

„Die läuft ja cool!“

Kinder in einer Unterrichtsreihe zum Thema Stabschrecken für Insekten und Bionik begeistern

M. Beudels, B. Behm und A. Preisfeld

Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Zoologie und Didaktik der Biologie,
Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal, melanie.beudels@uni-wuppertal.de

Das Arbeiten mit lebenden Stabschrecken im Sachunterricht der Grundschule bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, sich intensiv mit Eigenschaften von Insekten auseinanderzusetzen. Mithilfe dieser Tiere kann zugleich das Prinzip bionischer Erfindungen verdeutlicht und somit dem vielperspektivischen Charakter des Sachunterrichts entsprochen werden. In diesem Beitrag werden neben der Nennung des Anlasses und der Ziele, einer Kurzdarstellung des benötigten Fachwissens zum Thema Insekten und Bionik ausführliche Informationen und Tipps zur achtstündigen Unterrichtsreihe gegeben.

Stichwörter: Arbeiten mit lebenden Tieren, Bionik, Insekten, Stabschrecken, vielperspektivischer Sachunterricht

1 Einleitung

Die Veröffentlichung von Studien wie die des Entomologischen Vereins Krefeld (Hallmann et al. 2017) oder einer Forschergruppe der TU München (Seibold et al. 2019) hat dazu geführt, dass auch die Medien verstärkt über das Thema „Insektensterben“ berichten. Politik und Bevölkerung diskutieren vermehrt darüber, wie Insekten geschützt werden können. Denn als Bestäuber von Pflanzen, Nahrungsquelle für viele Lebewesen oder als Destruenten sind sie unverzichtbar für die Ökosysteme der Erde (Segerer & Rosenkranz 2018; Storch & Welsch 2014).

Auf der anderen Seite gelten Insekten oft – auch schon bei Kindern im Grundschulalter – als „lästige Plagegeister“, man denke nur an Wespen oder Mücken. Fast jeder kennt Menschen unterschiedlichen Alters, die Angst oder Ekel verspüren, wenn sie Insekten begegnen. Dabei gibt es Unterschiede zwischen Stadt- und Landmenschen. Kinder auf dem Land haben zumeist mehr Kontakt mit Insekten und sehen sie daher als selbstverständlicher an (Gebhard 2013). Im Alltag bietet sich generell selten die Gelegenheit, Insekten ausgiebig und in Ruhe zu studieren, da sie aufgrund ihrer Größe und Aktivität meist schwer zu beobachten sind.

Mit der hier vorgestellten Unterrichtsreihe möchten wir einen Beitrag dazu leisten, Kinder so früh wie möglich für Insekten zu begeistern sowie Angst- und/oder Ekelgefühle – falls vorhanden – zu reduzieren. Gleichzeitig soll dabei aber auch Fachwissen aufgebaut werden, um der Verfestigung von Fehlvorstellungen, z.B. dass Spinnen Insekten seien, entgegenzuwirken. Der fachliche

Schwerpunkt wird daher auf der Morphologie von Insekten und den damit verbundenen Eigenschaften liegen.

Die Erreichung dieser Ziele wird durch eine ausgiebige Originalbegegnung mit Stabschrecken der pflegeleichten Art *Ramulus artemis* (Westwood, 1859) gewährleistet, welche allein durch ihre Körpergröße dazu prädestiniert sind, typische Merkmale von Insekten detailliert zu studieren. Die Wahl dieses Klassentieres wird in Kapitel 3 weitergehend begründet. Es lassen sich durch die Arbeit mit den Tieren auch viele verschiedene Arbeitsweisen des Sachunterrichts trainieren, die der Erkenntnisgewinnung und dem Aufbau methodischer sowie fachlicher Kompetenzen dienen (vgl. Kapitel 3).

Charakteristisch für den Sachunterricht in der Grundschule ist seine Vielperspektivität. Diese bietet Raum für unterschiedlichste Sicht- und Denkweisen und eröffnet somit sowohl den Lehrkräften als auch den Schülerinnen und Schülern Freiheiten im Umgang mit den Lerninhalten (GDSU 2013; Köhnlein et al. 1999). In der Unterrichtsreihe wird die Beobachtung der Stabschrecken genutzt, um zu verdeutlichen, wie Erkenntnisse aus der Biologie Anwendung in der Technik finden und bisher gefunden haben. Die Lernenden werden dadurch mit einem Prinzip des „technischen Problemlösens“ bekannt gemacht und können über Bedeutung und Wirkung bionischer Erfindungen diskutieren.

Die Beschäftigung mit technischen Erfindungen anhand von Vorbildern aus der Natur dient nicht primär der Erreichung der oben genannten Ziele. Vielmehr steckt die Idee dahinter, in der Grundschule sowohl bei Jungen als auch besonders bei Mädchen den Grundstein für ein lebenslanges Interesse an MINT-Thematiken zu legen. Denn nach wie vor gilt es, dem Fachkräftemangel in bestimmten MINT-Bereichen entgegenzuwirken und auch Frauen u.a. für technische Berufe zu gewinnen (vgl. u.a. Bundesagentur für Arbeit 2019).

2 Fachwissenschaftlicher Hintergrund

2.1 Insekten

Insekten, die neben den Krebstieren, Tausendfüßern und Kieferklauenträgern (Spinnentiere gehören dazu) den Gliederfüßern (Arthropoda) zugeordnet werden, bilden die artenreichste Klasse im Tierreich. Sie machen mit bisher rund einer Million beschriebenen Arten zwei Drittel aller höheren Lebewesen aus und bevölkern – mit Ausnahme der Ozeane – alle Lebensräume der Erde. Dies wird durch unterschiedlichste Lebensweisen und entsprechende Anpassungen des Körpers ermöglicht. Es wird davon ausgegangen, dass besonders in den Tropen noch Millionen Arten unentdeckt sind (Storch & Welsch 2014; Segerer & Rosenkranz 2018).

Die hier näher betrachteten Stabschrecken gehören zu den Fluginsekten (Pterygota). Dieser Gruppe werden neben der Ordnung der Gespenstschrecken, zu der die Stabschrecken gehören,

zahlreiche weitere Ordnungen mit vielen bekannten Insekten zugeordnet: Fliegen und Mücken beispielsweise sind Zweiflügler (Diptera) und Bienen, Wespen sowie Ameisen sind Hautflügler (Hymenoptera). Die Ordnung der Käfer (Coleoptera) stellt jene mit den meisten beschriebenen Arten dar, gefolgt von der Ordnung der Schmetterlinge (Lepidoptera), zu denen auch Motten gehören (Wehner & Gehring 2007).

Morphologie der Insekten

Trotz zahlreicher Abwandlungen, die je nach Lebensraum und -weise vorhanden sind, stimmen alle Insekten in den Grundzügen ihrer Körpermerkmale überein, sodass auch eine Abgrenzung zu verwandten Gliederfüßern wie Spinnen- oder Krebstieren einfach fällt.

Der von einem Exoskelett umhüllte Körper aller Insekten besteht aus drei funktionellen Abschnitten (**Tagmata**): Dem Kopf (Caput), der Brust (Thorax) und dem Hinterleib (Abdomen). Das Exoskelett besteht aus Chitin und Sklerotin, sodass die Hülle (Cuticula) zugleich elastisch (Endocuticula) aber auch stoßfest und wasserundurchlässig ist (Exocuticula, der zusätzlich noch eine Wachsschicht aufgelagert ist).

An der **Kopfkapsel** sitzt am Stirnbereich ein Paar Antennen (vgl. Abb. 1 a), auch Fühler genannt. Sie dienen sowohl dem Tasten als auch der Wahrnehmung chemischer Signale. Zum Sehen sind bei adulten Insekten zwei Komplex- bzw. Facettenaugen vorhanden, die aus vielen Einzelaugen zusammengesetzt sind. Dazwischen liegen bei zahlreichen Arten zusätzlich noch Punktaugen (Ocellen). Der Nahrungsaufnahme dienen Mundwerkzeuge, die nach außen verlagert und aufgrund diverser Ernährungsweisen sehr vielgestaltig sind: Es wird zwischen dem beißend-kauenden (s.u.), leckend-saugenden (z.B. Bienen), saugenden (z.B. Schmetterlinge) und stechend-saugenden (z.B. Mücken) Typ unterschieden. Selten sind bei ausgewachsenen Tieren, z.B. bei manchen Schmetterlingen, keine Mundwerkzeuge vorhanden, sodass Nahrungsaufnahme nicht mehr möglich ist (Storch & Welsch 2014; Wehner & Gehring 2007).

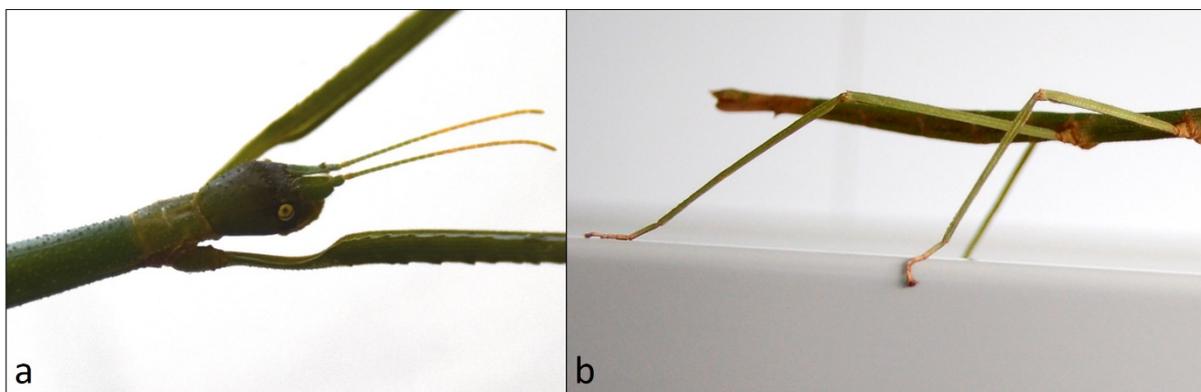


Abb. 1: Morphologie der Stabschrecke *Ramulus artemis* (Westwood, 1859). **a:** Kopf (Caput) mit Komplexaugen und Antennenpaar. Erstes Beinpaar am Prothorax. **b:** Zweites Beinpaar am Meso- und drittes Beinpaar am Metathorax. Gut zu erkennen ist die Gliederung der Beine in Hüftglied, Schenkelring, Schenkel, Schiene und Fuß, der wiederum aus fünf Gliedern besteht. Der darauffolgende Praetarsus trägt Haftorgane und Krallen. Dem Thorax folgt das Abdomen (Hinterleib). (Fotos: M. Beudels)

Die **Brust** besteht immer aus drei Segmenten: Pro-, Meso- und Metathorax. Diese Abschnitte können teils verwachsen sein und somit optisch eine Einheit bilden. Jedes der drei Thorakalsegmente besitzt ein Laufbeinpaar; es sind folglich insgesamt sechs Beine vorhanden. Wie bei allen Arthropoden sind diese lokomotorischen Extremitäten gegliedert, im Falle der Insekten in Hüftglied (Coxa), Schenkelring (Trochanter), Schenkel (Femur), Schiene (Tibia) und Fuß (Tarsus) mit Praetarsus, der Haftorgane und zumeist Krallen trägt (vgl. Abb. 1b). Die genannten Einzelglieder sind 'gelenkig' miteinander verbunden, um eine Fortbewegung zu ermöglichen. Insekten haben eine besondere Art des Laufens, den Tripod-Gang, bei dem immer drei Laufbeine zur Stabilisierung des Körpers den Untergrund berühren, während die anderen drei – Vorder- und Hinterbein der einen sowie das mittlere Bein der anderen Seite – nach vorne schreiten (vgl. Wegner & Hammann 2014). Bei Fluginsekten, zu denen die meisten Arten gehören, ist ursprünglich außerdem am Meso- und Metathorax je ein Flügelpaar vorhanden. Es gibt allerdings viele Arten, die sekundär flügellos sind oder abgewandelte Flügelformen aufweisen (Storch & Welsch 2014; Wehner & Gehring 2007).

Der **Hinterleib** adulter Tiere weist ursprünglich elf Segmente (plus Telson, ein postsegmentaler Körperabschnitt mit After) auf. Jedoch können sie je nach Insektengruppe zu minimal sechs Segmenten verwachsen sein oder sind teils reduziert worden. Es sind dort niemals Extremitäten vorhanden, die der Fortbewegung dienen. Im Abdomen der getrenntgeschlechtlichen Tiere befinden sich außerdem immer die paarigen Geschlechtsorgane plus Anhangsdrüsen (Storch & Welsch 2014).

Charakteristisch für Insekten ist auch ein spezielles Atmungssystem, die **Tracheen**: Dies sind röhrenförmige Einstülpungen der Außenhaut, die sich im Körperinneren – meist ausgehend von längsverlaufenden Hauptsträngen – fein verzweigen und somit die Diffusion von Sauerstoff hin zu allen Organen erlauben. Die mit einem Verschlussmechanismus versehenen Öffnungen (Stigmen) liegen seitlich in Meso- und Metathorax sowie in einer je nach Gruppe unterschiedlichen Anzahl an Abdominalsegmenten (Storch & Welsch 2014; Wehner & Gehring 2007).

Bauchseitig und in zwei Strängen zieht sich durch den gesamten Insektenkörper ein **Strickleiternnervensystem**, das im Kopf Verdickungen durch Verschmelzung von Ganglienpaaren (Oberschlundganglion = 'Gehirn' und Unterschlundganglion) aufweist. Es ist ein **offener Blutkreislauf** und ein einfaches Röhrenherz (im Hinterleib) vorhanden, welches die Hämolymphe, eine Blut- und Lymphflüssigkeit, in die Leibeshöhle pumpt. Die Hämolymphe dient vornehmlich der Verteilung von Nährstoffen sowie Hormonen und z.T. auch der Regulation der Körperwärme. Als Exkretionsorgane bzw. 'Sekretionsnieren' dienen die **Malphigischen Gefäße**, schlauchartige Ausstülpungen, die in den Enddarm münden (Storch & Welsch 2014; Wehner & Gehring 2007).

Die Vietnam-Stabschrecke *Ramulus artemis* (Westwood, 1859)

Wie alle Stabschrecken wird die Vietnam-Stabschrecke den Phasmatodea - auch Gespenstschrecken oder Phasmiden genannt - zugeordnet. Zu den Gespenstschrecken gehören derzeit über 3.000 Arten, die überwiegend in Bäumen und Sträuchern subtropischer und tropischer Regionen der Erde leben und sich ausschließlich von Pflanzen ernähren. Die Gattung *Ramulus* umfasst momentan fast 200 Arten, die alle aus Südostasien stammen. *Ramulus artemis* ist - wie der deutsche Name schon verrät - in Vietnam beheimatet (Bradler 2003; Bradler & Seiler 2012).

Charakteristisch für alle Phasmiden ist, dass adulte Tiere im Vergleich zu anderen Insektenordnungen relativ groß sind (mind. 2 cm bis zu 36 cm). Typisch ist zudem, dass sie Phytomimese (Körperform und -farbe zumeist zweig- oder blattartig) und tagsüber Katalepsie (s.u.) verwenden, um sich vor Fressfeinden zu tarnen (Bedford 1978). Nur bei den Gespenstschrecken gibt es an der Brust Wehrdrüsen, die paarig angeordnet, oft aber zurückgebildet sind (Tilgner 2002).

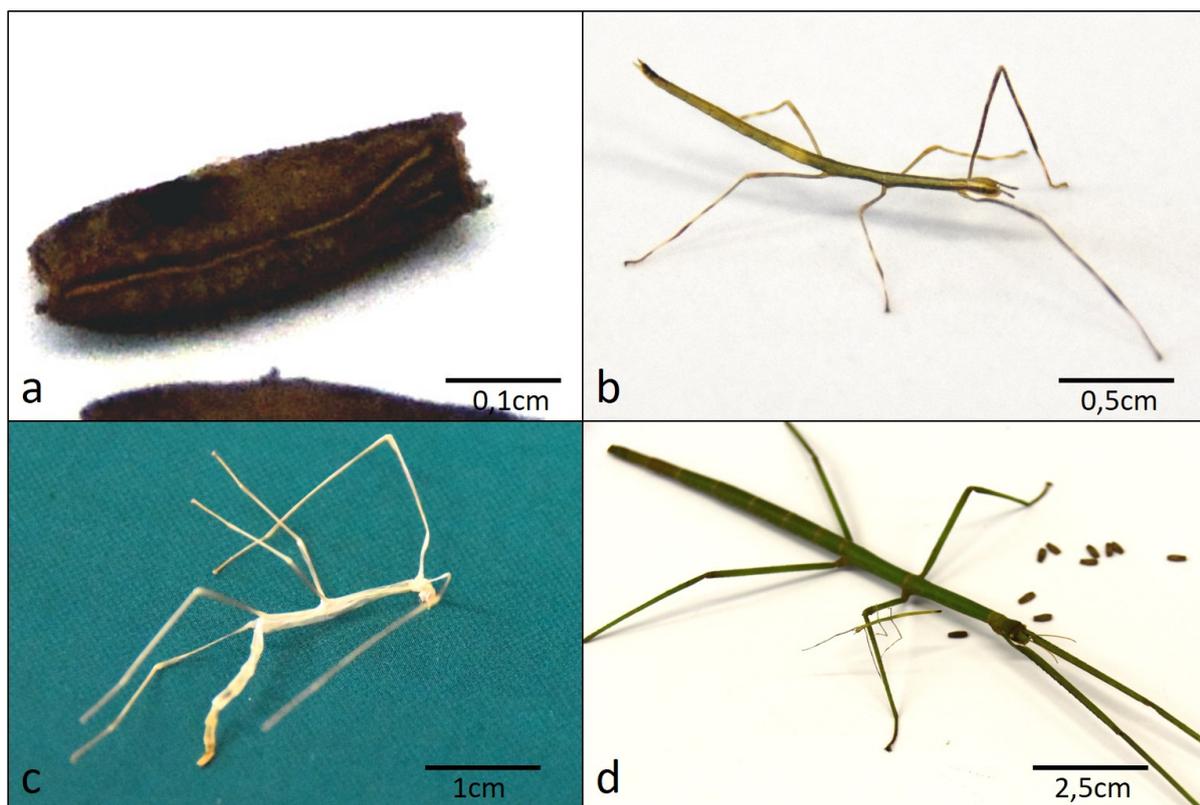


Abb. 2: Metamorphosestadien der Stabschrecke *Ramulus artemis* (Westwood, 1859). **a:** Ei. **b:** Larve/Jungtier. **c:** Häutungsreste (Exuvien). **d:** Adultes Tier/Imago. Um den Größenunterschied zu verdeutlichen, sind auch Eier und ein Jungtier abgebildet. (Fotos: M. Beudels)

Ramulus artemis ist wie alle Gespenstschrecken hemimetabol. Das heißt, aus den einzeln zu Boden fallengelassenen Eiern (s. Abb. 2a) schlüpfen nach ca. zwei Monaten Larven (Abb. 2b), deren Körper

schon Ähnlichkeiten zum adulten Tier aufweist. Ein Puppenstadium, wie bei holometabolen Insekten, wird nicht durchlaufen. Das Wachstum der größer werdenden Jungtiere wird nur durch Häutungen (Ecdysis) des zu klein gewordenen Exoskeletts ermöglicht. Nach enzymatischer Auflösung der alten Endocuticula wird eine neue gebildet, welche nach einigen Stunden ausgehärtet ist. Die Exocuticula reißt an 'Nähten' des Thorax auf und wird als Häutungshülle abgestreift. Solch eine Exuvie ist in Abb. 2c abgebildet. Mit jedem Häutungsvorgang – bei Stabschrecken fünf bis sechsmal – ähneln die Larven dem adulten Tier mehr (Bedford 1978; Wehner & Gehring 2007; Bradler & Seiler 2012).

Die Larven der Vietnam-Stabschrecke sind nach etwa vier Monaten ausgewachsen, die erwachsenen Stabschrecken werden ungefähr sechs Monate alt. Aus Abb. 2d kann entnommen werden, wie sehr sich die Größen von Ei, Larve und Imago unterscheiden.

Ausgewachsene Weibchen von *Ramulus artemis* erreichen eine Körperlänge von bis zu 12 cm, Männchen werden zwischen 8 und 9 cm groß. Der stabförmige und ungeflügelte Körper weist eine grüne Färbung auf. Die Hinterleibssegmente sieben und acht sind normalerweise hell- oder dunkelbraun gefärbt. Wie typisch für alle Stabschrecken, ist der Prothorax im Gegensatz zu den anderen beiden Thorakalsegmenten sehr kurz (vgl. auch Abb. 1a). Ein charakteristisches Merkmal der Vietnam-Stabschrecke ist zudem noch ein braunes, maskenartiges Band um die Komplexaugen, welches besonders bei jungen Tieren gut zu erkennen ist. Die Fühler sind im Vergleich mit denen anderer Stabschreckenarten sehr kurz (Bradler & Seiler 2012).

Alle Gespenstschrecken besitzen beißend-kauende Mundwerkzeuge. Ein Paar Mandibeln ('Oberkiefer') dient als kräftige Beißzange, hinzu kommen Maxillen (paarige 'Unterkiefer') mit Kiefertastern sowie eine plattenförmige Unterlippe (Labium) mit Lippentastern. Eine unpaarige Oberlippe, Labrum genannt, überdacht die zuvor genannten Mundgliedmaßen. Ober- und Unterkiefer bewegen sich zur Zerkleinerung der Nahrung in horizontaler Ebene. Die Taster werden nicht nur zum Tasten, sondern auch zur Geschmackswahrnehmung eingesetzt (Bradler & Seiler 2012).

Vietnam-Stabschrecken gehören zu den wenigen Gespenstschrecken, die in einer Zucht relativ pflegeleicht zu halten sind. Unter diesen Bedingungen vermehren sie sich rein durch Parthenogenese, d.h. durch Jungfernzeugung, die sehr verbreitet in dieser Ordnung ist. Die Weibchen legen unbefruchtete Eier ab, aus denen nur weibliche Nachkommen schlüpfen (Bradler & Seiler 2012; Storch & Welsch 2014).

Zum Schutz vor Fressfeinden ist der Körper der jungen und adulten Exemplare nicht nur wie ein Pflanzenast geformt und gefärbt. Die dämmerungs- und nachtaktiven Tiere nehmen tagsüber auch eine Starrehaltung (Katalepsie) als Tarnmechanismus ein: Dabei strecken sie ihre beiden Vorderbeine parallel nach vorne aus, sodass der Kopf zwischen ihnen liegt. Mittleres und hinteres Beinpaar werden dem Körper enganliegend nach hinten gestreckt. Bei Störungen oder Wind verfallen sie in eine Schaukelbewegung, um die Bewegung der Pflanzen nachzuahmen. Wenn die Insekten doch von Feinden entdeckt werden, stellen sie sich tot, indem sie sich zu Boden fallen

lassen und erstarren. Als weitere Schutzreaktion können sie ein Bein abwerfen (Autotomie), ohne dass der restliche Körper einen Schaden davonträgt. Die Eier sind zusätzlich so gestaltet, dass sie Pflanzensamen ähneln (Bedford 1978; Bradler & Seiler 2012).

2.2 Bionik

Die Bionik ist eine interdisziplinäre Wissenschaftsdisziplin, die Erkenntnisse aus der Natur nutzt, um systematisch an technischen Problemstellungen zu arbeiten. Im deutschsprachigen Raum wird der Begriff 'Bionik' als Kunstwort bezeichnet, welches sich aus den Wörtern 'Biologie' und 'Technik' zusammensetzt (Nachtigall 1998). Allerdings sei an dieser Stelle angemerkt, dass der Ursprung der Bezeichnung auf das englische Wort '*bionics*' zurückzuführen ist, das das erste Mal auf einem US-amerikanischen Kongress mit dem Titel '*Bionics Symposium: Living Prototypes – The Key to New Technology*' im Jahre 1960 verwendet wurde (Nachtigall & Wisser 2013).

Wichtig beim Verstehen der 'Bionik' als Wissenschaftsdisziplin ist, dass sie nicht versucht, Naturphänomene zu kopieren. Vielmehr folgt dem Schritt der Grundlagenforschung („Technische Biologie“) der essentielle Schritt der Abstraktion des Prinzips, das hinter einer Naturerscheinung steht. Erst im Anschluss geht es um die technische Umsetzung des abstrahierten Prinzips im Rahmen angewandter Forschung (Nachtigall 2010; Nachtigall & Pohl 2013).

Bei bionischen Entwicklungen wird zudem zwischen zwei Vorgehensweisen unterschieden: Vom '*Top Down*-Prinzip' wird gesprochen, wenn Bioniker gezielt in der Natur nach einer Lösung für ihr technisches Problem suchen bzw. ein technisches Produkt verbessern wollen. Beim '*Bottom Up*-Prinzip' sind (zufällige) Erkenntnisse aus der biologischen Grundlagenforschung der Anfangspunkt technischer Neuentwicklungen (Nachtigall & Pohl 2013).

Insekten in der Bionik

Auch Insekten und ihre Eigenschaften sind für bionische Erfindungen sehr interessant: Unter anderem hat die Forschung zum Mechanismus des Flügelschlags von Schmeißfliegen (Schlag-Dreh-Schwingungen) dazu geführt, dass sogenannte '*Micro Air Vehicles*' gebaut werden (Nachtigall & Wisser 2013). Weitere Beispiele aus einer Vielzahl von Entwicklungen sind biobasierte und damit biologische abbaubare Kunststoffe aus Chitin oder z.B. aerodynamische Windradblätter mit einer Art 'Schmetterlingsschuppen' (Nachtigall & Wisser 2013).

Im Rahmen eines großangelegten Forschungsprojekts wurde an der Universität Bielefeld ein sechsbeiniger, etwas unter einem Meter langer Laufroboter namens 'Hector' entwickelt, der den Bewegungsmechanismus einer Stabschrecke zum Vorbild hat. Das Robotersystem dient als reine Testplattform, um das Laufverhalten bzw. die Bewegungssteuerung von Insekten besser zu verstehen. Dafür besitzt Hector einige Besonderheiten, die ihn von anderen Robotern abheben: All seine Gelenke sind elastisch, er ist mit zahlreichen Sensoren ausgestattet und jedes Bein hat einen eigenen Rechner, der 'selbständig entscheiden' kann, wie er in bestimmten Situationen reagiert.

Alle Regler kommunizieren miteinander, sodass durch ihr Zusammenwirken und nach einem 'Versuch-und-Irrtum-Schema' eine koordinierte Gangart entsteht. Das Robotersystem ist folglich in der Lage, dazuzulernen und ein intelligentes Laufverhalten zu zeigen. Dies ermöglicht es ihm, sich autonom über unebene Gelände zu bewegen und Umgebungen zu erkunden. Ein Kamerasystem ('Augen') und Fühler ('Tastorgane') sollen das System ergänzen (u.a. Paskarbeit 2017; Schilling et al. 2013; Schneider et al. 2012; Schneider et al. 2014).

3 Didaktisch-methodische Bemerkungen zur Unterrichtsreihe

3.1 Allgemeines

Die achtstündige Unterrichtsreihe wurde in zwei dritten Klassen (à 25 bis 30 Kindern) an einer Grundschule im Raum Wuppertal erprobt. Wir empfehlen bei Verwendung aller hier dargestellten Unterrichtsschritte und Medien den Einsatz ab der dritten Klasse, da die Schülerinnen und Schüler gut lesen und schreiben können sollten. Falls der Fokus rein auf der Begegnung und Auseinandersetzung mit lebenden Insekten liegen soll, ist es auch möglich, nur Teilaspekte der Reihe zu behandeln (1. bis 5. Stunde) und Arbeitsaufträge abzuändern. Dann ist auch ein Einsatz ab der 1. Klasse möglich.

Nachfolgend ist eine tabellarische Kurzübersicht dargestellt, die einen Überblick über das Thema der jeweiligen Stunden gibt. In Kapitel 3.3 werden alle Unterrichtsstunden ausführlich erläutert sowie Tipps zur Durchführung gegeben.

Stunde	Zeit	Thema
1	45 min	Einstieg in die Thematik 'Insekten' und Begrüßung der Stabschrecken
2	45 min	Beobachtung der Stabschrecken
3	45 min	Typische Merkmale von Insekten
4	45 min	Wiederfinden typischer Merkmale von Insekten an der Stabschrecke
5	45 min	Die Stabschrecke im Profil – Wir legen einen Steckbrief an
6	45 min	Was bedeutet eigentlich 'Bionik'?
7	90 min	Stabschrecken und Bionik – Hector, der Laufroboter
8	45 min	Zusammenfassung und Verabschiedung der Stabschrecken

Tab. 1: Kurzdarstellung der achtstündigen Unterrichtsreihe. Zu sehen ist die je Stunde benötigte Zeit und das Thema.

Generell sind Schülerinnen und Schüler in der Grundschule sehr interessiert an der Natur, besonders besteht der Wunsch nach einem engen Kontakt zu Tieren. Wie in Kapitel 1 geschildert, zählen Insekten allerdings nicht zu den Lieblingstieren von Kindern (vgl. Gebhard 2013). Um eine positive Beziehung zu diesen schützenswerten Lebewesen aufzubauen, wurde daher bei der Konzeption der Reihe darauf Wert gelegt, dass genügend Zeit für die originale Begegnung mit den Stabstrecken zur Verfügung steht („mittlerer Grad an Authentizität“, vgl. Kohler 2007). Eine weitere Voraussetzung für das Erreichen der affektiven Unterrichtsziele ist, dass die Lehrkraft selbst keine Berührungängste vor den Tieren haben sollte und professionell mit ihnen umgehen kann.

Für die Wahl von Stabschrecken als Beispielinsekt und Unterrichtstier sprechen viele Gründe, die ausführlich in Neuböck-Hubinger (2018) und Bradler & Seiler (2012) beschrieben sind. Die hier verwendete Vietnam-Stabschrecke, die Annam-Stabschrecke *Medauroidea extradentata* (Brunner, 1907) oder z.B. auch die Indische Stabschrecke *Carausius morosus* (Sinéty, 1901), welche als Modellorganismus bekannt ist, bieten durch ihre Größe und den langgestreckten Körper die Möglichkeit, die typischen Merkmale von Insekten durch genaues Hinsehen ohne Hilfsmittel zu erkennen. Diese Arten können in Ruhe betrachtet werden, da sie aufgrund fehlender Flügel nicht davonfliegen können und sich nicht allzu schnell bewegen. Außerdem gehören sie zu den pflegeleichten und anspruchslosen Exemplaren (es ist ein Irrglaube, dass es viele pflegeleichte Arten gäbe!), deren Futterpflanzen ganzjährig vorhanden sind, sodass die Reihe jahreszeitenunabhängig durchgeführt werden kann.

Neben dem Erwerb im Zoohandel ist es auch möglich, Stabschrecken für einen Zeitraum von einigen Tagen bis zu mehreren Wochen an Universitäten oder bei anderen Institutionen auszuleihen. Es gibt auch eine zunehmende Anzahl an Privathaushalten, die Stabschrecken als Haustiere halten und sie ausleihen können. Die Ausleihe bietet den Vorteil der Kosten- und Aufwandseinsparung: Terrarien müssen nicht extra angeschafft werden und die Pflege ist auf einen gewissen Zeitraum begrenzt. Eine längerfristige Anschaffung und Haltung in der Schule schafft die Möglichkeit, dass die Schülerinnen und Schüler eine noch intensivere Bindung zu den Tieren aufbauen und u.a. alle Entwicklungsstadien miterleben können.

3.2 Lernziele und Richtlinienbezüge

Die Lernziele der Unterrichtsreihe sind gemäß der Themenschwerpunkte ‘Insekten’ und ‘Bionik’ gegliedert.

Lernziele Themenschwerpunkt ‘Insekten und Stabschrecken’:

Die Schülerinnen und Schüler können...

- ...wichtige Körpermerkmale von Insekten *wiedergeben*, indem sie einem Informationstext Fachbegriffe wie Kopf (Caput), Brust (Thorax), Hinterleib (Abdomen), Komplexaugen oder Tracheen *entnehmen*. Zudem können sie

Aussagen über die Morphologie von Insekten auf ihre Angemessenheit *überprüfen* und *korrigieren*. (kognitiv)

- ...typische äußerliche Körpermerkmale von Insekten an einer lebenden Stabschrecke *wiederfinden* und ihnen Fachbegriffe *zuordnen*, indem sie die Tiere – auch durch die Verwendung von Hilfsmitteln (Lupe) – sachgerecht *untersuchen*. (kognitiv, psychomotorisch)
- ... anhand von Kriterien *begründet entscheiden*, ob ein Lebewesen der Klasse der Insekten zugeordnet werden kann oder nicht. (kognitiv)
- ...Stabschrecken (inklusive ihres Lebensraums, Nahrung, Tarnungs- und Bewegungsmechanismus) *charakterisieren*, indem sie mithilfe von Beobachtung dieser und dem Lesen eines Informationstextes einen Steckbrief *anfertigen*. (kognitiv)
- ...die aufgestellten Regeln zum Umgang mit lebenden Tieren *berücksichtigen* und *befolgen*, kompetent und sachgerecht mit den Stabschrecken *umgehen* und sie entsprechend des Dienstplans *pfliegen*. (affektiv, psychomotorisch)
- ...*Ekel und Berührungsängste* gegenüber Insekten *reduzieren*, indem sie sich durch den alltäglichen Umgang mit den Stabschrecken an sie *gewöhnen*, ihre Gefühle offen *äußern* und eine *Beziehung* zu ihnen *aufbauen*. (affektiv)

Lernziele Themenschwerpunkt 'Bionik':

Die Schülerinnen und Schüler können...

- ...technischen Erfindungen ihre biologischen Vorbilder aus der Natur begründet *zuordnen*, indem sie anhand von Abbildungen und Alltagserfahrungen Zusammenhänge zwischen Struktur und Funktion *erkennen* und *benennen*. (kognitiv)
- ...*erläutern*, was der Begriff 'Bionik' bedeutet, indem sie einem Text wichtige Informationen *entnehmen* und Beispiele für bionische Erfindungen *nennen*. (kognitiv)
- ...durch das Anschauen eines kurzen Videos über Laufroboter Hector *beschreiben*, dass Hector eine bionische Erfindung nach dem Vorbild einer Stabschrecke ist und *sprachlich sowie zeichnerisch darstellen*, welche Funktionen er besitzt. (kognitiv, psychomotorisch)

- ...Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Stabschrecken und Laufroboter Hector *benennen*, indem sie die lebenden Stabschrecken *beobachten* und ihre Erkenntnisse mit Informationen aus dem Video *vergleichen*. (kognitiv)

Bezüge zum Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013):

Die Relevanz der Lernziele wird bei der Betrachtung des Perspektivrahmens Sachunterricht (GDSU 2013), der Vorgaben der Kultusministerkonferenz (KMK 2015) und der für alle Bundesländer vorliegenden Lehrpläne für die Grundschule deutlich (s. u.a. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2008). Da der Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013) deutschlandweit Gültigkeit besitzt, werden an dieser Stelle Bezüge zu den dort aufgestellten Kompetenzbeschreibungen (s. Kap. 4 in GDSU 2013) hergestellt.

- DAH NAWI 2: Naturwissenschaftliche Methoden aneignen und anwenden:
„Schülerinnen und Schüler können Untersuchungen sachorientiert (z.B. durch betrachten, beobachten, vergleichen, benennen, beschreiben...) durchführen“;
„Schülerinnen und Schüler können Beobachtungen miteinander vergleichen und dabei zunehmend sachbezogene Merkmale (wie z.B. Körperbau, Verhaltens- bzw. Lebensweise bei Lebewesen; [...]) benutzen“
- DAH NAWI 5: Naturwissenschaftliches Lernen bewerten und reflektieren:
„Schülerinnen und Schüler können geeignete Informationsquellen auswählen und sachgemäß nutzen, um Fragen zu klären“; *„Schülerinnen und Schüler können anderen einen Sachverhalt unter Nutzung und Anwendung der gefundenen Lösungen und Erkenntnisse erklären und dabei sprachlich verständlich und angemessen argumentieren“*
- TB NAWI 4: Lebende Natur – Pflanzen, Tiere und ihre Unterteilungen: *„Schülerinnen und Schüler können morphologische Merkmale von [...] Tieren (Körperbau) untersuchen, benennen, beschreiben und vergleichen“;* *„Schülerinnen und Schüler können Lebensbedingungen und -vorgänge von [...] Tieren bezogen auf die Merkmale Ernährung, Fortpflanzung, Entwicklung untersuchen, beschreiben und vergleichen“*
- TB NAWI 5: Lebende Natur – Entwicklungs- und Lebensbedingungen von Lebewesen: *„Schülerinnen und Schüler können beschreiben, in welcher Weise [...] Tiere mit ihrer Umgebung in enger Beziehung stehen und in welcher Weise Anpassungsvorgänge stattgefunden haben“;* *„Schülerinnen und Schüler können die Verantwortung des Menschen für den Schutz der natürlichen Lebensbedingungen der [...] -tiere sowie eine artgerechte [...] Haltung der Tiere ableiten“*

- TB GEO 2: Menschen nutzen, gestalten, belasten, gefährden und schützen Räume: *„Schülerinnen und Schüler können über eigene Erfahrungen und Erlebnisse zu [...] Naturgrundlagen erzählen (z.B. [...] zu Erlebnissen in der Natur)“*
- DAH TE 2: Technik und Arbeit erkunden und analysieren: *„Schülerinnen und Schüler können technische Funktionen [...] anhand von Filmen oder Abbildungen erkunden und analysieren“*
- DAH TE 4: Technik bewerten: *„Schülerinnen und Schüler können technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck [...] bewerten“; „Schülerinnen und Schüler können die Bedeutung technischer Entwicklungen und Erfindungen für den Menschen bewerten“*
- DAH TE 5: Technik kommunizieren: *„Schülerinnen und Schüler können Ideen für technische Lösungen [...] unter Nutzung von Sprache, Zeichnungen [...] verständlich vermitteln, diskutieren und dokumentieren (z.B. durch Skizzen, [...] Beschreibungen)“*
- TB TE 5: Technische Erfindungen: *„Schülerinnen und Schüler können [...] technische Erfindungen [...] nachvollziehen und in ihrer Bedeutung für die Menschen erfassen sowie [...] Erfindungen an ausgewählten Beispielen darstellen“*

3.3 Hinweise zum Unterrichtsverlauf

Nachfolgend werden für jede der acht Unterrichtsstunden didaktisch-methodische Hinweise sowie Tipps zur Durchführung gegeben. Die Phasierung der Stunden wird für einen kompakten Überblick zudem tabellarisch dargestellt.

3.3.1 Erste Unterrichtsstunde (45 min)

Um die Unterrichtsreihe aktivierend einzuleiten und auf das Thema 'Insekten' einzustimmen, bittet die Lehrkraft (ab hier mit LK abgekürzt) die Schülerinnen und Schüler (ab hier mit SuS abgekürzt), sich in eine entspannte Position zu begeben und die Augen zu schließen. Wenn dies geschehen ist, lässt die LK ein Hörmedium mit Wiesengeräuschen abspielen und beginnt etwas zeitversetzt langsam die Fantasiegeschichte (Zusatzmaterial Z1) vorzulesen. Ziel dieses Einstiegs ist, dass sich jedes Kind individuell auf die 'Gedankenreise auf die Wiese', die an Alltagserlebnisse anknüpft, einlässt, sodass Vorwissen aktiviert und Neugier geweckt wird. Die SuS werden durch die Geschichte angeregt, sich vorzustellen, welche Tiere sich auf einer solchen Wiese befinden könnten. Gleichzeitig kommen die Kinder zur Ruhe und können sich besser auf das Unterrichtsgeschehen konzentrieren (vgl. u.a. Ferrarj 2013).

Die anschließende Gesprächsrunde beginnt mit einer offenen Fragestellung der LK (s. Tab. 2) und lässt den SuS ausreichend Raum, ihre Ideen und Erlebnisse im Plenum vorzustellen. Bei der Nennung von Tieren, die auf einer Wiese entdeckt werden können (an der Tafel festhalten), werden sicherlich auch einige Insekten dabei sein. Die LK nimmt dies als Anlass, um in die nächste Phase der Stunde einzuleiten, die Vorstellung der neuen Klassentiere:

Ihr habt nun schon sehr viele Tiere genannt, die euch auf der Wiese begegnen. Bienen, Ameisen, Schmetterlinge oder Käfer (anpassen, je nachdem, welche Insekten genannt wurden) gehören zu den Insekten. Wir schauen uns diese Insekten heute und in den nächsten Sachunterrichtsstunden mal genauer an. Sie sind ja auf der Wiese manchmal so schnell weg oder so klein, dass man sie gar nicht richtig anschauen kann. Deshalb habe ich euch ein Insekt mitgebracht, das hier ab heute wohnt und welches ihr ganz in Ruhe beobachten könnt. Die Stabschrecke.

Um besonders die SuS, die wenig Erfahrung mit oder auch Ekel oder Ängste gegenüber Insekten haben, zu Anfang nicht zu überfordern, wird das Terrarium zunächst mit geschlossener Tür in die Mitte des Klassenzimmers auf einen Tisch gestellt. Jedes Kind kann die Distanz zu dem Terrarium einnehmen, bei der es sich wohlfühlt (Gebhard 2013). Die LK fragt die Kinder, ob sie Lebewesen, die Stabschrecken sein könnten, im Terrarium sehen. Falls nicht, gibt sie den Tipp, dass die Tiere gut versteckt sind und genau hingeschaut werden müsse. Nachdem die ersten Eindrücke durch die SuS geschildert wurden, werden in einem fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch Regeln zum Umgang mit den Stabschrecken sowie zum Pflegedienst aufgestellt und schriftlich auf Plakaten (Z2 und Z3 dienen als Beispiel) festgehalten. Diese werden gut sichtbar in der Nähe des Terrariums aufgehängt.

Die aufgestellten Regeln zum Umgang können anschließend das erste Mal erprobt werden: Vorsichtig holt die LK ein bis zwei Stabschrecken aus dem Terrarium und erläutert dabei erneut, wie die Tiere angefasst werden sollten. Um den leergeräumten Tisch versammelt, beobachten die Kinder die Schrecken und können sich langsam annähern.

In der abschließenden Sicherungsphase werden im Plenum die ersten Ergebnisse der Beobachtung gesammelt und ein Ausblick auf die folgende Stunde gegeben.

TIPP: Beim Einsatz von Rosengewächsen, wie Brombeeren, als Futterquelle besteht eine Verletzungsgefahr durch die Stacheln. Bitte immer Gartenhandschuhe tragen. Entweder übernimmt die LK den zweimal pro Woche nötigen Futterwechsel selbst oder es ist eine ausführliche Einführung für die SuS nötig.

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Fantasiegeschichte „Picknick auf der Wiese - ich entdecke Insekten“ - Einleitende Frage: „Welche Tiere kannst du auf einer Wiese entdecken?“ 	<ul style="list-style-type: none"> - Lehrervortrag - Gespräch im Plenum 	<ul style="list-style-type: none"> - Fantasiereise (Z1) - Hörmedium - Wiesengeräusche - Tafel
Erarbeitung (25 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Vorstellen der Stabschrecken - Haltung der Stabschrecken und Umgang mit ihnen - Erste Beobachtungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Lehrervortrag - Plenum - Kinositz 	<ul style="list-style-type: none"> - Terrarium mit Stabschrecken - Plan Pflegedienst (Z2) - Regel-Plakat (Z3) - Stabschrecken
Sicherung (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenfassung der ersten Beobachtungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Gespräch im Plenum 	/

Tab. 2: Phasierung der ersten Unterrichtsstunde ‘Einstieg in die Thematik ‘Insekten‘ und Begrüßung der Stabschrecken’. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.2 Zweite Unterrichtsstunde (45 min)

Als wiederholender Einstieg werden die ersten Erkenntnisse und Beobachtungen der vorherigen Stunde im Plenum zusammengetragen. Damit die anschließende Beobachtungsphase reibungslos verläuft, werden die aufgestellten Regeln zum kompetenten Umgang mit den Tieren (Z3) von den Kindern wiedergegeben. Die LK verweist auf das Regelplakat, auf das bei Unsicherheiten geschaut werden kann, und bittet die SuS, die Tische freizuräumen.

Zu jedem Gruppentisch wird, sobald sich alle SuS ruhig verhalten, eine Stabschrecke gebracht. Eine andere Variante ist, pro Gruppe einen freiwilligen Stabschrecken-Wächter festzulegen, der das Tier am Terrarium abholt und es auch wieder zurückbringt. Mithilfe bereitgestellter Lupen können die Kinder die Insekten noch genauer untersuchen (s. Abb. 3b, d, e). So wird auch der Umgang mit optischen Hilfsmitteln trainiert. Zudem haben sie die Möglichkeit, Hindernisse, wie z.B. Stifte oder Steine, auf den Tisch zu legen, damit der Bewegungsmechanismus der Tiere besser studiert werden kann (vgl. Abb. 3c). Um ein zielgerichtetes Beobachten zu gewährleisten, bieten sich Tippkarten oder Hinweise auf der Tafelhinterseite an (z.B.: *Was für Körpereigenschaften fallen dir auf, wenn du die Stabschrecke ganz genau anschaust? Wie verhält sich die Stabschrecke, wenn sie auf Hindernisse stößt? Wie läuft die Stabschrecke?*). Zum Festhalten der Erkenntnisse, die durch die Anwendung der fachgemäßen Arbeitsweisen ‘Beobachten’ (an dieser Stelle eine Kurzzeitbeobachtung) und ‘Untersuchen’ bzw. ‘Vergrößern’ auftreten, können sich die SuS Notizen machen (vgl. u.a. Blaseio 2015).

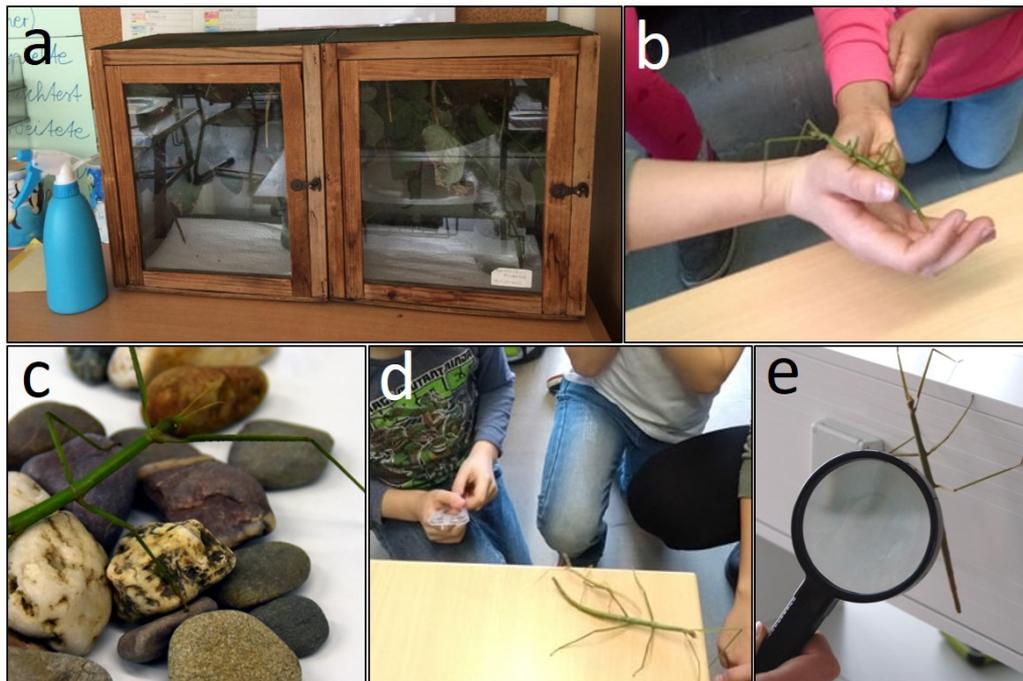


Abb. 3: Auszüge aus dem Unterrichtsgeschehen. **a:** Terrarien mit den Stabschrecken in einer Ecke des Klassenraums. **b:** Stabschrecke auf der Hand von Kindern. **c:** Stabschrecke bewegt sich über Hindernisse, wie z.B. Steine. **d:** Kinder beobachten die Stabschrecken aus der Entfernung. **e:** Untersuchen der Stabschrecke mit einer Lupe. (Fotos: M. Beudels und B. Behm)

In der abschließenden Sicherungsphase werden die gesammelten Eindrücke zusammengetragen.

TIPP: Es empfiehlt sich, auch die Stühle an den Gruppentischen beiseite zu stellen. Dies gewährleistet, dass sich die SuS frei um den Tisch bewegen können, um so die Insekten besser beobachten zu können.

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (10 min)	- Wiederholung der Erkenntnisse der letzten Stunde inkl. der Regeln für einen kompetenten Umgang mit Lebewesen, besonders hinsichtlich Stabschrecken	- Plenum, Kinositz	- Regel-Plakat (Z3)
Erarbeitung (25 min)	- Ausgiebige Beobachtung der Tiere	- Gruppenarbeit	- Stabschrecken - Lupe, Lineal, Hindernisse (Steine, Stifte etc.) - Tippkarten
Sicherung (10 min)	- Besprechung: Was konntet ihr beobachten und erkennen? (Morphologie, Bewegung)	- Gespräch im Plenum	/

Tab. 3: Phasierung der zweiten Unterrichtsstunde 'Beobachtung der Stabschrecken'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.3 Dritte Unterrichtsstunde (45 min)

Die dritte Unterrichtsstunde fokussiert die charakteristischen Merkmale von Insekten. An der Tafel wird zunächst in Form einer Mindmap das Wissen über Stabschrecken festgehalten und strukturiert dargestellt, welches die SuS in der vorherigen Stunde durch die Beobachtung und das Vergrößern der Tiere erarbeitet haben (Morphologie, Bewegungsvorgang, etc.).

Nachfolgend wird der Informationstext über Insekten und deren typischen Merkmale (Arbeitsmaterial M1; Hinweis: Der Text ist auf adulte Tiere bezogen) abwechselnd von verschiedenen SuS laut im Plenum vorgelesen und es werden Verständigungsfragen geklärt. Das Arbeitsblatt 'Insektenexperte' (M2) dient der Anwendung der aus dem Text entnommenen Inhalte. In der Sicherungsphase wird das Arbeitsblatt gemeinsam besprochen sowie die Mindmap der Einstiegsphase um die neu erlernten Begrifflichkeiten - in einer anderen Farbe, um den Wissenszuwachs zu visualisieren - ergänzt.

TIPP: Für SuS, die für die Erarbeitungsphase nicht die vollen vorgesehenen 25 Minuten benötigen, sind auf einem separaten Tisch 'Blitz-Aufgaben' vorbereitet. Die SuS haben die Wahl, in Sachbüchern (vgl. Abb. 4a) zu stöbern oder Suchworträtsel zur Thematik Insekten zu lösen. Dieses Angebot dient der Binnendifferenzierung. Dieses zusätzliche Material wird auch in den folgenden zwei Stunden zur Verfügung gestellt.

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (10 min)	- Kurze Wiederholung der letzten Stunde: Erkenntnisse der Beobachtung der Stabschrecken	- Plenum, Kinositz	- Tafelbild in Form einer Mindmap
Erarbeitung (25 min)	- Typische Merkmale von Insekten	- Lesen im Plenum - Bearbeiten in Einzelarbeit	- Insektenexperte Informationstext (M1) - Insektenexperte Arbeitsblatt (M2)
Sicherung (10 min)	- Zusammentragen der Ergebnisse	- Plenum	- Insektenexperte Arbeitsblatt (M2) (Overheadprojektor/ Smartboard) - Mindmap-Erweiterung

Tab. 4: Phasierung der dritten Unterrichtsstunde 'Typische Merkmale von Insekten'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

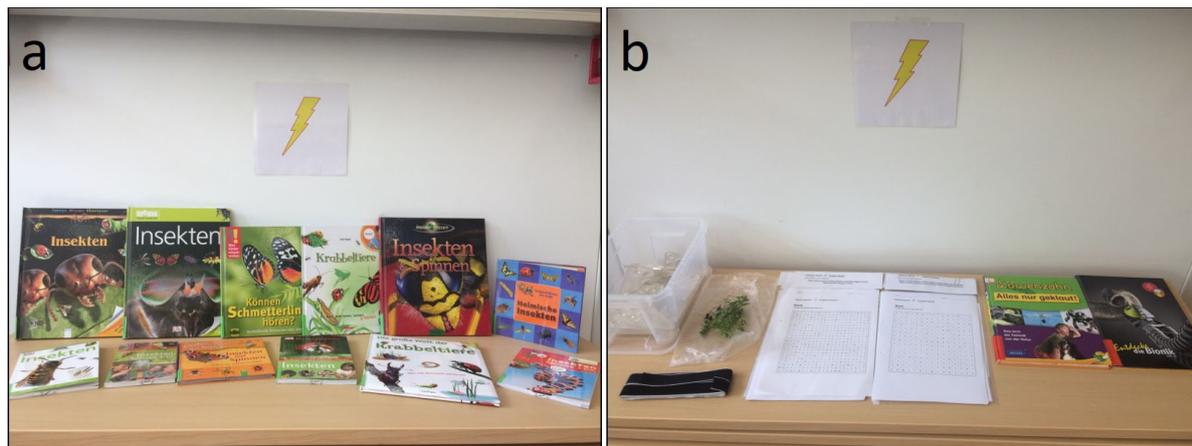


Abb. 4: Tisch für Blitzaufgaben an einer Wand des Klassenraums. **a:** Kinderbücher zum Thema Insekten. **b:** Suchworträtsel zum Thema Insekten und Materialien zum Thema Bionik. (Fotos: B. Behm)

3.3.4 Vierte Unterrichtsstunde (45 min)

Ziel der vierten Unterrichtsstunde ist, dass die SuS die in der vorherigen Stunde kennengelernten typischen Körpermerkmale von Insekten an Stabschrecken wiederfinden können. Dafür wird das Wissen bzgl. dieser Merkmale aktiviert, indem sie in Form eines Tafelbildes (vgl. Abb. 5a) im Plenum zusammengetragen werden. Als Hilfestellung kann auch die Abbildung eines Insekts an die Tafel gehangen werden. Die Wortkarten (Z4) sind so gestaltet, dass die Kinder aufgefordert sind, u.a. die Anzahl der Laufbeine einzutragen. Der Einsatz der drei Karten mit den lateinischen Fachbegriffen ist fakultativ und dient wiederum der Binnendifferenzierung.

Im Anschluss überprüft die LK, ob die SuS in der Lage sind, das Erlernete an einer neuen Problemstellung anzuwenden. Die SuS sollen begründet entscheiden, ob ein Lebewesen, welches in Form einer Abbildung gezeigt wird (s. Abb. 5b), den Insekten zugeordnet werden kann oder nicht. Pro gezeigtem Tier werden jeweils drei Argumente, die für bzw. gegen die Einordnung als Insekt sprechen, gesammelt. Dabei wird Wert auf die Verwendung der neu erlernten Fachtermini gelegt.

Als Vorbereitung auf das Arbeitsblatt 'Stabschreckenexperte' (M3) haben die SuS im ersten Teil der Erarbeitungsphase die Gelegenheit, die Merkmale eines Stabschreckenkörpers in Form der Gruppenarbeit unter Verwendung von Lupen wiederzufinden. Zur Wiederholung und Festigung der neu erlernten Fachtermini beschriften sie in Partnerarbeit die Abbildung einer Stabschrecke (M3). Die Ergänzung des fehlenden Teils des Körpers (Glieder des hinteren Laufbeins) dient der Förderung der Fähigkeit, Dinge genau und konzentriert zu betrachten. M3 kann auch dahingehend abgeändert werden, dass das Bild der Stabschrecke entfernt wird, sodass die SuS das Tier eigenständig zeichnen können. Allerdings sollten die Kinder in diesem Falle mit dem Sachzeichnen vertraut und darin geübt sein, da neben dem Wechsel von der Drei- zur Zweidimensionalität u.a. die Schwierigkeit besteht, ein sich bewegendes Tier zu zeichnen (vgl. u.a. Blaseio 2015). Aufgabe 2

ist als offene Fragestellung formuliert, um den SuS die Möglichkeit zu geben, die bisherigen Erkenntnisse zu notieren und diese mit ihrem Vorwissen zu anderen Insekten zu vergleichen.

Das Arbeitsblatt wird in der Sicherungsphase gemeinsam im Plenum besprochen.

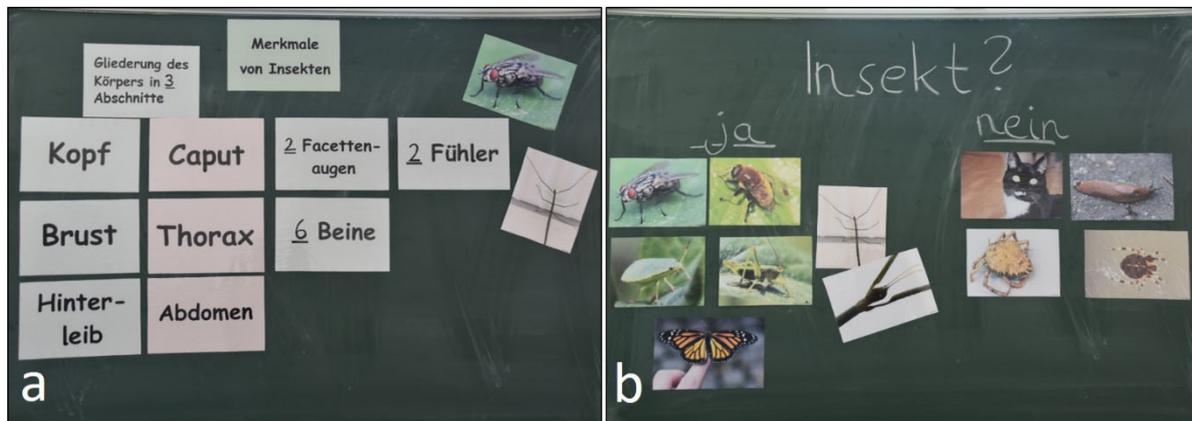


Abb. 5: Tafelbilder der vierten Unterrichtsstunde. **a:** Charakteristische Merkmale von Insekten. **b:** Bildzuordnungen: Insekt – ja oder nein? (Fotos: M. Beudels)

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze Wiederholung der letzten Stunde: Merkmale von Insekten - Welche der gezeigten Tiere sind Insekten? 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum, Kinositz 	<ul style="list-style-type: none"> - Tafelbild (5a) mit Wortkarten (Z4) - Tafelbild (5b) mit Bildkarten (Z5)
Erarbeitung (25 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Beobachtung einer Stabschrecke - Wiedererkennen der Merkmale von Insekten an Stabschrecken (Beschriftung) 	<ul style="list-style-type: none"> - Gruppenarbeit - Partnerarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Lupe, Stabschrecke - Stabschreckenexperte Arbeitsblatt (M3)
Sicherung (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammentragen der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum 	<ul style="list-style-type: none"> - Stabschreckenexperte Arbeitsblatt (M3) (Overheadprojektor/ Smartboard)

Tab. 5: Phasierung der vierten Unterrichtsstunde 'Wiederfinden typischer Merkmale von Insekten an der Stabschrecke'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.5 Fünfte Unterrichtsstunde (45 min)

Die fünfte Unterrichtsstunde zielt einerseits darauf ab, dass die SuS durch 'Recherchieren' und 'Erstellen eines Steckbriefs' die Lebensräume und Eigenschaften von Insekten – am Beispiel der Stabschrecke – noch besser kennenlernen und sie damit weiter zu schätzen lernen. Andererseits üben sich die Kinder durch die Anwendung der beiden Methoden in einer zielgerichteten

Entnahme und Verarbeitung von Sachinformation aus Texten sowie in der übersichtlichen und systematischen Darstellung der Sachinhalte (vgl. u.a. Blaseio 2015).

Zur Einführung der zweitgenannten Methode wird zunächst in der Einstiegsphase mithilfe eines Mustersteckbriefs eines anderen Tieres (z.B. eine Katze, die alle SuS aus ihrem Alltag kennen sollten) thematisiert, was ein Steckbrief ist und wie er angefertigt wird. Die SuS äußern im Anschluss daran Vermutungen, welche Kategorien bzgl. des Steckbriefes einer Stabschrecke von Bedeutung sein könnten.

Es können zwei Versionen von Steckbriefvorlagen (M5a und b) eingesetzt werden. M5a mit vorgegebenen Steckbriefkategorien sollte dann eingesetzt werden, wenn die SuS ungeübt in der Erstellung von Steckbriefen sind oder wenig Zeit vorhanden ist. Andernfalls empfiehlt sich die Verwendung von M5b, da die Eigenerstellung der Kategorien einer aktivieren und damit lernförderlichen Sacherschließung bedarf und zudem eine Binnendifferenzierung stattfinden kann (z.B. nach Interessen) (vgl. u.a. Blaseio 2015).

Zur Erschließung der für die Erstellung notwendigen Informationen lesen die SuS zum einen den Informationstext über Stabschrecken (M4). Für viele Steckbriefkategorien, wie etwa Größe, Farbe oder Position der Beine am Körper, haben die Kinder zum anderen die Möglichkeit, die Informationen durch die erneute Beobachtung einer lebenden Stabschrecke zu erarbeiten bzw. auf ihre bisherigen Erkenntnisse zurückzugreifen. Sternchen (*) in M5a markieren diejenigen Steckbriefkategorien, welche mithilfe des Infotextes oder anderen Quellen (s.u.) beantwortet werden können.

TIPP: Zur weiteren selbstständigen Recherche stehen Bücher oder Computer, die einen Zugang zu Kindersuchmaschinen bieten, bereit.

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (10 min)	- Besprechung: Was ist eigentlich ein Steckbrief? Welche Fragen/Kategorien könnten bei der Beschreibung einer Stabschrecke bedeutend sein?	- Plenum	- Musterbeispiel-Steckbrief eines anderen Tieres
Erarbeitung (25 min)	- Informationstext über Stabschrecken & Ausfüllen des Steckbriefes (Beobachtung an Stabschrecken möglich)	- Lesen im Plenum - Bearbeiten in Partnerarbeit	- Stabschreckenexperte Informationstext (M4) - Stabschreckenexperte Steckbrief (M5a, M5b) (ggf. Stabschrecke, Lupe, Lineal)
Sicherung (10 min)	- Zusammentragen der Ergebnisse	- Plenum	- Stabschreckenexperte Steckbrief (M5a) (Overheadprojektor/ Smartboard)

Tab. 6: Phasierung der fünften Unterrichtsstunde 'Die Stabschrecke im Profil – Wir legen einen Steckbrief an'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.6 Sechste Unterrichtsstunde (45 min)

Mit der sechsten Stunde wird das zweite Themengebiet der Unterrichtsreihe – ‘Bionik’ – eingeleitet. Es wird ein spielerischer, motivierender Einstieg gewählt, der gleichzeitig Vorwissen aktiviert (vgl. u.a. Ferrarj 2013):

Ohne das neue Thema zu nennen, bittet die LK acht SuS sich an der Tafel für das Spiel ‘Menschliches Memory’ zu versammeln. Jedes Kind erhält ein Bild, auf dem entweder eine bionische Erfindung oder ein Lebewesen (Pflanze oder Tier) abgebildet ist. Die LK fordert die acht SuS auf, zu beschreiben, was auf dem Bild zu erkennen ist sowie das Bild so zu halten, dass dieses von allen Kindern im Klassenraum gesehen werden kann. Sobald die Bilder benannt wurden, erklärt die LK die Spielregeln: Die SuS sollen versuchen, ihren ‘Memorypartner’ zu finden und sich zu zweit an der Tür aufstellen, sofern sie glauben, den richtigen Partner gefunden zu haben.

Zu deinem Bild gehört ein anderes Bild. Sei ein Detektiv und versuche, deinen Memorypartner zu finden. Wie du dabei vorgehst, verrate ich dir nicht. Wenn du meinst, deinen richtigen Partner gefunden zu haben, stellst du dich gemeinsam mit ihm an der Tür auf.

Nachdem sich vier Paare gefunden haben, kommen die SuS paarweise zur Tafel, zeigen erneut ihre Bilder und begründen, warum sie sich füreinander entschieden haben. Die anderen Kinder können nun mitdiskutieren. Im Anschluss stellt die LK das Thema vor, indem sie ein Blatt mit dem Wort ‘Bionik’ an die Tafel hängt (Z4). An dieser Stelle haben die SuS die Gelegenheit, auf Basis des einleitenden Spiels Vermutungen zur Bedeutung des Begriffs ‘Bionik’ zu äußern. Der Diskussion im Plenum folgend hängt die LK zwei weitere Blätter an die Tafel, ‘Biologie’ und ‘Technik’. Gemeinsam werden die in der Einstiegsphase verwendeten Memory-Bilder den beiden Wortkarten zugeordnet (vgl. Abb. 6a und Z4).

In der Erarbeitungsphase erwerben die SuS mithilfe des Informationstextes ‘Bionik-Experte 1’ (M6) grundlegendes Wissen über den Begriff Bionik. Auf Basis dessen überlegen und diskutieren sie zu zweit, welche weiteren bionischen Erfindungen sie kennen oder welche es geben könnte. Im Arbeitsauftrag wird dabei explizit die Stabschrecke erwähnt, damit auf Basis der vorhergehenden Beobachtungserkenntnisse erste Überlegungen zu ihr als bionisches Vorbild stattfinden und eine Überleitung zu den kommenden Aufgaben ermöglicht wird.

In der anschließenden Phase stellen die SuS ihre Ideen im Plenum vor. Die LK ist dabei angehalten, als Moderator zu agieren und im Falle der Stabschrecke noch nicht auflösen, inwieweit sie für bionischen Entwicklungen eine Rolle spielen. Als wiederholende Hausaufgabe wird das Arbeitsblatt ‘Bionik-Experte 2’ (M7) aufgegeben.

TIPP: Wie auch beim Themenschwerpunkt Insekten, steht den SuS als Binnendifferenzierungsmaßnahme ein vorbereiteter ‘Blitz-Tisch’ (vgl. Abb. 4b) zur Verfügung, sofern sie das Arbeitsblatt sinngemäß bearbeitet haben. Dort haben sie die Möglichkeit, durch die Recherche mithilfe von Sachbüchern mehr über Bionik zu erfahren oder den Klettverschluss sowie sein

biologisches Vorbild mithilfe von Lupen zu untersuchen. Dieses zusätzliche Material steht auch für die nächste Doppelstunde zur Verfügung.

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (15 min)	- „Menschliches Memory“: „Paare“ aus der Natur und Technik	- Unterrichtsspiel im Plenum	- Bilder (Z5, Teil Bionik) - Tafelbild (Abb. 6a) und Wortkarten (Z4, Teil Bionik)
Erarbeitung (15 min)	- Was bedeutet eigentlich „Bionik“? - Bionische Erfindungen	- Einzelarbeit - Partnerarbeit	- Bionik-Experte 1: Arbeitsblatt (M6)
Sicherung (10 min)	- Zusammentragen der Ergebnisse	- Plenum	- Bionik-Experte 1: Arbeitsblatt (M6)
Hausaufgaben- stellen (5 min)	- Erklären des Hausaufgabenblattes	- Plenum	- Bionik-Experte 2: Arbeitsblatt (M7)

Tab. 7: Phasierung der sechsten Unterrichtsstunde 'Was bedeutet eigentlich 'Bionik?'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.7 Siebte Unterrichtsstunde (90 min)

Zu Beginn werden die Inhalte der vorherigen Stunde wiederholt, indem das Hausaufgabenblatt besprochen wird (M7). Als Überleitung zur Erarbeitungsphase (vgl. auch Abb. 6b) stellen die SuS im Plenum erneut kurz ihre Überlegungen vor, für welche technischen Erfindungen die Stabschrecke als Vorbild fungieren könnte.

Nachdem einige Vermutungen gesammelt und an der Tafel notiert wurden, wird Arbeitsblatt M8 ausgeteilt und der erste Arbeitsauftrag zum zweiminütigen Video (Link s. Tabelle 9) vorgelesen. Das Video sollte zwei- bis dreimal abgespielt werden, da viele Fachwörter verwendet werden, wodurch es zu Verständnisschwierigkeiten kommen kann. Die SuS sollen im Anschluss schriftlich die Frage beantworten können, in welcher Hinsicht Stabschrecken als Vorbild für die technische Stabschrecke Hector fungieren. Als Ergänzung der Notizen kann der Laufroboter im Rahmen der Stunde oder auch als Hausaufgabe gezeichnet werden (vgl. oben, Stichwort 'Sachzeichnen').

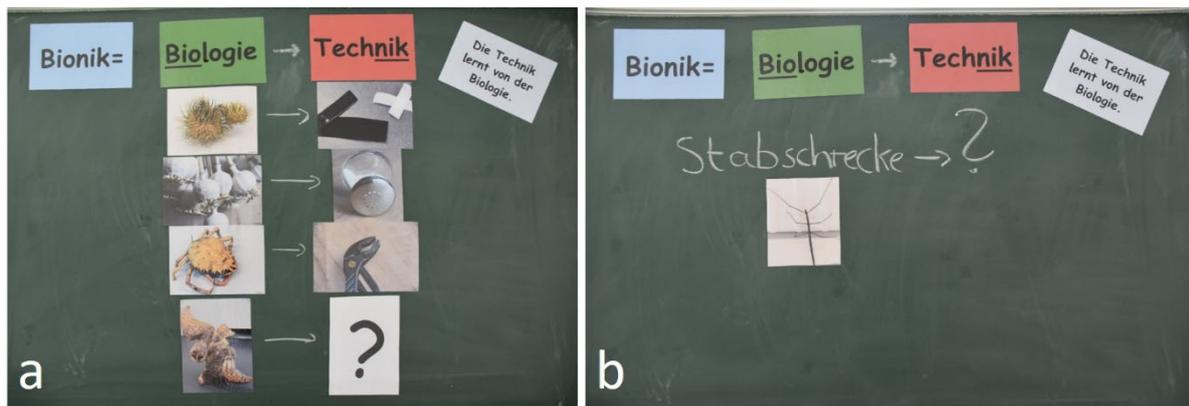


Abb. 6: Tafelbilder der sechsten und siebten Unterrichtsstunde. **a:** Paare des 'Memorys'. Biologische Vorbilder auf der linken, die technischen Erfindungen auf der rechten Seite. **b:** Tafelbild zur Überleitung zum Thema 'Stabschrecke als bionisches Vorbild'. (Fotos: M. Beudels)

Nachfolgend haben die SuS erneut die Gelegenheit, die Stabschrecken auf den Gruppentischen zu beobachten. Es steht nun der Bewegungsmechanismus der Tiere im Fokus. Tippkarten helfen bei einer zielgerichteten Beobachtung: Wie viele Beine befinden sich stets gleichzeitig auf dem Boden? Wie gehen Stabschrecken mit Hindernissen um? Verwenden sie zum Abtasten der Umgebung ihre Fühler oder Vorderbeine? Diese und weitere Fragen gilt es in der intensiven Erarbeitungsphase zu klären.

In Partnerarbeit werden im Rahmen des Arbeitsblatts 'Bionik-Experte 3' (M8) Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Laufroboter Hector und einer realen Stabschrecke festgehalten. Dafür legen die SuS eigenständig eine Tabelle in ihrem Heft an. Tipps mit Kriterien am unteren Rand von M8 helfen ihnen beim Vergleichen.

In der Sicherungsphase werden in einem fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch die Erkenntnisse aus dem Schauen des Films, der Beobachtung der Stabschrecken und dem Bearbeiten des Arbeitsblattes zusammengetragen.

TIPP: Sofern Gruppen frühzeitig mit dem Arbeitsauftrag der Erarbeitungsphase fertig sind oder am Ende der Sicherungsphase noch Zeit zur Verfügung steht, kann gemeinsam überlegt werden, welche weiteren bionischen Entwicklungen mithilfe des Vorbildes 'Insekten' entstanden sein könnten: *Lass deiner Fantasie freien Lauf! Denke daran, welche Insekten du kennst. Es gibt ja ganz viele unterschiedliche von ihnen. Welche Erfindungen könnte es noch geben, die Insekten als Vorbild haben?*

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (15 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze Wiederholung der letzten Stunde: Was bedeutet „Bionik“? An welche „Paare“ könnt ihr euch erinnern? - Überleitende Frage: Was könnte eine Stabschrecke mit Technik zu tun haben? 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum 	<ul style="list-style-type: none"> - Bionik-Experte 2: Arbeitsblatt (M7) - Tafelbild (Abb. 6b)
Erarbeitung (55 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Video Laufroboter Hector - Beobachtung an Stabschrecken - Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Hector und einer Stabschrecke 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum - Gruppenarbeit - Partnerarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Bionik-Experte 3 (M8) - Laptop, Beamer/ Smartboard (Link zum Video: s. Euronews 2015) - Stabschrecken - Bionik-Experte 3 (M8) - Tippkarten
Sicherung (20 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammentragen der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum 	<ul style="list-style-type: none"> - Bionik-Experte 3 (M8)

Tab. 8: Phasierung der siebten Unterrichtsstunde 'Stabschrecken und Bionik – Hector, der Laufroboter'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.8 Achte Unterrichtsstunde (45 min)

Die achte und letzte Stunde der Reihe trägt alle Inhalte der vorangegangenen sieben Unterrichtsstunden zusammen. Demnach werden folgende Aspekte wiederholt: Charakteristische Merkmale von Insekten, Steckbrief einer Stabschrecke, bionische Erfindungen am Beispiel des Laufroboters Hector. Das thematisierte Wissen wird in einer abschließenden Beobachtung an Stabschrecken nochmals wiederholt. In dieser ca. zwanzigminütigen Sicherungs- und Abschlussphase haben die SuS ausreichend Zeit, sich von den Stabschrecken zu verabschieden und zu reflektieren, ob sich ihre Einstellung zu Insekten im Laufe der Reihe geändert hat.

Phase/Zeit	Sachaspekte	Sozial-/ Aktionsform	Medien
Einstieg (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze Wiederholung der letzten Stunde 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum 	<ul style="list-style-type: none"> - Tafelbild (Abb. 6a und b)
Sicherung (25 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenfassung der Reihe (Bionik & Merkmale von Insekten anhand der Stabschrecken) - Abschließende Beobachtung der Stabschrecken 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum - Gruppenarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Stabschrecken
Abschluss (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> - Verabschiedung der Stabschrecken und Reflexion 	<ul style="list-style-type: none"> - Plenum 	<ul style="list-style-type: none"> - Stabschrecken

Tab. 9: Phasierung der achten Unterrichtsstunde 'Zusammenfassung und Verabschiedung der Stabschrecken'. Dargestellt sind die Unterrichtsphasen inklusive benötigter Zeit, Sachaspekte, Sozial- bzw. Aktionsformen und verwendeter Medien.

3.3.9 Weiterführende Unterrichtsideen

Die Inhalte der Reihe laden dazu ein, die Themen 'Insekten' sowie 'Bionik' in weiteren Unterrichtseinheiten fortzuführen. So bietet es sich an, nachdem das Prinzip bionischer Erfindungen anhand der Stabschrecke und Laufroboter Hector kennengelernt wurde, Beispiele aus dem Alltag der Kinder – z.B. Flugzeuge oder den Klettverschluss, die nur kurz im Rahmen des Memoryspiels erwähnt wurden – vertieft zu behandeln.

Auf Basis der Begeisterung für Insekten durch den Umgang mit den Stabschrecken und im Anschluss des Kennlernens ihrer Morphologie kann die Diversität von Insekten inklusive ihrer Lebensräume in nachfolgenden Unterrichtseinheiten thematisiert werden, um darüber nachzudenken, wie sie geschützt werden können.

4 Literaturverzeichnis

- Bedford, G.O. (1978). *Biology and ecology of the Phasmatodea*. Annual Review of Entomology 23: 125–149.
- Blaseio, B. (2015). *Das schnelle Methoden 1x1 Sachunterricht mit Arbeitsmaterialien*. Berlin: Cornelsen Schulverlage.
- Bradler, S. (2003). 16. *Phasmatodea, Gespenstschrecken*. In: Dathe, H. (Hrsg.): Lehrbuch der Speziellen Zoologie, begründet von Käster, A., Band I, 5. Teil: Insecta (2. Aufl.). Heidelberg/Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Bradler, S. & Seiler, C. (2012). *Phasmiden. Lebensweise – Pflege – Zucht*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Bundesagentur für Arbeit (2019). *Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt. MINT – Berufe*. <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statistischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Berufe/generische-Publikationen/Broschuere-MINT.pdf> [letzter Aufruf: 25.10.2019]
- Euronews (2015). *Laufroboter Hektor: Geschmeidig wie die Stabheuschrecke - hi-tech* (Video). <https://www.youtube.com/watch?v=jzxN5IRIRIQ> [letzter Aufruf: 11.10.2019]
- Ferrary, A. (2013). *77 motivierende Unterrichtseinstiege für die Grundschule*. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr.
- Gebhard, U. (2013). *Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung* (4. Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (überarb.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrn, T., Goulson, D. & de Kroon, H. (2017). *More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas*. PLoS ONE 12(10): e0185809.
- Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B. & Schreier, H. (Hrsg.) (1999). *Vielperspektives Denken im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kohler, B. (2007). *Originale Begegnung*. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M. Hartinger, A., von Reeken, D. & Wittkowske, S. Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2015). *Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1970/1970_07_02_Empfehlungen_Grundschule.pdf [letzter Aufruf: 30.10.2019]
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen*. Frechen: Ritterbach Verlag. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_gs/LP_GS_2008.pdf [letzter Aufruf: 30.10.2019]

- Nachtigall, W. (2010). *Bionik als Wissenschaft. Erkennen - Abstrahieren - Umsetzen*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Nachtigall, W. & Pohl, G. (2013). *Bau-Bionik. Natur, Analogien, Technik* (2. erw. Aufl.) Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg.
- Nachtigall, W. & Wisser, A. (2013). *Bionik in Beispielen. 250 illustrierte Ansätze*. Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum.
- Neuböck-Hubinger, B. (2018). *Ich sehe was, was du nicht siehst! Kinder lernen Stabschrecken kennen*. Weltwissen Sachunterricht (2018) 3: 32–37.
- Paskarbeit, J. (2017). *Consider the Robot - Abstraction of Bioinspired Leg Coordination and its Application to a Hexapod Robot Under Consideration of Technical Constraints*. Dissertation. Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Schilling, M., Hoinville, T., Schmitz, J. & Cruse, H. (2013). *Walknet, a bio-inspired controller for hexapod walking*. Biol Cybern 107: 397–419.
- Schneider, A., Paskarbeit, J., Schaeffersmann, M. & Schmitz, J. (2012). *HECTOR, a New Hexapod Robot Platform with Increased Mobility - Control Approach, Design and Communication*. In: Rückert, U., Joaquin, S. & Felix, W. (Hrsg.). *Advances in Autonomous Mini Robots*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Schneider, A., Paskarbeit, J., Schilling, M. & Schmitz, J. (2014). *HECTOR, A Bio-Inspired and Compliant Hexapod Robot*. In: Duff, A., Lepora, N.F., Mura, A., Prescott, T.J. & Verschure, P.F.M.J. (Hrsg.). *Biomimetic and Biohybrid Systems. Living Machines. Lecture Notes in Computer Science, 8608*. Cham: Springer.
- Segerer, A.H. & Rosenkranz, E. (2018). *Das große Insektensterben. Was es bedeutet und was wir jetzt tun müssen*. München: oekom Verlag.
- Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J.C., Linsenmair, K.E., Nauss, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.-D., Vogt, J., Wöllauer, S. & Weisser, W.W. (2019). *Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers*. Nature 574: 671–674.
- Storch, V. & Welsch, W. (2014). *Kükenthal. Zoologisches Praktikum* (27. Aufl.). Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum.
- Tilgner, E.H. (2002). *Systematics of Phasmida*. Dissertation. Georgia, USA: University of Georgia.
- Wegner, C. & Hammann, M. (2014). *Stabschrecken – Trittsicher durchs Leben. - Fortbewegung bei Robotern und Stabschrecken*. Praxis der Naturwissenschaften 63(3): 30–34.
- Wehner, R. & Gehring, W.J. (2007). *Zoologie* (24. vollst. überarb. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.