutzen. Ebenso können Sie alle Versuche zur Bionik oder auch nur einen Versuch durchführen. Auch die Form der Ergebnissicherung ist flexibel. Welche Methoden Sie in den einzelnen Unterrichtsphasen anwenden, hängt selbstverständlich von Ihren Erfahrungen und Einschätzungen den Teilnehmenden gegenüber ab.

## 3.1. Einstiegsphase

Falls das Thema Nachhaltigkeit im Unterricht noch nicht behandelt wurde, sollte dieses in dem ersten Teil der Projekttag erfolgen.

**Hinweis:** BIONIKON hat ebenfalls sechs in sich abgeschlossene Unterrichtseinheiten zu dem Thema „Systemisch Denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“ entwickelt. Die Materialien stehen ebenfalls auf der BIONIKON-Web-Seite kostenlos zur Verfügung. Falls das Thema Nachhaltigkeit noch nicht im Unterricht behandelt wurde, empfehlen wir als das Thema die Unterrichtseinheit 1 „Einstieg in das Thema“. Es handelt sich um eine 90-minütige Unterrichtseinheit zu den Themen: Nachhaltigkeit und Bionik.

**3.1.1. Nachhaltigkeit** Im Internet gibt es zahlreiche Kurzfilme zum Thema Nachhaltigkeit. Ein Erklär-Video („Nachhaltigkeit einfach erklärt“ von explainity®), das das Thema sehr anschaulich erklärt, finden Sie unter: <https://www.youtube.com/watch?v=RcNKHQb8QIc> (11.07.2017)

**Hinweis für die Lehrkräfte:** In der Aufgabenstellung haben wir zwei Themen vorgeschlagen. Sie können ebenso ein aktuelles Thema aus dem Unterricht wählen.

### 3.1.2. Bionik

Als Einstieg in das Thema Bionik empfehlen wir Ihnen ebenfalls die oben genannte Unterrichtseinheit „Einstieg in das Thema“. Diese Unterrichtseinheit ermöglicht einen kompakten Einstieg und Überblick zur Bionik, dient als Wiederholung des Themas Nachhaltigkeit. Außerdem beinhaltet diese Unterrichtseinheit die Anleitung zur sogenannten Marshmallow-Challenge. Sie macht nicht nur Spaß, sondern eignet es sich besonders für neu gebildete Gruppen / Klassen, da hier Teamwork gefragt ist. Eine genaue Beschreibung zum Ablauf der Challenge finden Sie in der Unterrichtseinheit.

# Nachhaltigkeit

Bereits Hans-Carl von Carlowitz (1645 – 1714) erkannte, dass nur so viel Holz geschlagen werden darf, wie nachwachsen kann und prägte damit den Begriff der Nachhaltigkeit. Seitdem hat sich der Begriff weiterentwickelt. Er beschreibt heute einen neuen Kerngedanken: Zukünftige Generationen sollen dieselben Chancen auf ein erfülltes Leben haben wie die jetzige Generation.

Gleichzeitig müssen Chancen für alle Menschen auf der Erde fairer verteilt werden. Im Mittelpunkt stehen hierbei ökologische, ökonomische und soziale Aspekte. Gerade in ökonomischen Bereichen kann Nachhaltigkeit zum Beispiel durch Materialeinsparungen auch zu Wettbewerbsvorteilen führen, indem Gebrauchsgüter kostengünstiger produziert werden kann.

---

Um zu analysieren, ob etwas nachhaltig ist, helfen folgende Fragen:

- Welche Auswirkungen auf die Wirtschaft gibt es?
- Welche Folgen entstehen für die Natur?
- Was bedeutet es für die Menschen?

Idealer Weise sollten alle drei Aspekte der Nachhaltigkeit gleich stark berücksichtigt werden. Dies ist allerdings häufig nur schwer realisierbar, so dass in jedem Fall aber der bestmögliche Kompromiss für alle drei Dimensionen gefunden werden sollte.

- 
- Aufgabe** Diskutieren Sie das Thema „Offshore-Windpark“ in der Nordsee und erstellen Sie eine Mind-Map in der Sie die drei Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigen. Stellen Sie anschließend Ihre Ergebnisse Plenum vor.
- Alternative Aufgabe** Diskutieren Sie das Thema „Elektromobilität“ und erstellen Sie eine Mind-Map in der Sie die drei Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigen. Stellen Sie anschließend Ihre Ergebnisse Plenum vor.

### 3.1.3. Systemisch Denken

Beim systemischen Denken werden nicht nur Kettenreaktionen und Wechselwirkungen sondern ganze Wirkungsgeflechte betrachtet. Um den SuS den Begriff näher zu bringen kann ein einfaches Beispiel aus dem Ökologieunterricht helfen.

#### Aufgabenstellung Systemisch Denken

Aufgabe: Überlegen Sie sich, welche Auswirkungen die Umstellung bei der Flaschenproduktion von Schraubverschluss auf Kronkorken Verschluss haben kann (Design, Produktion, Vermarktung, Entsorgung). Betrachten Sie das Thema aus verschiedenen Perspektiven, denn: „jedes Ding hat mehr als nur 2 Seiten“.

## 3.2.

### Erarbeitungsphase 1: Testen der Gebrauchsgegenstände

In der ersten Erarbeitungsphase müssen die SuS jeweils ihren Gebrauchsgegenstand im Hinblick auf Schwachstellen untersuchen und ihn ebenfalls im Hinblick auf Nachhaltigkeit beurteilen. Dieses Kapitel wurde für die Lehrkräfte so aufbereitet, dass Sie zunächst für jeden Gebrauchsgegenstand eine Materialliste finden und anschließend die Arbeitsblätter als Kopiervorlage. Einige ausgewählte Gebrauchsgegenstände wurden bereits mit Hilfe der Bionik verändert. Diese sind mit einem \* markiert. Die Gebrauchsgegenstände ohne Sternchen, wurden bisher noch nicht mit Hilfe der Bionik verbessert, eignen sich aber dennoch im Rahmen der Aufgabenstellung.

<b>Wischmopp*<sup>15</sup></b>	einfacher Wischmopp, ggf. Eimer
<b>Staubwedel</b>	einfacher Staubwedel
<b>Zahnbürste</b>	einfache Zahnbürste, Zahnpasta
<b>Rasierer</b>	einfache Einwegrasierer, Rasierschaum, Luftballon, Kiwi
<b>Schere</b>	einfache Schere, div. Gegenstände zum Zerschneiden
<b>Messer*<sup>16</sup></b>	einfaches Küchenmesser, div. Gegenstände zum Zerschneiden
<b>Stuhl*<sup>17</sup></b>	Stuhl aus dem Klassenzimmer, evtl. Zollstock zum Vermessen
<b>Flasche</b>	leere Shampoo Flasche o. ä.
<b>Müllgreifer*<sup>18</sup></b>	Müllgreifer vom Hausmeister, div. Gegenstände zum Greifer
<b>Trittleiter</b>	Trittleiter, evtl. Zollstock zum Vermessen und Handwaage
<b>Fahrrad</b>	Fahrrad eines Teilnehmenden, evtl. einzelne Fahrradteile (Schlauch, ...)

<sup>16</sup> [https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1639](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1639)

<sup>17</sup> [https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1646&cHash=2095adfb5c79610d3ae09573e7a8a07f](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1646&cHash=2095adfb5c79610d3ae09573e7a8a07f)

<sup>18</sup> [https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1639&cHash=f5c4b6b10e61a929381a3b45de89490b](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1639&cHash=f5c4b6b10e61a929381a3b45de89490b)

<sup>19</sup> [https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1639&cHash=f5c4b6b10e61a929381a3b45de89490b](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1639&cHash=f5c4b6b10e61a929381a3b45de89490b)

# Gebrauchsgegenstände

## Aufgabe 1

Ihre erste Aufgabe besteht darin, Ihren Gebrauchsgegenstand zu nutzen. Analysieren Sie die Handhabung Ihres Gegenstandes beziehungsweise Ihren Gegenstand selbst auf mögliche Schwachstellen. Diskutieren Sie auch die unterschiedlichen Aspekte der Nachhaltigkeit eures Gegenstandes. Notieren Sie die Ergebnisse.

---

**Hinweis zum Thema Nachhaltigkeit:** Berücksichtigen Sie bei Ihren Überlegungen folgende Fragen:

- Welche (kurzfristigen und langfristigen) Auswirkungen auf die Wirtschaft gibt es (Ressourcenverbrauch, Arbeitsplatz)?
  - Welche Folgen entstehen für die Natur (Umweltverschmutzung, Verlust der Artenvielfalt)?
  - Was bedeutet es für die Menschen (gesundheitliche Aspekte, soziale Aspekte, faire Arbeitsbedingungen)? Versucht unterschiedliche Zielgruppen zu berücksichtigen (Produzenten, Konsumenten, ...).
- 

## Aufgabe 2

Stellen Sie Ihre Ergebnisse im Plenum vor.

### 3.3.

---

## Erarbeitungsphase 2: Versuche zur Bionik

In Bezug zu den ausgewählten Gebrauchsgegenständen sollte der Fokus der Experimente zur Bionik auf den Themen Lotus-Effekt, Fin Ray Effect® und Klettverschluss liegen. Buch-Tipps zu Unterrichtsleitungen und Versuchsreihen zu den genannten Beispielen finden Sie auf der BIONIKON-Seite: <http://www.biokon.de/service/literatur/schule-und-beruf/>. An dieser Stelle gehen wir daher nicht näher auf die einzelnen Versuche ein, stehen Ihnen für Fragen aber gerne zur Verfügung ([kerstin.kuhlmann@biokon.de](mailto:kerstin.kuhlmann@biokon.de)).

Das Thema Fin Ray Effect® sollte auf jeden Fall behandelt werden, da hier die Übertragung vom biologischen Vorbild in die Technik besonders deutlich wird. Weitere Informationen und Unterrichtsmaterialien hierzu finden Sie auf folgenden Seiten:

- [https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx\\_nenews\\_uid=1622](https://www.biokon.de/bionik/best-practices/detail/?tx_nenews_uid=1622)
- <https://green-up-your-future.de/04-1-fin-ray-effekt/>
- <http://www.bionikvitrine.de/fin-ray-effect.html>
- <https://www.festo-didactic.com/de-de/lernsysteme/technik-fuer-allgemeinbildende-schulen/fin-ray-bastelbogen.htm?fbid=ZGUuZGUuNTQ0LjEzLjE4LjE0MDMuODUyOA>
- <https://www.youtube.com/watch?v=jdXdIKNMHMo>

---

### 3.4.

---

## Erarbeitungsphase 3: Optimierung

---

# Optimierung

## Aufgabe 1

Versuchen Sie anhand der Beispiele, die Sie aus der Bionik kennengelernt haben, Ihren Gebrauchsgegenstand zu optimieren. Recherchieren Sie ebenfalls im Internet nach weiteren Beispielen aus der Bionik

## Aufgabe 2

Überlegen Sie sich Ansätze und Konzepte, um den Gebrauchsgegenstand nachhaltig(er) zu machen. Dies kann z. B. auch eine Spende der Einnahmen für ein Umweltprojekt sein. Welche anderen Ansätze/Konzepte kann es noch in Zusammenhang mit Ihrem Gebrauchsgegenstand geben.

## Aufgabe 3

Versetzen Sie sich bei der Besprechung in die Lage der einzelnen Stakeholder: wie beispielsweise Marketing-Chef, Techniker, Ökonom, Verbraucher usw.

### 3.5.

## Ergebnissicherung: Pressekonferenz

Die Ergebnisse der SuS werde entweder in Form eines Werbefilms vorgestellt oder in Form einer fiktiven Pressekonferenz. Hierfür können die SuS Pressemappen erstellen. Somit haben sie gleichzeitig ein praktisches Anwendungsbeispiel für den Informationsverarbeitungs-Unterricht.

**Aufgabe:**  
**Werbefilm**

Entwickeln Sie einen maximal 1-minütigen Werbefilm für Ihr Produkt, den Sie mit dem Smartphone erstellen.

**Aufgabe:**  
**Pressekonferenz**

Erstellen Sie eine Pressemappe und bereiten Sie sich auf eine fiktive Pressekonferenz vor, bei der Sie Ihr Produkt vorstellen.

---

## 4

# SCHLUSSWORT

Wir möchten Sie an dieser Stelle ermutigen, Projekttag an Ihrer Schule zu dem Thema „Bionik in der beruflichen Bildung“ durchzuführen. Die Lehrkräfte und vor allem die Schülerinnen und Schüler der BBS Burgdorf haben damit durchweg positive Erfahrungen gemacht. So erwies sich die Teilnahme an den Projekttagen als gute Vorbereitung für weitere Schulaktivitäten, wie beispielsweise die Teilnahme am Deutschen Gründerpreis. Zudem wurde zu einer der Präsentation die örtliche Presse eingeladen, so dass ein ganzseitiger Zeitungsbericht über die Projekttag und die BBS Burgdorf veröffentlicht wurde.

Veröffentlichungen zum Thema „Systemisch Denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“ finden Sie unter der Homepage der Berufsbildenden Schulen Burgdorf.

<https://www.bbs-burgdorf.de/index.php/component/search/?searchword=bionik&searchphrase=all&Itemid=130>



Impressum

# Impressum

## Herausgeber

**BIOKON**  
BIONIK KOMPETENZ NETZ

BIOKON – Forschungsgemeinschaft  
Bionik-Kompetenznetz e.V.

Geschäftsführer: Dr. Rainer Erb

Ackerstraße 76  
13355 Berlin

Fon: +49-30-4606-8484

Fax: +49-30-4606-8474

E-Mail: [kontakt@biokon.de](mailto:kontakt@biokon.de)

Website: [www.biokon.de](http://www.biokon.de)

---

## Autoren

Kerstin Kuhlmann, Jessica Rudolph,  
Dr. Rainer Erb

---

## Gestaltung

[laloma.info](http://laloma.info)

---

Erstauflage 2020



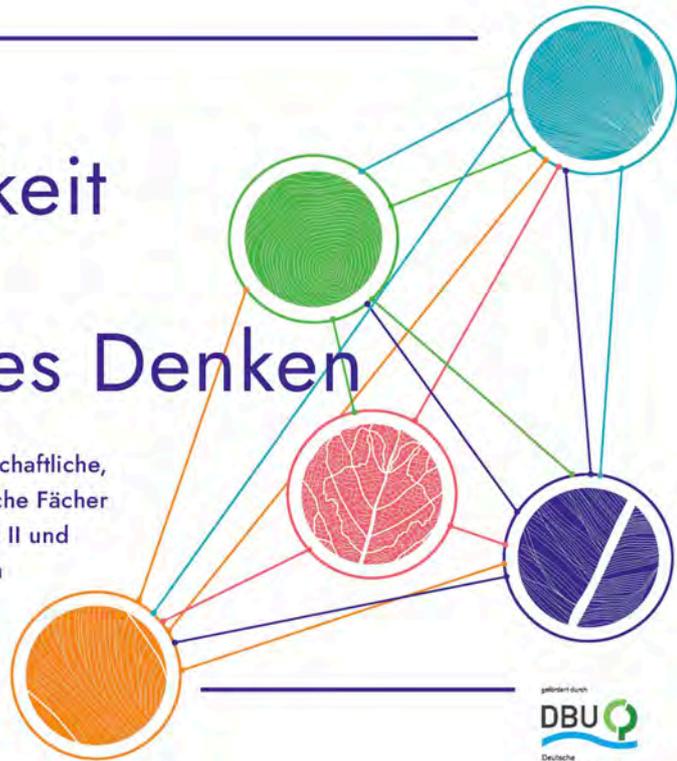
## 5.2 PDF-Folien-Präsentation als Begleitmaterial für die Lehrenden

Auf den folgenden Seiten sind die Präsentationsfolien aufgeführt, die den Lehrkräften als Begleitmaterial zu den Unterrichtseinheiten angeboten werden.

---

# Nachhaltigkeit Bionik Systemisches Denken

Unterrichtsmaterialien für naturwissenschaftliche,  
wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Fächer  
der Sekundarstufe I (ab 9. Klasse), Sek II und  
insbesondere Berufsbildenden Schulen



---

**BIOKON**  
BIONIK KOMPETENZ NETZ

**GEA** | GREEN  
ECONOMY  
ACADEMY

gefördert durch  
**DBU**  
Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt  
[www.dbu.de](http://www.dbu.de)



## Hallo zusammen,

als unser Lehrer sagte, wir machen heute etwas zum Thema Systemisch Denken, Nachhaltigkeit und Bionik, dachten wir zuerst nur: Systemisch Denken klingt anstrengend, Nachhaltigkeit klingt langweilig. Nur das Thema Bionik klang wenigstens etwas interessant. Nach 90 Minuten Unterricht haben wir unsere Meinung geändert...

Systemisch Denken ist gar nicht so kompliziert. Es geht einfach nur darum, die Sachen aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und sich zu überlegen, welche Auswirkungen eine Veränderung haben könnte.

Nachhaltigkeit hat viele Perspektiven. Vereinfacht gesagt, soll man nur so viel verbrauchen, dass auch die nächsten Generationen leben können. Inzwischen

hat man den Begriff erweitert. Er beinhaltet ökologische, ökonomische und soziale Aspekte.

Bionik ist die Mischung aus Biologie und Technik. Man schaut sich von der Natur Sachen ab und überträgt sie auf die Technik. Dabei wurden bisher schon sehr spannende Sachen entwickelt.

Ach so, wenn ihr mehr über Bionik und Nachhaltigkeit wissen wollt, schaut euch doch mal die Seiten von BIONIKON und Green Up Your Future an...

Hier gibt es auch interessante Infos rund um das Thema Berufe...

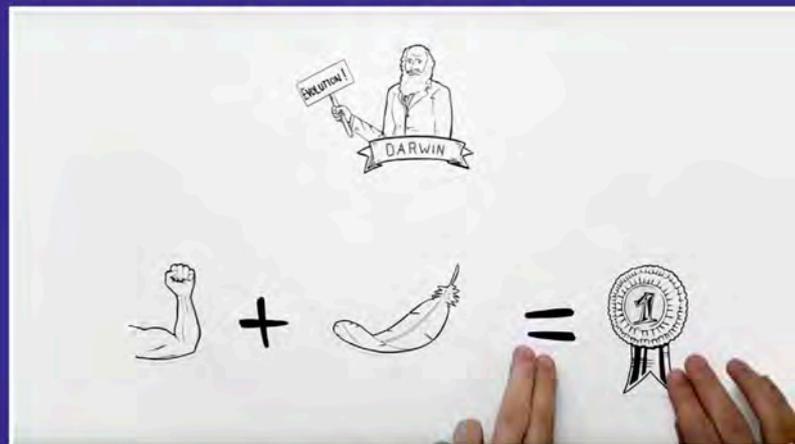
**Viel Spaß**

**Eure Lea und Euer Jannick**

## UE 1 Bionik und Nachhaltigkeit

Arbeitsblatt  
2

### ELiSE: Evolutionary Light Structure Engineering



Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=C1rhd3NeS4g>

© BIONIKON



---

## UE 1 Bionik und Nachhaltigkeit

---

Arbeitsblatt  
3

### Bilden Sie Dreier- maximal Vierer- Gruppen.

- Jede Gruppe bekommt: 20 Spaghetti, eine Klebebandrolle, eine Bindfadenrolle, einen Marshmallow und eine Schere.
- Aus diesen Materialien sollen Sie innerhalb von 18 Minuten einen frei stehenden Turm bauen, der letztlich einen Marshmallow tragen muss.
- Klebebandrolle, Schere und Bindfadenrolle dürfen nicht als Halterungen o. ä. genutzt werden.
- Sie dürfen die Spaghetti auf dem Tisch festkleben und die Spaghetti brechen. Es stehen allerdings nur die 20 Spaghetti zur Verfügung. Gebrochene Spaghetti werden nicht ersetzt.
- Die Mengen an Bindfaden und Kleberolle sind nicht begrenzt.
- Jede Gruppe darf nur einen Tisch nutzen.
- Der Marshmallow darf nicht zerschnitten und nur von einer oberen Nudel aufgepikst oder aufgelegt werden.

---

Der höchste Turm hat gewonnen! Die Zeit läuft...

---

## UE 2 Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit

---

### „Cycle-Chic die große Zukunft des Fahrrads“

„Das Fahrrad wandelt sich vom Fortbewegungsmittel und Sportgerät zum stylischen Statussymbol – Ausdruck eines gelassenen, individuellen Lebensgefühls. Der neue Kult eröffnet einen weiten Markt für praktische wie stilvolle Extras. Innovationen, die das Fahrradfahren attraktiver und sicherer machen, werden in den kommenden Jahren einen Markt anfeuern, der einen anhaltenden Boom erlebt. (...)“

---

© BIKON



UE 2

## Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit

Arbeitsblatt  
2



© BICKON

UE 2

## Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit

Arbeitsblatt  
3

Die Methode der Zugdreiecke von Claus Mattheck



Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=CSyjb6poObYan>

© BICKON



UE 2

## Fahrrad – eine systemische Betrachtung in puncto Nachhaltigkeit

Ergänzung

80 Stunden Handarbeit –  
Fahrräder aus Bambus in Kiel

[https://www.youtube.com/watch?v=G\\_jmpfxZ4s](https://www.youtube.com/watch?v=G_jmpfxZ4s)



My Boo –  
Bambusfahrräder aus Ghana

<http://www.my-boo.de/> oder

<https://www.youtube.com/watch?v=Bzaj2VhZeKk>



© BICKON

UE 3

## Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen

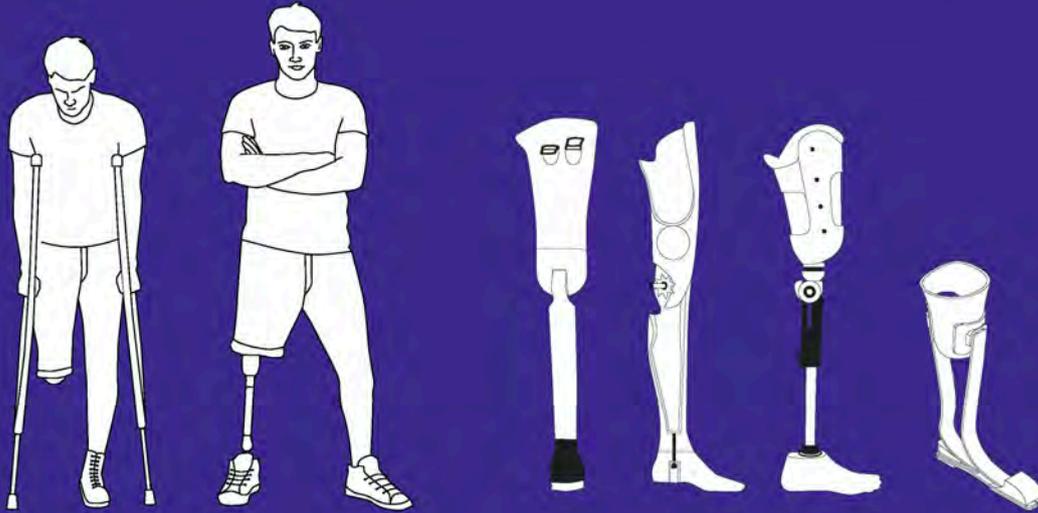


© BICKON



UE 3

## Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen



© BICKON

UE 3

## Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen

Arbeitsblatt  
2

Einstein 2016 – Bionische Prothese



Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=RzsjXB4NJt0>

© BICKON



UE 3

## Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen

Arbeitsblatt  
4a

Viktoria Modesta



Der Link zum Musikvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=jA8inmHhx8c>

© BICKON

UE 3

## Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen

Arbeitsblatt  
4b

Prototype – The making of



Der Link zum Musikvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=2fiSAXr4UME>

© BICKON



UE 4

Prothetik und Ethik 2: Technische Innovationen für Umwelt und Gesundheit – wie weit dürfen wir gehen?

Arbeitsblatt  
1 / 2

Wie funktioniert das Ohr?

<https://www.youtube.com/watch?v=Zulv7v9zCKo>



Neues Hörgerät: Cochlea Implantat – Welt der Wunder

<https://www.youtube.com/watch?v=8uthhsMncDY>



© BICKON

UE 4

Prothetik und Ethik 2: Technische Innovationen für Umwelt und Gesundheit – wie weit dürfen wir gehen?

Arbeitsblatt  
3

Sarif Industries: Augmentation Testimonials



Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=UWmeBeRb1RY>

© BICKON



UE 6

Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen

Arbeitsblatt  
1



© BIONIK

UE 6

Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen

Arbeitsblatt  
3

Pomelo und Co



Der Link zum Film: <https://www.swr.de/wissen/aexavarticle-swr-39174.html>

© BIONIK



UE  
BES 1

## Bienen interessant, schützenswert und nützlich für Wirtschaft und Technik

Arbeitsblatt  
1

### Die wunderbare Organisation der Bienen



Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=DH0uywA5CrU>

© BIGKON

UE 1  
BES 2

## Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt



Foto: BIGKON, <https://www.bigkon.de/news/cubersicht-mit-bionik-und-gruenen-berufern-verein-gaertner-und-landwirt/>



Foto: TU Berlin, <https://www.bigkon.de/bionik/was-ist-bionik/>

© BIGKON

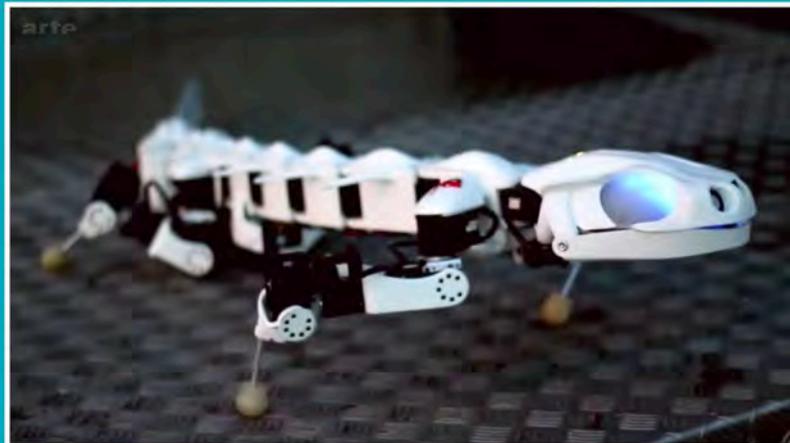


UE 1  
BES 2

## Bionischen Prothesen und Roboter in der Arbeitswelt

Arbeitsblatt  
3

Tiere als Vorbilder für die Entwicklung von Robotern



Der Link zum Film: <https://www.youtube.com/watch?v=UhOkOSuyUVg>

© BIOKON

# Danksagung

Die Unterrichtsmaterialien entstanden im Rahmen des von der DBU geförderten Projektes „Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern“. Neben den Unterrichtsmaterialien von BIOKON für Schulen wurden Bildungsangebote für Studierende durch unseren Partner GEA, der Green Economy Academy, (<http://green-economy-academy.org/>) entwickelt und Sommer Schools konzipiert und durchgeführt.

Wir danken der **Deutschen Bundestiftung Umwelt** für die finanzielle Unterstützung des Projektes.



Unser Dank gilt auch den Lehrenden und Lernenden der **Modellschule BBS Burgdorf** für die Unterstützung bei der Erprobung der Unterrichtsmaterialien.



**BIOKON - Forschungsgemeinschaft Bionik-Kompetenznetz e.V.**

Website: [www.biokon.de](http://www.biokon.de)





### **5.3 Anleitung Summerschool Präsenzformat**

# Blueprint zur Durchführung einer Summer School im Präsenzformat

## 1 Hintergrund des Projektes

Wir alle wissen, dass unsere heutige Wirtschaftsweise nicht geeignet ist, um allen Menschen heute oder gar zukünftigen Generationen eine lebenswerte Zukunft auf diesem Planeten zu sichern. Wir zerstören Lebensräume, verändern das Klima, rotten Arten aus, vergiften unsere Umwelt. All das trägt zum kurzfristigen Wohlstand Weniger bei, schädigt aber Viele.

Die Lage ist aber keinesfalls ausweglos, weil jede(r) aktiv werden kann. Junge Menschen besonders dadurch, dass sie im Rahmen ihrer zukünftigen beruflichen Tätigkeit einen Beitrag zu einer zukunftsfähigen Wirtschaft – einer Green Economy – leisten.

Um Wege in eine Green Economy zu finden, muss systemisch gedacht werden, um entscheidende Zusammenhänge zu erkennen, tradierte Muster zu verlassen und kluge Innovationen zu entwickeln. Gleichzeitig hilft es, sich von der Natur inspirieren zu lassen, in der keine begrenzten Ressourcen verschwendet und keine schädlichen Abfälle produziert werden.

Dieses systemische Denken in nachhaltigkeitsrelevanten Zusammenhängen zu entwickeln, dabei Natur als Lieferanten bemerkenswerter Lösungsstrategien zu erkennen und so jungen Menschen Lust auf das Lösen unserer gesellschaftlichen Herausforderungen zu machen, ist Ziel des DBU geförderten Projektes „**Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern**“.

Wir wenden uns dabei im Projekt an die Gruppe der 15- bis 25-Jährigen, denn wenn es uns gelingt, diese Erkenntnisse bereits während einer beruflichen Ausbildung zu vermitteln, dann starten gerade diese Menschen mit entsprechendem Mindset in den Arbeitsmarkt und können dort mit ihrem Beruf an der Transformation hin zu einer grüneren Wirtschaft mitwirken.

## 2 Summer School an Hochschulen

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Lehr- und Veranstaltungsformate für unterschiedliche Zielgruppen konzipiert. Ein Baustein sind einwöchige Summer Schools für Studierende (die nicht zwangsläufig im Sommer angeboten werden müssen). Wichtig ist eine möglichst interdisziplinäre Zusammensetzung der Teilnehmenden. Diese wird durch die gezielte Ansprache von Dozent\*innen und Studierender unterschiedlicher Fakultäten, bzw. die Einbindung von Universitäten und Hochschulen eines Standortes erreicht.

Definierte Outcome-Ziele sind dabei:

- Nachwuchskräfte sollen bereits in der Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen des systemischen Denkens vertraut gemacht werden.
- Es soll ein Verständnis bionischer Forschungs- und Entwicklungsarbeit vermittelt werden.
- Es soll ein Bewusstsein innerhalb der Zielgruppe für einen selbstverständlich nachhaltigen Umgang mit Ressourcen geweckt bzw. gestärkt werden.
- Die jungen Menschen sollen verstehen, wie sie selbst im Rahmen ihrer Berufswahl und -ausübung aktiv mitgestaltender Teil einer lebenswerten, nachhaltigen Zukunft werden können.

Bei der Umsetzung dieser Lehrziele hat sich das Thema „Plastik“ als Inhalt der Summer Schools bewährt. Die Plastikproblematik bewegt die Menschen, ist Teil der persönlichen Erfahrung, bietet zahlreiche Praxisbezüge und ist exemplarisch für die Komplexität von Nachhaltigkeitszusammenhängen. Alle Aspekte des Systemischen Denkens – es geht komplexe und nicht nur lineare Wirkung, um Systemgrenzen, um zeitliche und räumliche Auswirkungen und um Interdisziplinarität – lassen sich am Beispiel „Plastik“ gut veranschaulichen.

Neben fachlichem Input, Expert\*innengesprächen und Gruppendiskussionen, sollen gewonnene Erkenntnisse in die Bearbeitung einer Gruppenaufgabe münden, um die Teilnehmenden dazu zu bringen, Sachverhalte kritisch (und systemisch) zu betrachten, verschiedene Handlungsmöglichkeiten zu bewerten und durch interdisziplinäre Zusammenarbeit Perspektiven zu wechseln und Lösungen zu erarbeiten.

### 3 Möglicher Aufbau

Montag	Einführung „Das System Plastik“ Vorstellung Gruppenauftrag Cine and Dine	Team Teilnehmenden*innen
Dienstag	Thema 1 Recycling / Abfallwirtschaft Thema 2 Reduce / Reuse Gedankenraum 1 Gruppenarbeit	Externer Input / Team Externer Input / Team Team / Teilnehmenden Teilnehmenden
Mittwoch	Thema 3 Konsum / Psychologie Thema 4 Von der Natur lernen Gedankenraum 2	Externer Input / Team Externer Input / Team Team / Teilnehmenden

	Gruppenarbeit	Teilnehmenden
Donnerstag	Thema 5 Kreislaufwirtschaft	Externer Input / Team
	Thema 6 Tragedy of the Commons	Externer Input / Team
	Gedankenraum 3	Team / Teilnehmenden
	Gruppenarbeit	Teilnehmenden
Freitag	Präsentation Gruppenauftrag	Teilnehmenden*innen
	Reflexion, Feedback, Farewell	alle

Die Reihenfolge der Themen lässt sich variieren, auch in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit externer Referent\*innen.

## 4 Bausteine/Inhalte

### 4.1 Einführungsblock

Referent\*innen: Summer School Team; siehe hierzu Präsentationen

Dieser Baustein führt in den Inhalt der Veranstaltung ein. Es sollen Fakten vermittelt, aber auch die vielfältigen Einflussfaktoren und komplexen Zusammenhänge innerhalb eines umweltrelevanten Systems deutlich gemacht werden.

#### 4.1.1 Einführung Nachhaltigkeit

- Präsentation „Einführung Nachhaltigkeit“ (s. Anhang)

#### 4.1.2 Einführung Plastik

- Präsentation „Einführung Plastik“ (s. Anhang)

#### 4.1.3 Einführung in Systemisches Denken

- Präsentation „Einführung Systemisches Denken“ (s. Anhang)

Die Methode der Systembetrachtung wird erläutert und wesentliche Begriffe definiert. Es geht dabei nicht um eine umfassende Abhandlung der Systemtheorie, sondern darum, eine gemeinsame Basis für die Diskussionen innerhalb der Summer School zu schaffen. Am Beispiel von pflanzlichem Treibstoff (Biodiesel) wird deutlich gemacht, wie sich die Beurteilung einer Maßnahme durch die Definition eines Systems, seiner Elemente und seiner Systemgrenzen verändern kann.

#### 4.1.4 Zusammenführung: Die Systemlandkarte „Plastik“

- Gruppenarbeit

Alle Teilnehmenden werden gebeten, auf vier Karten Begriffe zu notieren, die ihnen zum Kernthema einfallen. Ein erster Teilnehmender hängt diese auf einer mit Packpapier versehenen Metaplanwand (in deren Mitte das Kernthema steht) auf. Eine nächste Teilnehmende ergänzt die Begriffe, (Moderation achtet auf passende Zuordnung /Gliederung /Systematisierung). Dann wird gefragt, wer andere Begriffe hat.

*Achtung: Die Begriffe sollten nacheinander gesammelt werden, damit nicht viel Zeit mit dem Aussortieren von Doppelnennungen verbraucht wird.*

In der nächsten Runde wird aufgefordert, an weitere Dinge zu denken (Moderation hakt an bestimmten Stellen nach), diese können in den Raum genannt, dann auf den Rückseiten nicht aufgehängter (weil doppelter) Karten notiert und an passender Stelle der Sammlung zugefügt werden. Beziehungen und Hierarchien der verschiedenen Begriffe untereinander können handschriftlich vermerkt werden (Pfeile, Markierungen etc.). So entsteht eine Art Systemkarte oder Mindmap des Kernthemas. Diese Systemkarte dient im Verlauf der Veranstaltung dazu, sich immer wieder klar zu machen, wo innerhalb des Kernthemas man sich mit einer Diskussion oder Betrachtung befindet, welche Dinge bei der Diskussion auch relevant sein könnten, wie diese Diskussion evtl. andere Teile des Systems beeinflusst, welche Disziplinen evtl. interessant einzubeziehen wären.

#### 4.1.5 Einführung Bionik – von der Natur lernen

Beim Thema Plastik bietet sich die Verwendung von Plastik als Verpackungsmaterial an, um in die Natur zu schauen und zu betrachten, wie die Natur die Funktion „Verpacken“ erfüllt und zu überlegen, welche Konzepte auf menschlichen Gebrauch übertragbar sind. Die Präsentation tut dies beispielhaft. Die Natur denkt und lebt in Systemen und Kreisläufen. Der untenstehende TED-Talk vermittelt dies eindrücklich und sollte im Anschluss gezeigt werden. Ein externer Input aus der Bionikpraxis kann diesen Inhalt ergänzen.

- Präsentation „Einführung Bionik“ (s.Anhang)
- Link zu TED-Talk „Biomimikry“ mit Zitatliste (in Präsentation „Bionik“)

#### 4.2 Externe Inputs

Die externen Inputs vertiefen das Thema Plastik und können Vorträge (live oder per Videozuschaltung) oder Vor-Ort-Besuche sein.

#### 4.3 Gruppenauftrag zum Kernthema mit Abschlusspräsentation

Die Teilnehmenden werden in vier möglichst interdisziplinäre Gruppen geteilt, in denen sie im Laufe der Woche einen Gruppenauftrag bearbeiten, deren Ergebnisse am Freitag präsentiert und diskutiert werden. Im Anschluss an die Einzelpräsentationen führt die Gruppe alle Beiträge im Sinne einer wahren Kreislaufwirtschaft zusammen. Die Moderation sammelt hierzu mit Teilnehmenden die wesentlichen Aspekte einer ganzheitlichen Lösung.

- Präsentation „Gruppenauftrag“ (s. Anhang)

#### 4.4 Gedankenraum

Dies sind kürzere Arbeitsaufträge in wechselnden Kleingruppen, um interdisziplinäre Arbeit und systemisches Denken zu praktizieren. Es werden „Was wäre, wenn...?“ Fragen formuliert, die in der Gruppe frei diskutiert werden sollen. Diskussionsverlauf und ggf. Ergebnisse werden dann dem Plenum vorgestellt und mit Moderation reflektiert. Es soll dabei insbesondere darum gehen, größere Zusammenhänge zu erkennen, neue Perspektiven einzunehmen, gewohnte Annahmen in Frage zu stellen und u.U. provokante, neue Idee und Ansichten zu vertreten.

- Zu Beispielen s. Anhang „Beispiele Gedankenraum“.

#### 4.5 Cine and Dine (Social Event am ersten Abend)

Oft sagen Bilder mehr als Worte. Auch zum Thema Nachhaltigkeit existiert ein breites Angebot filmischer Arbeiten zu verschiedenen Problembereichen, die einen Blick darauf werfen, was hinter den bloßen Zahlen und Fakten zu Umweltbelastungen, Konsumverhalten oder Wirtschaftsentwicklung stehen. Sie sind ein gutes Mittel, um auf Nachhaltigkeit allgemein oder das Kernthema im speziellen einzustimmen und die Teilnehmenden zu aktivieren.

Angesichts des engen Zeitplans hat es sich bewährt, hieraus einen Kinoabend mit Snacks, Getränken und anschließendem geselligem Beisammensein zu machen (idealerweise am ersten Abend).

#### 4.6 Werbung

Für die Bewerbung der Veranstaltungen wurden universitätsintern verschiedene Formate und Tools genutzt:

- Direkte, persönliche Anschreiben an alle Studiendekan\*innen mit der Bitte, interessierte Studierende auf die Veranstaltung aufmerksam zu machen
- Rundmail an alle Studierenden in der eigenen Fakultät
- Rundmail an alle Studierenden der Universität („Montagsmail“)
- Bewerbung auf der universitätseigenen Facebookseite

## 5 Dokumente/Infos/Materialien als Anhang

1. Ankündigung Postkarte/Poster
2. Präsentationen Einführungsmodule
3. Präsentation Gruppenauftrag
4. Beispiele Gedankenraum



## 5.4 Anleitung Summerschool Online-Format

# Blueprint zur Durchführung einer Summer School im Online-Format

## 1 Hintergrund des Projektes

Wir alle wissen, dass unsere heutige Wirtschaftsweise nicht geeignet ist, um allen Menschen heute oder gar zukünftigen Generationen eine lebenswerte Zukunft auf diesem Planeten zu sichern. Wir zerstören Lebensräume, verändern das Klima, rotten Arten aus, vergiften unsere Umwelt. All das trägt zum kurzfristigen Wohlstand Weniger bei, schädigt aber Viele.

Die Lage ist aber keinesfalls ausweglos, weil jede(r) aktiv werden kann. Junge Menschen besonders dadurch, dass sie im Rahmen ihrer zukünftigen beruflichen Tätigkeit einen Beitrag zu einer zukunftsfähigen Wirtschaft – einer Green Economy – leisten.

Um Wege in eine Green Economy zu finden, muss systemisch gedacht werden, um entscheidende Zusammenhänge zu erkennen, tradierte Muster zu verlassen und kluge Innovationen zu entwickeln. Gleichzeitig hilft es, sich von der Natur inspirieren zu lassen, in der keine begrenzten Ressourcen verschwendet und keine schädlichen Abfälle produziert werden.

Dieses systemische Denken in nachhaltigkeitsrelevanten Zusammenhängen zu entwickeln, dabei Natur als Lieferanten bemerkenswerter Lösungsstrategien zu erkennen und so jungen Menschen Lust auf das Lösen unserer gesellschaftlichen Herausforderungen zu machen, ist Ziel des DBU geförderten Projektes „**Systemisch denken – für neue Kompetenzen in der Berufsausbildung zur Entwicklung nachhaltiger Gebrauchsgüter nach bionischen Vorbildern**“.

Wir wenden uns dabei im Projekt an die Gruppe der 15- bis 25-Jährigen, denn wenn es uns gelingt, diese Erkenntnisse bereits während einer beruflichen Ausbildung zu vermitteln, dann starten gerade diese Menschen mit entsprechendem Mindset in den Arbeitsmarkt und können dort mit ihrem Beruf an der Transformation hin zu einer grüneren Wirtschaft mitwirken.

## 2 Summer School an Hochschulen

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Lehr- und Veranstaltungsformate für unterschiedliche Zielgruppen konzipiert. Ein Baustein sind Summer Schools für Studierende, die sowohl als einwöchige Präsenzveranstaltung (s. Dokument „blue-print-SumScho\_präsenz“) als auch im Online-Format über sechs Wochen angeboten werden. Wichtig ist eine möglichst interdisziplinäre Zusammensetzung der Teilnehmenden. Diese wird durch die gezielte Ansprache von Dozent\*innen und Studierender unterschiedlicher

Fakultäten, bzw. die Einbindung von Universitäten und Hochschulen eines Standortes erreicht.

Definierte Outcome-Ziele der Summer School sind dabei:

- Nachwuchskräfte sollen bereits in der Ausbildung mit fachübergreifenden Techniken und Arbeitsweisen des systemischen Denkens vertraut gemacht werden.
- Es soll ein Verständnis bionischer Forschungs- und Entwicklungsarbeit vermittelt werden.
- Es soll ein Bewusstsein innerhalb der Zielgruppe für einen selbstverständlich nachhaltigen Umgang mit Ressourcen geweckt bzw. gestärkt werden.
- Die jungen Menschen sollen verstehen, wie sie selbst im Rahmen ihrer Berufswahl und -ausübung aktiv mitgestaltender Teil einer lebenswerten, nachhaltigen Zukunft werden können.

Bei der Umsetzung dieser Lehrziele hat sich das Thema „Plastik“ als Inhalt der Summer Schools bewährt. Die Plastikproblematik bewegt die Menschen, ist Teil der persönlichen Erfahrung, bietet zahlreiche Praxisbezüge und ist exemplarisch für die Komplexität von Nachhaltigkeitszusammenhängen. Alle Aspekte des Systemischen Denkens – es geht komplexe und nicht nur lineare Wirkung, um Systemgrenzen, um zeitliche und räumliche Auswirkungen und um Interdisziplinarität – lassen sich am Beispiel „Plastik“ gut veranschaulichen.

Neben fachlichem Input, Expert\*innengesprächen und Gruppendiskussionen, sollen gewonnene Erkenntnisse in die Bearbeitung einer Gruppenaufgabe münden, um die Teilnehmenden dazu zu bringen, Sachverhalte kritisch (und systemisch) zu betrachten, verschiedene Handlungsmöglichkeiten zu bewerten und durch interdisziplinäre Zusammenarbeit Perspektiven zu wechseln und Lösungen zu erarbeiten.

### 3 Möglicher Aufbau

Die ersten fünf Programmwochen sind jeweils einem Schwerpunkt gewidmet, die letzte Woche dient vornehmlich der Vorbereitung und Präsentation des Gruppenauftrags. Innerhalb der Wochen hat sich eine Kombination aus 2 Live-Konferenzen, selbstorganisierten Gruppenarbeiten und individueller Einzelarbeit bewährt. Ein kurzer Begrüßungsfilm auf dem verwendeten Online-Tool führt jeweils in Themen und Organisatorisches der Woche ein.

## Schema Wochen-Ablauf Plastik Summer School

montags	Wochenintro: Kurzfilm zu Thema und Ablauf der Woche Unterlagen für die Woche freischalten	Online-Tool
dienstags	Live Chat mit Gast	Zoom-Konferenz alle + Gast
mittwochs	Live Hang-out <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion Gastbeitrag</li> <li>• Gedankenraum / 1. Einzelauftrag</li> <li>• Allgemeines</li> </ul> Freischaltung Online-Test	Zoom-Konferenz alle
donnerstags	Gruppenarbeit 2. Einzelauftrag	selbstorganisiert
freitags	Gruppenarbeit 2. Einzelauftrag	selbstorganisiert

## Ablauf Themen Plastik Summer School

1. Woche	Begrüßung, Organisatorisches, Basiswissen „Das System Plastik“ Einführungen „Nachhaltigkeit“ Einführung „Plastik“ Einführung „Systemisches Denken“ Systemlandkarte Plastik Vorstellung Gruppenauftrag	Live-Konferenz Präsentationen Materialliste Arbeitsaufträge
2. Woche	Fokusthema: Recycling Deep-Dive: Planetary Boundaries	Gastbeitrag, Live Hang-out, Materialliste, Arbeitsaufträge, Online-test
3. Woche	Fokusthema: Konsum/Psychologie Deep-Dive: Kognitive Dissonanz	Gastbeitrag, Live Hang-out, Materialliste,

		Arbeitsaufträge, Online-test
4. Woche	Fokusthema: Meeresmüll Deep-Dive: Tragedy of Commons	Gastbeitrag, Live Hang-out, Materialliste, Arbeitsaufträge, Online-test
5. Woche	Fokusthema: Kreislaufwirtschaft Deep-Dive: Bionik – Von der Natur lernen	Gastbeitrag, Live Hang-out, Materialliste, Arbeitsaufträge, Online-test
6. Woche	Präsentation Reflexion, Feedback, Farewell	

Die Reihenfolge der Themen lässt sich variieren, auch in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit externer Referent\*innen.

## 4 Bausteine/Inhalte

### 4.1 Einführungsblock

Referent\*innen: Summer School Team; siehe hierzu Präsentationen

Dieser Baustein führt in den Inhalt der Veranstaltung ein. Es sollen Fakten vermittelt, aber auch die vielfältigen Einflussfaktoren und komplexen Zusammenhänge innerhalb eines umweltrelevanten Systems deutlich gemacht werden.

#### 4.1.1 Einführung Nachhaltigkeit

- Präsentation 1 (s. Anhang)

#### 4.1.2 Einführung „Plastik“

- (für Thema Plastik s. Präsentation Plastik im Anhang)

#### 4.1.3 Einführung in Systemisches Denken

- Präsentation 2 (s. Anhang)

Die Methode der Systembetrachtung wird erläutert und wesentliche Begriffe definiert. Es geht dabei nicht um eine umfassende Abhandlung der Systemtheorie, sondern darum, eine gemeinsame Basis für die Diskussionen innerhalb der Summer School zu schaffen. Am Beispiel von pflanzlichem Treibstoff (Biodiesel) wird deutlich gemacht, wie sich die Beurteilung einer Maßnahme durch die Definition eines Systems, seiner Elemente und seiner Systemgrenzen verändern kann.

#### 4.1.4 Zusammenführung: Systemlandkarte „Plastik“

- Einzelauftrag (s. Anhang)

Alle Teilnehmenden werden gebeten, auf Basis der Einführungsinformationen individuell eine Systemlandkarte zum Thema „Plastik“ zu erstellen und bis Ende der Woche im Online-Tool hochzuladen. Die Beiträge stehen allen Teilnehmern zur Ansicht und können im nächsten Live Hangout kommentiert werden. Sie dienen dazu, die Komplexität des Themas zu visualisieren und deutlich zu machen, dass jeder eine andere Wahrnehmung und einen anderen Blickwinkel auf das Thema hat.

#### 4.2 Gruppenauftrag

Die Teilnehmenden werden in vier möglichst interdisziplinäre Gruppen geteilt, in denen sie im Laufe der Woche einen Gruppenauftrag bearbeiten, deren Ergebnisse in der letzten Woche präsentiert und diskutiert werden. Im Anschluss an die Einzelpräsentationen führt die Gruppe alle Beiträge im Sinne einer wahren Kreislaufwirtschaft zusammen. Die Moderation sammelt hierzu mit Teilnehmenden die wesentlichen Aspekte einer ganzheitlichen Lösung.

(s. Chart Zusammenfassung Gruppenarbeit)

#### 4.3 Gastbeiträge

Regelmäßige Beiträge externer Referent\*innen vertiefen das Thema in Online-Konferenzen.

#### 4.4 Live Hang-out

Moderierte Online-Konferenz zur gemeinsamen Reflexion der externen Beiträge, zur Diskussion von Gedankenräumen und Arbeitsaufträgen und für Allgemeines. Je nach Thema sind aus Erfahrung 1,5 bis 2 Stunden sinnvoll.

#### 4.5 Gedankenraum

- (Arbeit individuell, anschließend moderierte Diskussion im Live Hang-out)

Dies sind kürzere Gedankenexperimente, um interdisziplinäre Arbeit und systemisches Denken zu praktizieren. Es werden „Was wäre, wenn...?“ Fragen formuliert, die zunächst individuell reflektiert und dann in der Gruppe frei diskutiert werden sollen. Es soll dabei insbesondere darum gehen, größere Zusammenhänge zu erkennen, neue Perspektiven einzunehmen, gewohnte Annahmen in Frage zu stellen und u.U. provokante, neue Idee und Ansichten zu vertreten.

- Zu Beispielen s. Anhang „Beispiele Gedankenraum“.

## 4.6 Arbeitsaufträge

Hier werden Aufgaben/Fragen zum Wochenthema gestellt, die von den Teilnehmenden individuell bis zum Live Hang-out der nächsten Woche zu bearbeiten sind und die Verarbeitung und Auseinandersetzung mit den zur Verfügung gestellten Materialien und Inputs widerspiegeln sollen. Die Vorstellung einzelner Ergebnisse im Live Hang-out bietet Raum für gemeinsame Diskussion des Themas.

## 4.7 Materialliste

Zu jedem Wochenthema wird eine Materialliste mit obligatorischer und optionaler weiterführender Literatur (Artikel, Filme, TED-Talks, Links etc.) erstellt.

## 4.8 Online-Test

Um eine gewisse Selbstüberprüfung des Erlernten zu ermöglichen, wird jede Woche ein Online-Test mit ca. 10 Sachfragen zum Wochenthema im Online-Tool geschaltet.

# 5 Kommunikation

Für die Bewerbung der Veranstaltungen wurden universitätsintern verschiedene Formate und Tools genutzt:

- Direkte, persönliche Anschreiben an alle Studiendekan\*innen mit der Bitte, interessierte Studierende auf die Veranstaltung aufmerksam zu machen
- Rundmail an alle Studierenden in der eigenen Fakultät
- Rundmail an alle Studierenden der Universität („Montagsmail“)
- Bewerbung auf der universitätseigenen Facebookseite

# 6 Dokumente/Infos/Materialien als Anhang

1. Ankündigung Postkarte/Poster zur Bereitstellung auf Webseiten und Versand per Mail
2. Präsentationen Einführungsmodule
3. Präsentation Gruppenauftrag
4. Materiallisten
5. Beispiele Gedankenraum
6. Beispiele Einzelaufträge



## **5.5 Evaluation: Fragebogen**

Die entwickelten Fragebögen für die (i) Unterrichtseinheiten an Berufsschulen und (ii) für die Projektwochen bzw. die Summer Schools finden sich auf den folgenden Seiten. BIODON und GEA stellen diese auf Anfrage zur Nutzung durch Dritte zur Verfügung.

## Befragung zur Unterrichtseinheit

Thema der Unterrichtseinheit: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

**Liebe Schülerin, lieber Schüler,**

um interessante Unterrichtseinheiten entwickeln zu können, brauchen wir **dein Feedback**. Dies dauert nur **etwa 5 Minuten**.

Die Beantwortung der Fragen ist freiwillig. Dir entstehen also keine Nachteile, wenn du den Fragebogen nicht ausfüllst. Uns interessiert deine persönliche Meinung, es gibt keine richtigen oder falschen Antworten!

Die Daten werden ausschließlich im Rahmen des Projekts und zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet und zur Auswertung lediglich an die e-fect eG weitergegeben.

### 1. Bitte beantworte nun die folgenden Fragen.

<i>Bitte <b>kreuze</b> an, wie sehr Du den jeweiligen Aussagen zustimmst.</i>	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht	wusste ich schon
Durch die Unterrichtseinheit verstehe ich nun besser, wie wir unsere Art des Wirtschaftens und Produzierens verändern können, um Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung zu verringern.	<input type="checkbox"/>							
Durch die Unterrichtseinheit weiß ich jetzt sehr gut, wie wichtig systemisches Denken (in vielfältigen Zusammenhängen Denken) ist, um nachhaltige Produkte zu entwickeln und Lösungen für Umweltprobleme zu finden.	<input type="checkbox"/>							
Die Bionik-Beispiele haben mir besonders geholfen, zu verstehen, welche Auswirkungen Produkte auf unsere Umwelt haben.	<input type="checkbox"/>							
Die Unterrichtseinheit hat mich davon überzeugt, dass eine nachhaltige Wirtschaft qualitativ bessere Produkte hervorbringen kann.	<input type="checkbox"/>							

### 2. Was war für dich das Wichtigste, das du während der Unterrichtseinheit gelernt hast?

---



---



---

### 3. Hast du Anmerkungen oder Verbesserungsvorschläge zur Unterrichtseinheit?

---



---



---

**Geschafft!**

**Vielen Dank für deine Unterstützung!**

# Befragung zu den Projekttagen

**Liebe Schülerin, lieber Schüler,**

vielen Dank, dass du unseren Fragebogen ausfüllst. Wir sind an deiner persönlichen Meinung zu den Themen der Projekttag und deinem Feedback interessiert um die Projekttag zu verbessern. Das Beantworten dauert **etwa 10 Minuten**.

Die Beantwortung der Fragen ist freiwillig. Du hast also keine Nachteile, wenn du nicht antwortest. Es gibt es keine richtigen oder falschen Antworten.

## 1 Nachhaltigkeit

*Bitte lies dir zunächst gut die folgende Definition durch, bevor du die ersten Fragen beantwortest.*

### Was ist Nachhaltigkeit?

Nachhaltig bedeutet im weitesten Sinne ökologisch, sozial und wirtschaftlich dauerhaft verkraftbar.

Ein Produkt ist also nachhaltig, wenn es

- die Umwelt schont,
- die Gesundheit und Rechte aller Menschen achtet,
- den an der Herstellung beteiligten Menschen ein dauerhaftes und faires Einkommen ermöglicht.

<i>Bitte <b>kreuze</b> an, wie sehr du den Aussagen jeweils zustimmst.</i>	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht	wusste ich schon
<b>1.1</b> Durch die Projekttag habe ich erkannt, dass wir viele verschiedene Perspektiven einbeziehen müssen, wenn wir nachhaltige Produkte entwickeln.	<input type="checkbox"/>							
<b>1.2</b> Durch die Projekttag verstehe ich nun besser, wie wir unsere Art des Wirtschaftens und Produzierens verändern können, um Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung zu verringern.	<input type="checkbox"/>							
<b>1.3</b> Ich kann sehr gut verschiedene Perspektiven (Ökologie, Wirtschaft, Soziales, Global-Lokal) einnehmen, um Umweltprobleme zu verstehen.	<input type="checkbox"/>							

## 2 Systeme

*Bitte lies dir nun die folgende Definition durch, bevor du die nächste Frage beantwortest.*

### Was sind Systeme?

Ein System besteht aus mehreren Elementen, die miteinander in Wechselwirkung stehen, z. B. in einem ökologischen System sind Pflanzen Nahrung für Tiere. Tiere werden ihrerseits von anderen Tiere gefressen. Pflanzenreste und tote Tiere werden von Pilzen, Insekten und Bakterien zersetzt und bilden Nahrung für neue Pflanzen. Wenn nun ein Pflanzenschutzmittel als Nebenwirkung viele Lebewesen tötet, können Zersetzungsprozesse so beeinflusst werden, dass weniger Nährstoffe für Pflanzenwachstum und damit weniger Nahrung für Tiere zur Verfügung stehen.

<i>Bitte <b>kreuze</b> an, wie sehr du der Aussage zustimmst.</i>	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht
<b>2.1</b> Es fällt mir sehr leicht, Systeme, einzelne Systemelemente und ihre Beziehungen zueinander zu erkennen.	<input type="checkbox"/>						

### 3 Systemisches Denken

Bitte lies dir nun die folgende Definition durch, bevor du die nächsten Fragen beantwortest.

#### Was ist Systemisches Denken?

Systemisches Denken versucht, die vielfältigen Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems zu betrachten, anstatt nur einzelne Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu untersuchen. Auf diese Weise können wir genauer einschätzen, welche vielseitigen Folgen ein Ereignis haben kann, um entsprechend gezielte Eingriffe zu planen.

Bitte <b>kreuze an</b> , wie sehr du den Aussagen jeweils zustimmst.	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht	wusste ich schon
<b>3.1</b> Durch die Projektstage weiß ich jetzt sehr gut, wie wichtig systemisches Denken (in vielfältigen Zusammenhängen Denken) ist, um nachhaltige Produkte zu entwickeln und Lösungen für Umweltprobleme zu finden.	<input type="checkbox"/>							
<b>3.2</b> Die Bionik-Beispiele haben mir besonders geholfen, zu verstehen, welche Auswirkungen Produkte auf unsere Umwelt haben.	<input type="checkbox"/>							

### 4 Zu den Themen der Projektstage

Bitte <b>kreuze an</b> , wie sehr du den Aussagen jeweils zustimmst.	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht	war ich schon
<b>4.1</b> Die Projektstage haben mich davon überzeugt, dass eine nachhaltige Wirtschaft qualitativ bessere Produkte hervorbringen kann.	<input type="checkbox"/>							
<b>4.2</b> Nachhaltigkeit bedeutet immer Verzicht, der die Lebensqualität verringert.	<input type="checkbox"/>							
<b>4.3</b> Technische Innovationen wie neue Recyclingmethoden, Elektroautos, energiesparende Geräte für Zuhause oder günstige Bio-Produkte im Supermarkt sind ausreichend für eine nachhaltige Zukunft.	<input type="checkbox"/>							

### 5 Wirtschaft und Umwelt

Bitte <b>kreuze an</b> , wie sehr du den Aussagen jeweils zustimmst.	stimme überhaupt nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme voll und ganz zu	weiß nicht
<b>5.2</b> Ich vertraue auf die Kräfte des freien Marktes. Der Markt wird dafür sorgen, dass sich verändert, was sich verändern muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>5.3</b> Wir können unsere Umweltprobleme nur dadurch lösen, dass wir unsere Wirtschafts- und Lebensweise grundlegend umgestalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6 Zukunft gestalten

Bitte **kreuze an**,  
wie sehr du den Aussagen jeweils zustimmst.

	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht	war schon vorher sehr überzeugt
<b>6.1</b> Durch die Projektstage bin ich stärker überzeugt, dass wir junge Menschen gemeinsam eine nachhaltige, lebenswerte Zukunft verwirklichen können.	<input type="checkbox"/>							
<b>6.2</b> Durch die Projektstage ist es für mich wichtiger geworden, mit meiner (angestrebten) Berufstätigkeit zu einer nachhaltigen Wirtschaft beizutragen.	<input type="checkbox"/>							

## 7 Handlungsbereitschaft

Menschen sind unterschiedlich stark bereit, selber etwas für Nachhaltigkeit zu tun.

Gib bitte an, inwieweit Du zu den folgenden Handlungen bereit bist.

Durch die Projektstage bin ich nun eher bereit, ...	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht	war ich schon vorher
<b>7.1</b> ... mehr Geld für nachhaltige Produkte auszugeben.	<input type="checkbox"/>							
<b>7.2</b> ... weniger Dinge zu kaufen, die ich nicht wirklich brauche.	<input type="checkbox"/>							
<b>7.3</b> ... die Verwendung von Plastik zu reduzieren.	<input type="checkbox"/>							

## 8 Rückmeldung zu den Projekttagen

**8.1** Was war für dich das Wichtigste, das du während der Projektstage gelernt hast? Beschreibe bitte kurz:

---



---



---



---

**8.2** Hast du Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge zu den Projekttagen?

---



---



---



---



---

## 9 Zeitreise zurück: Wie war es vor den Projekttagen?

<b>Stell dir vor, du hast <u>nicht</u> an den Projekttagen teilgenommen.</b>  <i>Wie hättest du dann geantwortet?</i>	<b>Vor den Projekttagen</b> hätte ich jeweils so geantwortet:						
	stimmt gar nicht	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt	stimmt genau	weiß nicht
<b>10.1</b> Ich kann sehr gut verschiedene Perspektiven (Ökologie, Wirtschaft, Soziales, Global-Lokal) einnehmen, um Umweltprobleme zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>10.2</b> Es fällt mir sehr leicht, Systeme, einzelne Systemelemente und ihre Beziehungen zueinander zu erkennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>10.3</b> Nachhaltigkeit bedeutet immer Verzicht, der die Lebensqualität verringert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>10.4</b> Technische Innovationen wie neue Recyclingmethoden, Elektroautos, energiesparende Geräte für Zuhause oder günstige Bio-Produkte im Supermarkt sind ausreichend für eine nachhaltige Zukunft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

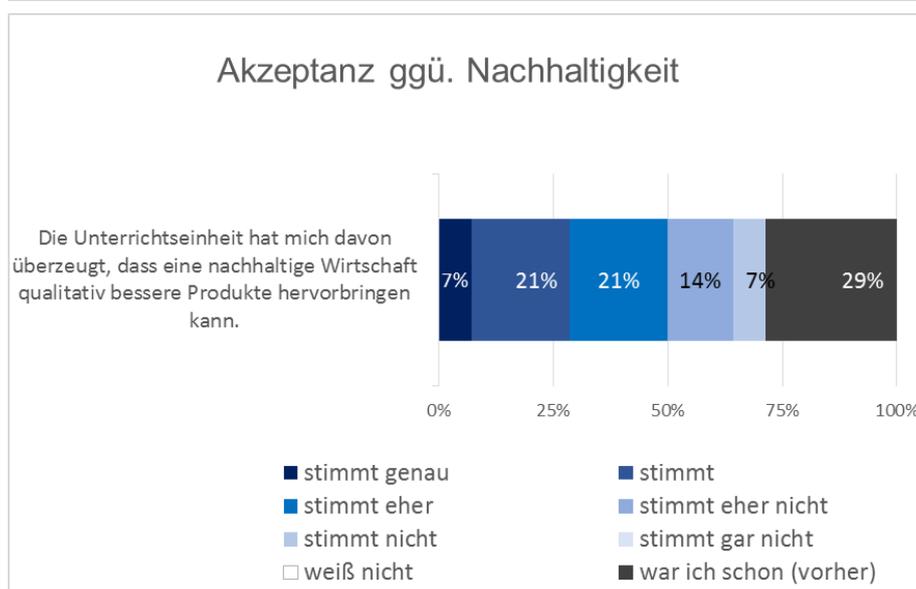
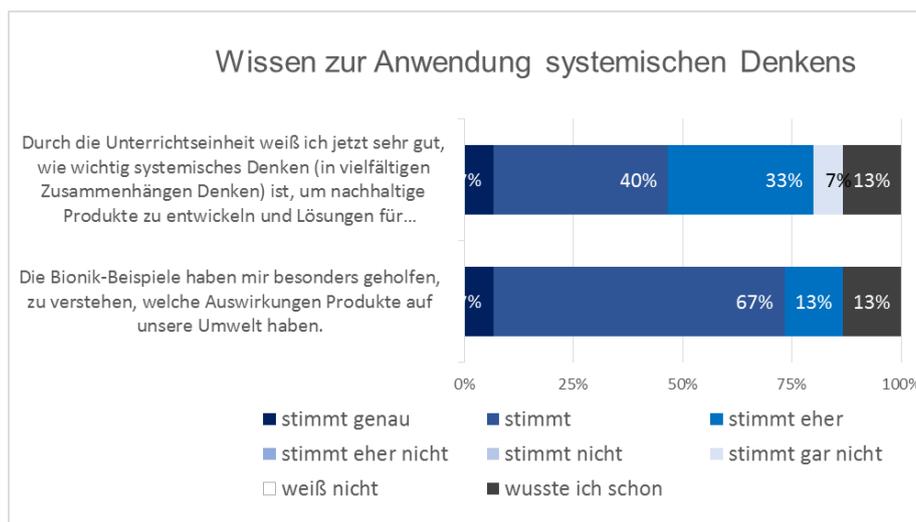
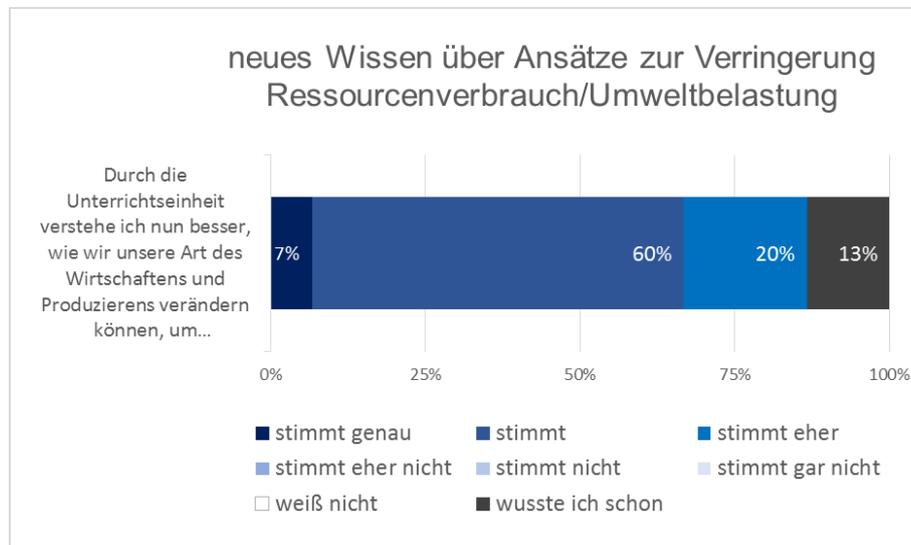
**Geschafft!**

**Vielen Dank für deine Unterstützung!**



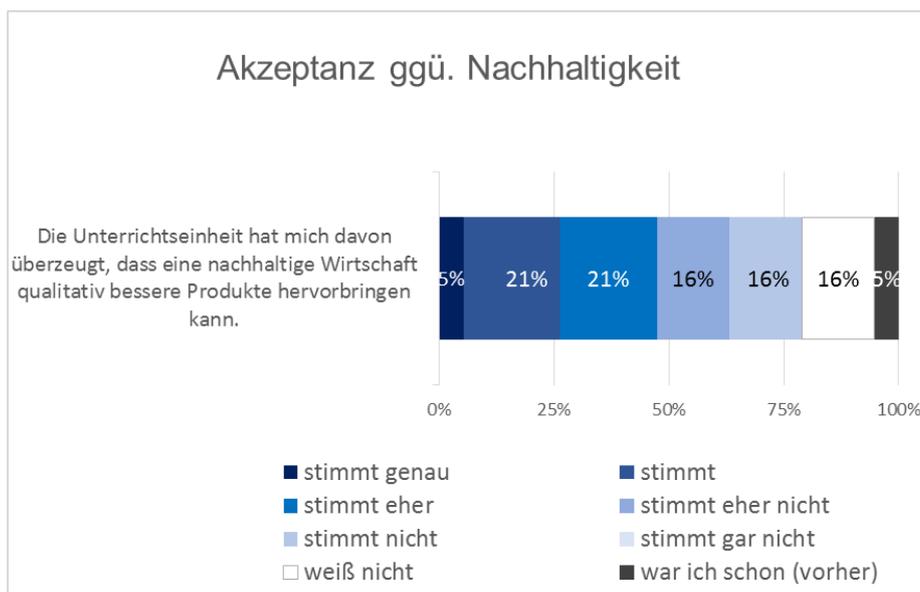
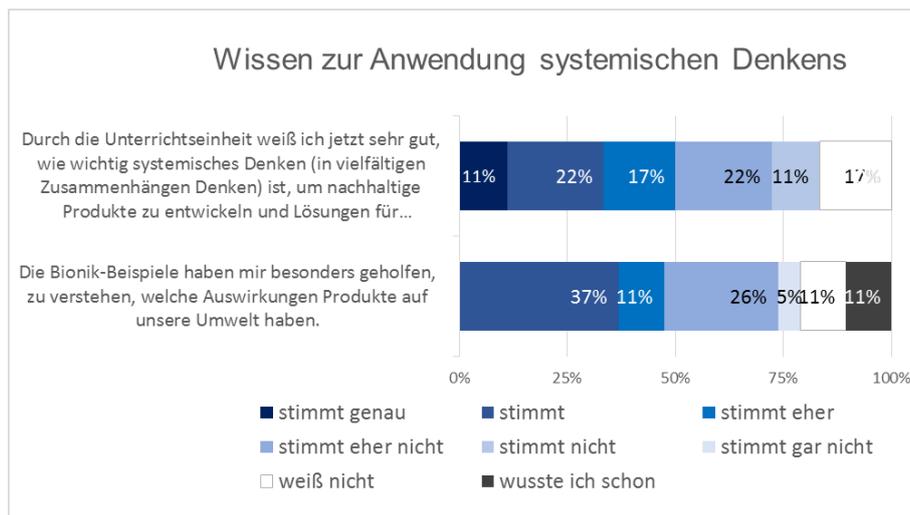
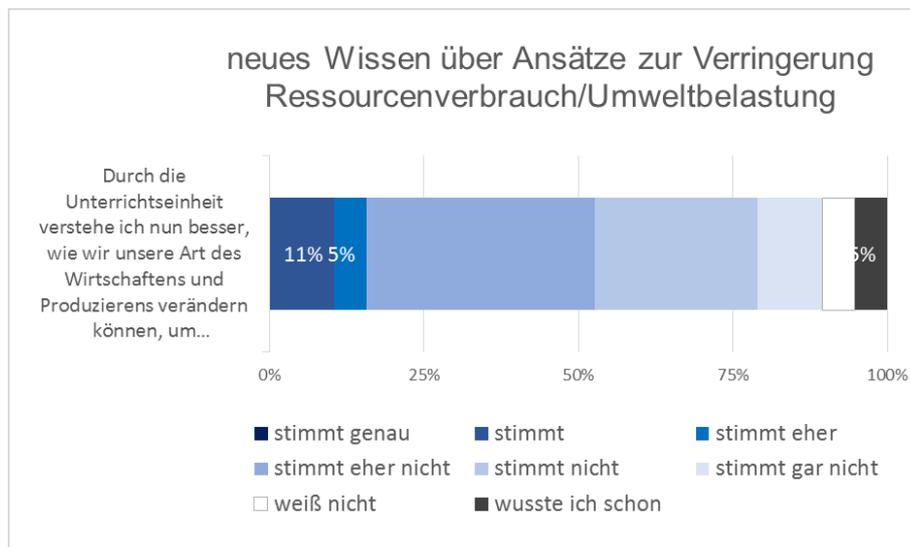
## 5.6 Evaluation der Unterrichtseinheiten

### UE 1: Bionik und Nachhaltigkeit



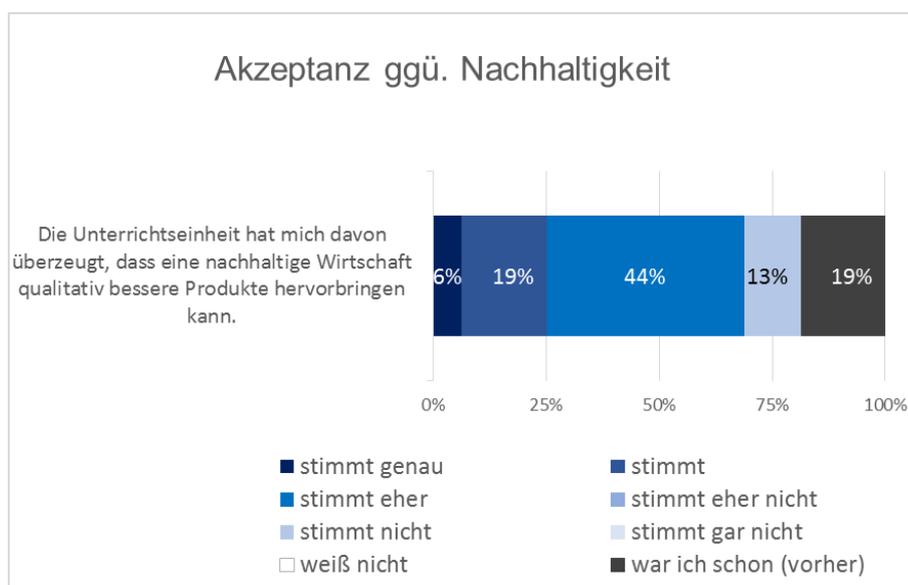
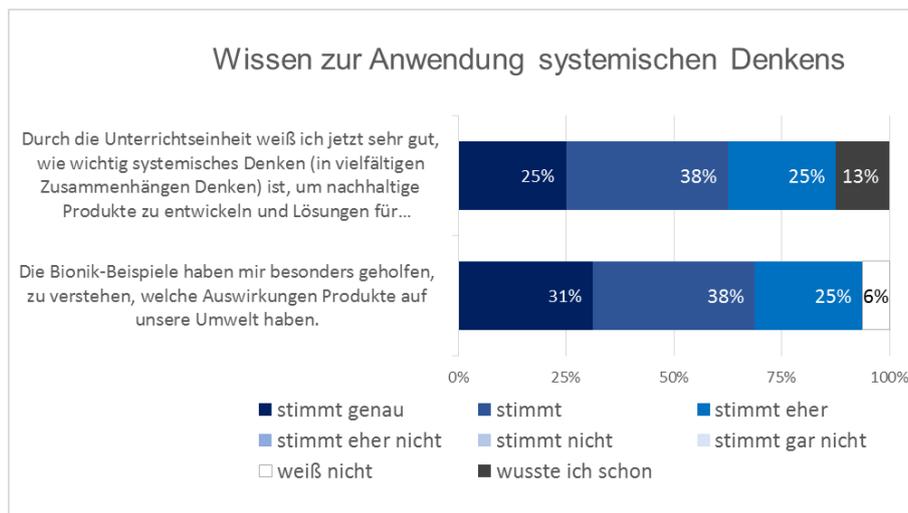


### UE 3: Prothetik und Ethik 1: Wie Prothesen die Teilhabe am (Arbeits-) Leben ermöglichen





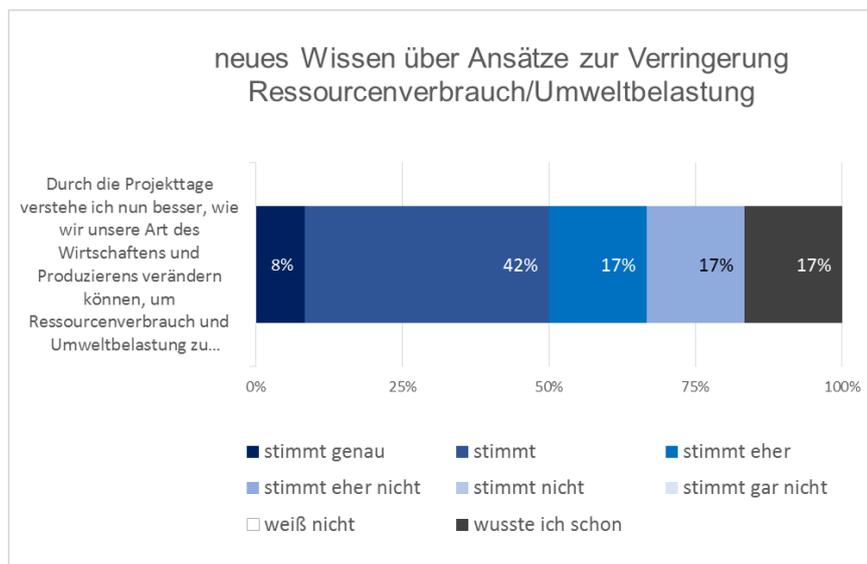
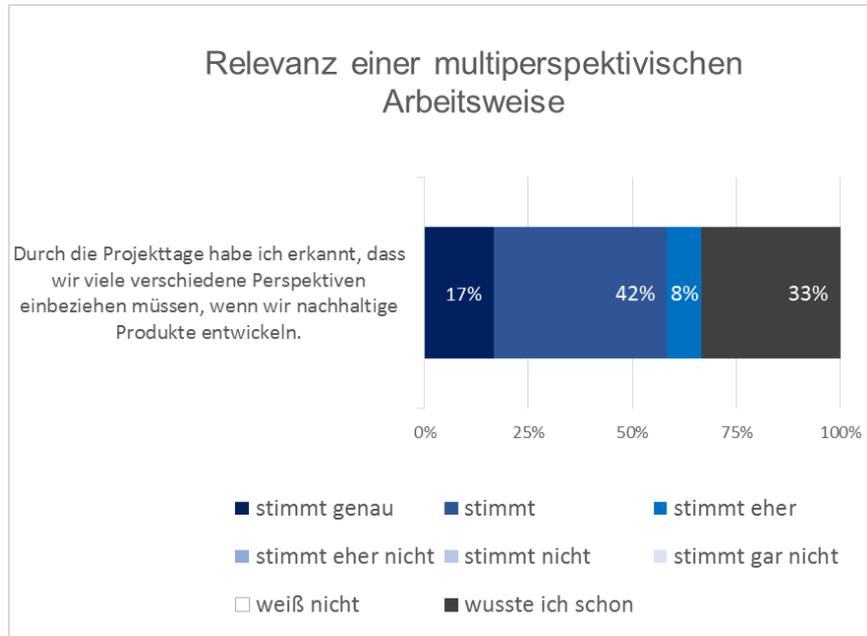
## UE 6: Wie Bioniker\*innen Gebrauchsgegenstände besser und nachhaltiger machen

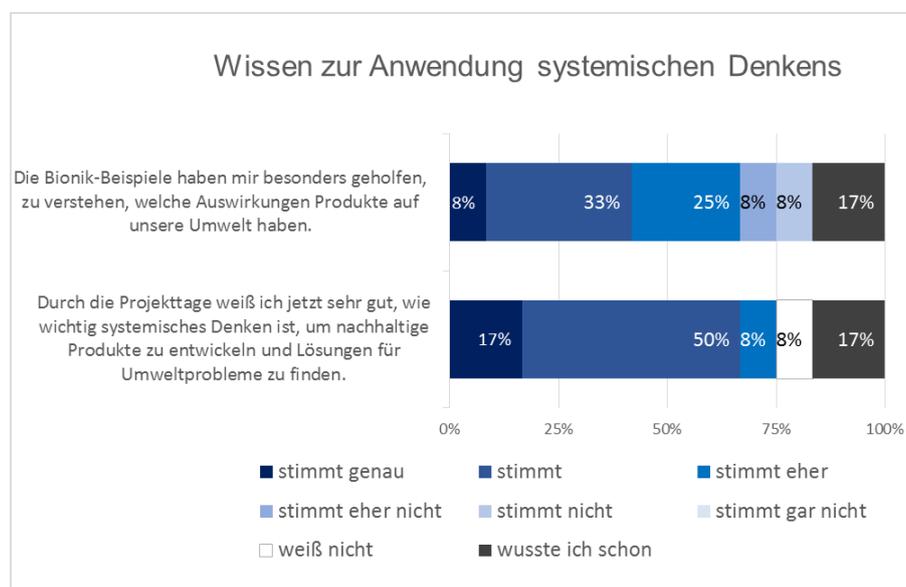
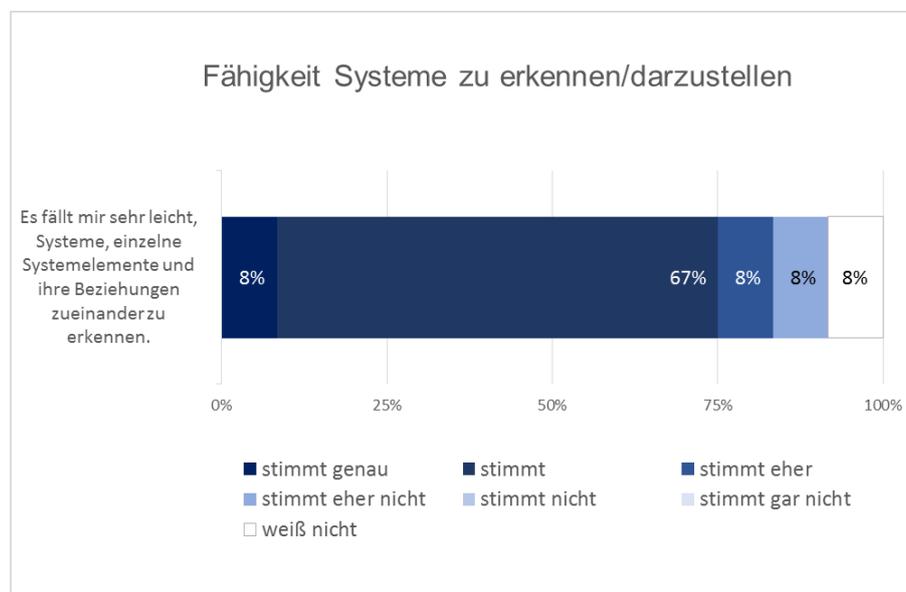
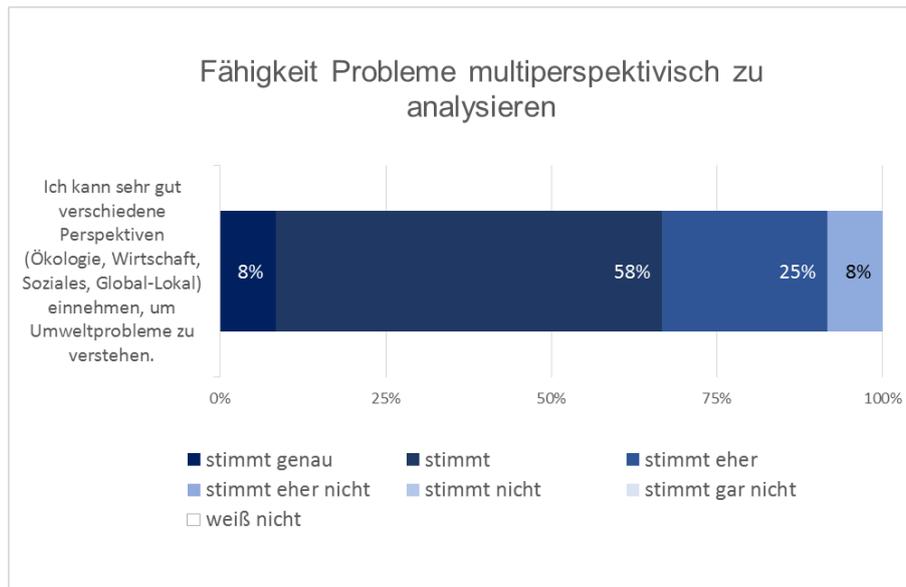




## 5.7 Evaluation der Projektwoche

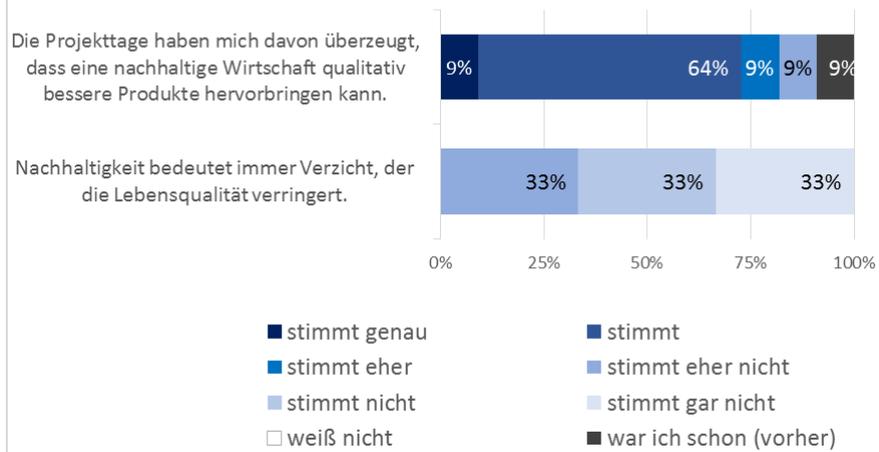
### Ergebnisse – geschlossene Fragen



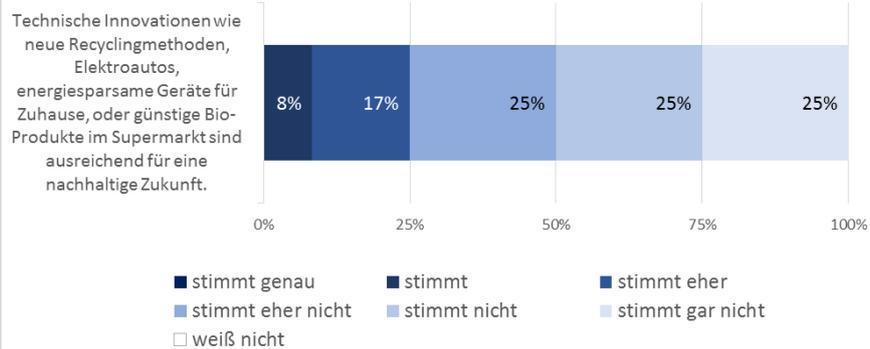




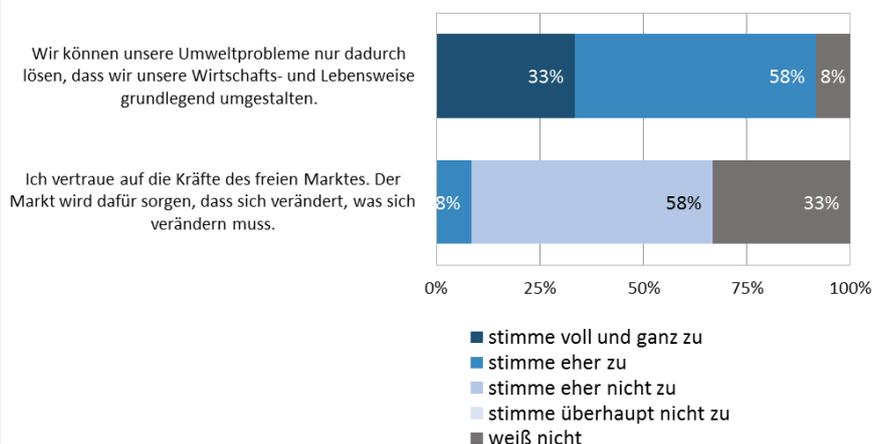
## (veränderte) Akzeptanz ggü. Nachhaltigkeit



## Bewusstsein für starke Nachhaltigkeit



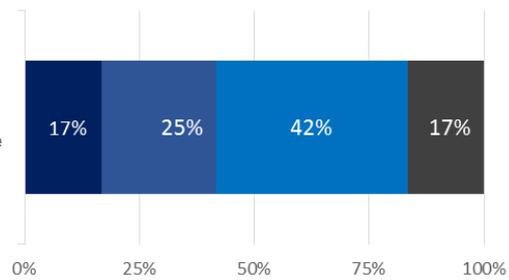
## Einstellung zum sozial-ökologischen Wandel





## Veränderung Kollektive Selbstwirksamkeit

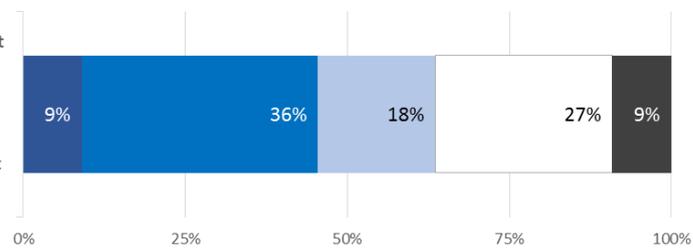
Durch die Projektstage bin ich stärker überzeugt, dass wir junge Menschen gemeinsam eine nachhaltige, lebenswerte Zukunft verwirklichen können.



- stimmt genau
- stimmt
- stimmt eher
- stimmt eher nicht

## Intention durch Beruf zu nachhaltiger Wirtschaft beizutragen

Durch die Projektstage ist es für mich wichtiger geworden, mit meiner (angestrebten) Berufstätigkeit zu einer nachhaltigen Wirtschaft beizutragen.



- stimmt genau
- stimmt
- stimmt eher
- stimmt eher nicht
- stimmt nicht



## Ergebnisse CSEPP-Methode

